



Universidade do Minho
Escola de Engenharia

António Augusto Machado Arrais de Castro

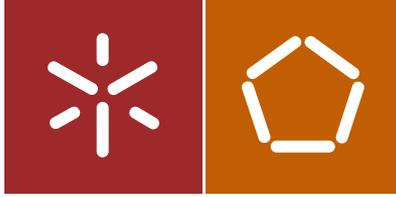
Plataforma para suporte ao ciclo de vida de organizações virtuais e seleção dinâmica de parceiros e fornecedores

Plataforma para suporte ao ciclo de vida de organizações virtuais e seleção dinâmica de parceiros e fornecedores

António Augusto Machado Arrais de Castro

UMinho | 2015

setembro de 2015



Universidade do Minho
Escola de Engenharia

António Augusto Machado Arrais de Castro

Plataforma para suporte ao ciclo de vida de
organizações virtuais e seleção dinâmica de
parceiros e fornecedores

Tese de Doutoramento
Engenharia Industrial e de Sistemas

Trabalho efectuado sob a orientação do
Professora Doutora Leonilde Varela
Professor Doutor Goran Putnik

DECLARAÇÃO DE INTEGRIDADE

Declaro ter atuado com integridade na elaboração da presente tese. Confirmando que em todo o trabalho conducente à sua elaboração não recorri à prática de plágio ou a qualquer forma de falsificação de resultados.

Mais declaro que tomei conhecimento integral do Código de Conduta Ética da Universidade do Minho.

Universidade do Minho, ____ de _____ de _____

Nome completo: António Augusto Machado Arrais de Castro

Assinatura: _____

Agradecimentos

À minha esposa, Isabel, pela paciência e apoio constantes, e por ter suportado todas as ausências e omissões para que pudesse concretizar este projeto.

À minha filha, Inês, com quem adiei tantas brincadeiras durante o número infindável de dias, noites e fins de semana que dediquei a esta missão.

Aos meus pais, António e Sara, por tudo o que sempre fizeram e continuam a fazer por mim, pelo investimento que fizeram na minha educação, por terem desde cedo cultivado em mim a solidez de carácter, espírito de missão, responsabilidade e honestidade.

À Prof.^a Dr.^a Leonilde Varela e ao Prof. Dr. Goran Putnik, do Departamento de Produção e Sistemas da Universidade do Minho, orientadores de Doutoramento, pelo apoio e encorajamento constantes, e pela valiosa orientação científica ao longo desta jornada.

À Prof.^a Dr.^a Rita Ribeiro, da UNINOVA – Instituto de Desenvolvimento de Novas Tecnologias, pela partilha de conhecimentos, experiências e orientações, ao longo da realização dos trabalhos e no contexto dos artigos em conjunto publicados.

À Universidade do Minho, instituição que muito contribuiu para que pudesse atingir os meus objetivos de carreira profissional e de desenvolvimento pessoal.

Ao Departamento de Produção e Sistemas da Universidade do Minho, enquanto promotor do programa doutoral, e a todos os seus membros pelo trabalho meritório que têm realizado ao longo dos anos, e que muito têm contribuído para o engrandecimento da instituição.

A todos os que contribuíram, de alguma forma, para a realização deste trabalho e que, apesar de não serem citados explicitamente, são merecedores do meu Muito Obrigado.

Resumo

As empresas enfrentam atualmente desafios crescentes motivados pela globalização. Por um lado, veêm crescer o número de concorrentes com os quais terão que competir para manterem a sua quota de mercado, e com quem terão que lidar no contexto de qualquer estratégia de crescimento. Por outro lado, encontram um conjunto alargado de oportunidades de entrada em novos mercados e de potencial aumento de penetração nos mercados em que operam, devido à crescente mitigação de barreiras geográficas, políticas e económicas.

As estratégias de diversificação de mercados criam nas empresas a motivação para produzir novos produtos e disponibilizar novos serviços aos seus clientes. Adicionalmente, as estratégias de desenvolvimento de mercado assentes na conquista de clientes em novos segmentos geográficos e demográficos, ou na conquista de clientes potenciais nos segmentos existentes, podem ser suportadas por uma maior diversificação de produtos e maior agilidade ao nível do negócio.

A diversificação de produtos e o aumento da agilidade dos processos requerem das empresas a posse de um leque cada vez mais amplo de competências de produção, logísticas, comerciais e de gestão. As pequenas e médias empresas têm cada vez maiores dificuldades em dispor deste leque de competências, de forma integral, na sua estrutura interna, pelo que promovem a criação de relações mais próximas com seus parceiros de negócio e fornecedores, que as complementam.

As redes colaborativas são uma importante ferramenta para apoiar as empresas neste processo. Das redes colaborativas de fornecimento até às empresas ágeis virtuais são várias as opções disponíveis para as empresas otimizarem a sua relação com os seus fornecedores e parceiros. Para as implementar, de forma eficiente, as empresas necessitam de ferramentas tecnológicas que lhes permitam identificar, avaliar e selecionar os melhores parceiros e fornecedores num contexto de negócio dinâmico, em mudança constante.

Nesta tese de doutoramento é proposta uma plataforma, baseada em agentes de *software*, para suportar o ciclo de vida das redes colaborativas e organizações virtuais, bem como uma abordagem dinâmica de avaliação de parceiros e fornecedores, que pode apoiar as empresas na otimização das suas relações com os parceiros de negócio.

Abstract

Companies are facing growing challenges motivated by globalization. A globalized market means that the number of companies with which they will need to compete to maintain or enlarge their market share is increased. Additionally, it also brings greater opportunities to conquer new markets and increase existing market shares, since the geographical, political and economical boundaries are gradually being removed.

Strategies of market diversification push companies to provide novel products and services to customers, belonging to new geographic and demographic segments. Additionally, market development strategies targeting non-buying customers in selected segments or new buyers in new segments may be paired with increased product diversification and improved business agility.

To fulfil the requirements associated with manufacturing a wider range of products and increased agility at process level implies having a wider set of competences available. Small and Medium (SME) companies find it increasingly difficult to have all the required competences in their internal structures; therefore, they need to rely on strategic business partnerships and suppliers to be successful.

Collaborative networks are an important tool to assist companies creating and improving their business partnerships. From collaborative supply chains to agile virtual enterprises, companies have several options at their disposal to optimize their relations with business partners and suppliers. When a company decides to develop such a network, it needs decision support tools to select the best partners or suppliers, particularly in today's spatial-temporal changeable global environments.

In this doctoral thesis, a platform based on software agents is proposed, to support the lifecycle of collaborative networks and virtual organizations, along with a dynamic decision approach for supplier and business partner evaluation and selection, which can prove valuable to enable companies to establish strong collaborative business networks.

Índice

Agradecimentos.....	i
Resumo.....	iii
Abstract.....	v
Índice.....	vii
Lista de Abreviaturas.....	xiii
Índice de Figuras.....	xvii
Índice de Tabelas.....	xxv
Parte 1.....	1
Capítulo 1 - Introdução.....	3
1.1 Introdução.....	3
1.1.1 Enquadramento.....	3
1.1.2 Motivação e objetivos gerais.....	8
1.1.3 Objetivos específicos.....	9
1.1.4 Questão de investigação.....	10
1.2 Projeto de investigação.....	12
1.2.1 Metodologia de investigação.....	12
1.2.2 Plano de investigação.....	16
1.2.3 Implementação do projeto de investigação.....	19
1.3 Organização da tese.....	21
Capítulo 2 – Redes Colaborativas.....	23
2.1 As organizações e a necessidade de colaborar.....	23
2.2 Redes colaborativas de organizações e organizações virtuais.....	29
2.3 Empresas ágeis virtuais.....	34
2.4 Seleção de parceiros e fornecedores.....	40
2.4.1 Critérios de seleção de fornecedores e parceiros.....	42
2.4.2 Métodos de avaliação de fornecedores e parceiros.....	48
2.4.3 Abordagem dinâmica à tomada de decisão.....	53

2.4.4	Fusão de dados em contextos incertos	55
2.5	Avaliação de parceiros e fornecedores	56
2.5.1	Avaliação de fornecedores e a informação histórica	57
2.5.2	Avaliação de fornecedores e previsões.....	62
2.6	Trabalho relacionado	63
2.7	Conclusão	68
Capítulo 3	– Agentes de Software	71
3.1.	Conceitos sobre Agentes de Software	71
3.1.1	Definição de agentes de <i>software</i>	71
3.1.2	Arquiteturas de agentes	75
3.1.3	Sistemas baseados em agentes	80
3.1.3.1	Sistemas Multiagente	80
3.1.3.2	Agentes Inteligentes	83
3.1.3.3	Agentes Móveis.....	84
3.2	Comunicação entre Agentes	85
3.2.1	Arquiteturas de comunicação	85
3.2.2	Protocolos.....	90
3.3	Engenharia de <i>software</i> orientada a agentes	106
3.3.1	Engenharia de <i>Software</i> e a evolução dos paradigmas	106
3.3.2	Metodologias orientadas a Agentes.....	113
3.3.3	Desenvolvimento de Agentes	116
3.4	Trabalho relacionado	132
3.5	Conclusão	139
Parte 2	141
Capítulo 4	– Plataforma proposta.....	143
4.1	Introdução.....	143
4.2	Cenários de utilização suportados.....	146
4.3	Arquitetura	150
4.3.1	Arquitetura geral.....	150

4.3.2	Computação baseada na nuvem	154
4.4	Ciclo de vida da plataforma	157
4.4.1	Visão geral	157
4.4.2	Identificação de oportunidade semente	158
4.4.3	Instanciação da plataforma	162
4.4.4	Avaliação e seleção de parceiros	163
4.4.5	Fundação da comunidade virtual/CNO	169
4.4.6	Operação	170
4.4.7	Dissolução da Empresa Virtual/EV	196
4.4.8	Dissolução da comunidade virtual/CNO	197
4.4.9	Resumo	198
4.5	Conclusão	200
Capítulo 5 – Avaliação dinâmica de fornecedores		203
5.1	Introdução	203
5.2	Definir critérios de avaliação (S1)	206
5.2.1	A relevância de avaliar indicadores de tendência de desempenho passado	207
5.2.2	Adição de indicadores para avaliação de tendências de desempenho	210
5.3	Criar matrizes de avaliação passada, presente e futura (S6.1)	212
5.4	Normalizar critérios (S6.2)	214
5.5	Filtrar a incerteza (S6.3)	215
5.6	Aplicar pesos aos critérios (S6.4)	217
5.7	Agregar resultados (S6.5)	219
5.8	Classificação e decisão (S6.6)	219
5.9	Conclusão	220
Capítulo 6 – Exemplos de utilização		222
6.1	Exemplo 1 – Aquisição de serviços de desenvolvimento	222
6.1.1	Definir critérios de avaliação (S1)	230
6.1.2	Preparar informação histórica (S2)	237
6.1.3	Preparar informação de suporte a previsões (S3)	238

6.1.4	Submeter RFP/RFQ (S5).....	239
6.1.5	Avaliar fornecedores (S6)	240
6.1.6	Selecionar fornecedor (S7)	249
6.2	Exemplo 2 – Aquisição de produtos	250
6.2.1	Definir critérios de avaliação (S1)	250
6.2.2	Preparar informação histórica (S2)	252
6.2.3	Preparar informação de suporte a previsões (S3).....	253
6.2.4	Submeter RFP/RFQ (S5).....	254
6.2.5	Avaliar fornecedores (S6)	255
6.2.6	Selecionar fornecedor (S7)	266
6.3	Conclusão	266
Capítulo 7 – Análise e discussão de resultados		267
7.1	Introdução.....	267
7.2	Análise de resultados	268
7.2.1	Prototipagem	268
7.2.2	Abordagem à Simulação	270
7.2.3	Implementação da Simulação	273
7.3	Discussão de resultados	285
	Avaliação da primeira hipótese de avaliação	285
	Teste da primeira hipótese	285
	Segunda hipótese em avaliação	289
	Teste da segunda hipótese.....	290
7.4	Conclusão	299
Capítulo 8 – Conclusões e trabalho futuro.....		301
8.1	Sobre o trabalho realizado	301
8.2	Resumo das principais contribuições	302
8.3	Conclusão e trabalho futuro.....	303
Referências Bibliográficas		305
	Bibliografia do autor.....	305

Referências.....	307
Anexos	351
Anexo 1: Exemplo de simulação (100 iterações, 10 consultas por iteração)	353
Anexo 2: simulação - número melhores soluções por abordagem	361
Anexo 3: Simulação - distribuição de melhores soluções por abordagem.....	363

Lista de Abreviaturas

A/VE	<i>Agile Virtual Enterprise</i>
ACL	<i>Agent Communication Language</i>
AIDEIA	<i>Augmented Imprecise DEA</i>
AHP	<i>Analytical Hierarchy Process</i>
ANP	<i>Analytical Network Process</i>
AOP	<i>Agent-Oriented Programming</i>
AOSE	<i>Agent Oriented Software Engineering</i>
B2B	<i>Business to Business</i>
B2C	<i>Business to Consumer</i>
BDI	<i>Belief-desire-intention</i>
BM_VEARM	<i>BM_Virtual Enterprise Architecture Reference Model</i>
CBR	<i>Case Based Reasoning</i>
CLR	<i>Common Language Runtime</i>
CLS	<i>Common Language Specification</i>
CNO	<i>Collaborative Networked Organization</i>
CNP	<i>Contract Net Protocol</i>
COM	<i>Component Object Model</i>
CORBA	<i>Common Object Request Broker Architecture</i>
CSP	<i>Constraint Satisfaction Problem</i>
DAML	<i>DARPA Agent Markup Language</i>
DEA	<i>Data Envelopment Analysis</i>
DFD	<i>Deffect Free Delivery</i>
DCOM	<i>Distributed Component Object Model</i>
DISCO	<i>Web Service Discovery Tool</i>

EV	Empresa Virtual
FIPA	<i>Foundation for Intelligent Physical Agents</i>
HTTP	<i>Hypertext Transfer Protocol</i>
HTTPS	<i>Hypertext Transfer Protocol Secure</i>
IaaS	<i>Infrastructure as a Service</i>
JADE	<i>Java Agent Development Platform</i>
JIT	<i>Just in Time</i>
KIF	<i>Knowledge Interchange Format</i>
KQML	<i>Knowledge Query and Manipulation Language</i>
JIT	<i>Just In Time</i>
MADM	<i>Multiple Attribute Decision Making</i>
MAHP	<i>Multiplicative Analytic Hierarchy Process</i>
MAS	<i>Multi Agent System</i>
MDCM	<i>Multi-criteria Decision Making</i>
MODM	<i>Multiple Objective Decision Making</i>
OA	Agente de Encomenda (<i>Order Agent</i>)
OPA	Agente de Processamento de Encomenda (<i>Order Processing Agent</i>)
OOKP	<i>One of a Kind</i>
OTD	<i>On Time Delivery</i>
OOP	<i>Object-Oriented Programming</i>
OV	Organização Virtual
OWL	<i>Web Ontology Language</i>
PA	Agente de Produção (<i>Production Agent</i>)
PaaS	<i>Platform as Service</i>
PMA	Agente de Gestão da Produção (<i>Production Management Agent</i>)
POP	<i>Post Office Protocol</i>

PRS	<i>Procedural Reasoning System</i>
PROMETHEE	<i>Reference Ranking Organization Method for Enrichment Evaluation</i>
RAHP	<i>Revised Analytic Hierarchy Process</i>
RDF	<i>Resource Description Framework</i>
RFP	<i>Request for Proposal</i>
RFQ	<i>Request for Quote</i>
RUP	<i>Rational Unified Process</i>
SAML	<i>Security Assertion Markup Language</i>
SAW	<i>Simple Additive Weighting</i>
SaaS	<i>Software as a Service</i>
SMTP	<i>Simple Mail Transfer Protocol</i>
SOAP	<i>Simple Object Access Protocol</i>
SSL	<i>Secure Sockets Layer</i>
TOPSIS	<i>Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution</i>
TPS	<i>Toyota Production System</i>
UDDI	<i>Universal Description, Discovery and Integration</i>
VBE	<i>Virtual Organization Breeding Environment</i>
WPM	<i>Weighted Product Method</i>
XML	<i>eXtensible Markup Language</i>

Índice de Figuras

Figura 1: Fases do método de investigação ação (Susman & Evered, 1978)	14
Figura 2: Espiral auto reflexiva lewiniana (adaptada de Lavoie et al., 2006).....	15
Figura 3: Ciclos de investigação-ação planeados.	16
Figura 4: Ciclos do método de investigação-ação realizados no projeto de doutoramento.	19
Figura 5: Entregáveis associados ao projeto de doutoramento.	20
Figura 6: Conceito geral de colaboração: as duas dimensões principais (Hosseinipour et al., 2012).	27
Figura 7: Interação de elementos em redes colaborativas (Parung, Bititci, 2008; Hosseinipour et al., 2012).	29
Figura 8: Quatro tipos de relações principais entre empresas (Camarinha-Matos e Afsarmanesh, 2006).....	30
Figura 9: Ciclo de vida de um VBE.	31
Figura 10: Principais tipos de organizações colaborativas em rede.	32
Figura 11: Fases principais do ciclo de vida de uma empresa virtual (ampliado a partir da base de Camarinha-Matos et al, 2003)	34
Figura 12: Modelo de arquitetura hierárquico multinível do BM_VEARM (Putnik, 2001).	37
Figura 13: Estrutura elementar do BM_VEARM (Putnik, 2001)	39
Figura 14: Matriz de decisão simples usadas em MCDM	54
Figura 15: Comparação de tendências associadas ao desempenho passado de S1 e S2.	61
Figura 16: Arquitetura genérica de um agente de software.	75
Figura 17: Arquitetura PRS.	78
Figura 18: Arquitetura de um sistema multiagente (Jennings, 2000).	81
Figura 19: Estrutura hierárquica numa holarquia.....	82
Figura 20: Modelo de comunicação baseado em quadro negro.	86
Figura 21: Comunicação direta por troca de mensagens.	87

Figura 22: Exemplos de expressões KIF.	91
Figura 23: As três camadas em que se divide a linguagem KQML.	92
Figura 24: Exemplo de comunicação baseada em KQML.....	94
Figura 25: Mensagem FIPA-ACL exemplo.	100
Figura 26: Mensagem FIPA-ACL exemplo no formato XML.....	100
Figura 27: Cenário de utilização de agente de ontologias, baseado em FIPA (2000b).....	102
Figura 28: Exemplo de mensagens FIPA-ACL trocadas na atribuição de encomendas.	103
Figura 29: Protocolo FIPA Contract Net Interaction Protocol, adaptado de (FIPA, 2002).	104
Figura 30: Mudança de paradigma no desenho de software, adaptado de (Ulieru & Doursat, 2011).	112
Figura 31: Influência da programação orientada a objetos em diversas metodologias AOSE (Henderson & Giorgini, 2005).	115
Figura 32: Otimização da cadeia de fornecimento usando uma CNO.	147
Figura 33: Empresa virtual com uma empresa mediadora (broker).	148
Figura 34: Empresa virtual sem empresa mediadora (broker).	148
Figura 35: VBE com uma empresa broker.....	149
Figura 36: Arquitetura geral da plataforma multiagente proposta.	151
Figura 37: Plataforma multiagente com arquitetura centralizada.....	152
Figura 38: Plataforma multiagente com arquitetura distribuída.	153
Figura 39: Categorias principais de sistemas computacionais baseados na nuvem.	156
Figura 40: Ciclo de vida da plataforma e principais processos associados.....	157
Figura 41: Fluxo de trabalho associado ao processo de identificação de oportunidade semente (1).	158
Figura 42: Fluxo de trabalho associado ao processo de identificação de oportunidade de negócio inicial (1.1).	159
Figura 43: Fluxo de trabalho associado ao processo de avaliação do potencial de negócio (1.2).....	160

Figura 44: Fluxo de trabalho associado ao processo de análise de requisitos (1.3).....	161
Figura 45: Fluxo de trabalho associado ao processo de decisão de negócio (1.4).....	162
Figura 46: Fluxo de trabalho associado ao processo de instanciação da plataforma (2).....	163
Figura 47: Fluxo de trabalho associado ao processo de avaliação e seleção de parceiros (3)...	164
Figura 48: Fluxo de trabalho associado ao processo de identificação de parceiros potenciais (3.1).	165
Figura 49: Fluxo de trabalho associado ao processo de convite a parceiros (3.2).	166
Figura 50: Fluxo de trabalho associado ao processo de pré-seleção de parceiros (3.3).....	168
Figura 51: Fluxo de trabalho associado ao processo de fundação da CNO (4).....	169
Figura 52: Fluxo de trabalho associado ao processo de operação da CNO (5).....	170
Figura 53: Fluxo de trabalho associado ao processo de identificação de oportunidade de negócio para comunidade (5.1.1).	172
Figura 54: Fluxo de trabalho do processo de identificação de oportunidade de negócio (5.1)...	173
Figura 55: Fluxo de trabalho associado ao processo de seleção de fornecedores candidatos (5.2).....	174
Figura 56: Fluxo de trabalho associado ao processo de criação de empresa virtual (5.3).....	174
Figura 57: Visão geral dos fluxos de trabalho associados aos processos de operação da CNO (5).....	176
Figura 58: Processo de consulta e negociação e subprocessos associados (5.4).....	177
Figura 59: Fluxo de trabalho associado à identificação de fornecedores potenciais (5.4.1).	178
Figura 60: Representação em AUML do processo de pré-seleção de fornecedores.	179
Figura 61: Pré-seleção de fornecedores.....	179
Figura 62: Fluxo de trabalho associado à filtragem inicial de fornecedores (5.4.2).	180
Figura 63: Negociação do protocolo entre agente de encomenda OA e agente de processamento de encomenda OPA.	181
Figura 65: Fluxo de trabalho associado ao processo de avaliação de fornecedores (5.4.4).	182

Figura 66: Fluxo de trabalho associado ao processo de definição dos critérios de avaliação (5.4.4.1).....	183
Figura 67: Fluxo de trabalho associado ao processo de organização de informação histórica (5.4.4.2).....	184
Figura 68: Fluxo de trabalho associado ao processo de preparação de previsões (5.4.4.3).....	185
Figura 69: Submissão de pedido de cotação.	185
Figura 70: Orçamentação e avaliação de prazo de entrega.	186
Figura 71: Cotação submetida ao agente de encomenda que emitiu o pedido inicial.....	186
Figura 72: Fluxo de trabalho associado ao processo de avaliação de propostas (5.4.4.5).	187
Figura 73: O processo de negociação entre os agentes.	188
Figura 74: Submissão de cotação atualizada.....	188
Figura 75: Fluxo de trabalho associado ao processo de atribuição e processamento de encomendas (5.5).	190
Figura 76: Atribuição de encomenda e definição do plano associado.	190
Figura 77: Cenário de fornecimento externo à empresa virtual.....	191
Figura 78: Troca de informação entre agentes sobre o estado da encomenda.	192
Figura 79: Diagrama AUML ilustrando as trocas de informação entre agentes PMA e PA.	193
Figura 80: Emissão de faturas associadas à encomenda.....	194
Figura 81: Diagrama AUML ilustrando o fluxo de comunicação para determinação do estado atualizado de uma encomenda.	195
Figura 82: Diagrama AUML ilustrando monitorização proactiva e envio de estado sobre encomendas em curso.	196
Figura 83: Fluxo de trabalho associado ao processo de dissolução da empresa virtual (5.6)....	197
Figura 84: Fluxo de trabalho associado ao processo de dissolução da CNO (6).....	198
Figura 85: Visão geral dos processos associados suportados pela plataforma proposta.....	199
Figura 86: Visão geral da abordagem proposta para a avaliação de parceiros.	204
Figura 87: Evolução dos dias de incumprimento de prazo por parte da empresa exemplo.....	208

Figura 88: Evolução do número de encomendas da empresa exemplo.	208
Figura 89: Evolução dos atrasos de entrega por encomenda.	209
Figura 90: Gráfico comparativo da evolução da empresa ao nível dos fornecimentos.	210
Figura 91: Exemplo de matrizes para suporte à avaliação temporal.	213
Figura 93: Matrizes de avaliação temporal integrando os valores de pertença calculados.	215
Figura 94: Ilustração da filtragem de incerteza no critério custo-por-hora com cinco valores associados.	217
Figura 95: Vetores de agregação para passado, presente e futuro.	220
Figura 96: VE exemplo criada para fornecer serviços de desenvolvimento de software.	228
Figura 97: Exemplo 1 – matrizes de avaliação do passado, presente e futuro (x_{ij}).....	241
Figura 98: Exemplo 1 – resultados da normalização para cada fornecedor e critério selecionados (μ_{xij}).....	241
Figura 99: Exemplo 1 – Relação entre os valores não filtrados e filtrados, para o critério DPQ.	244
Figura 100: Exemplo 1 – dados filtrados para cada fornecedor e critérios definidos para o passado, presente e futuro (u_i).	244
Figura 101: Exemplo 1 – parâmetros de pesagem definidos para os critérios existentes.	244
Figura 102: Exemplo 1 – matrizes com dados normalizados, filtrados e pesados, antes da agregação espacial.....	246
Figura 103: Exemplo 1 – vetores obtidos após a agregação espacial.	246
Figura 104: Exemplo 1 – parâmetros de pesagem associados aos vetores temporais.	247
Figura 105: Exemplo 1 – matrizes de avaliação temporal e a comparação com valores pré e pós pesagem.	248
Figura 106: Exemplo 1 – comparação de resultados usando vetores ordenados.	249
Figura 107: Exemplo 2 – matrizes de avaliação do passado, presente e futuro (x_{ij}).....	255
Figura 108: Exemplo 2 – resultados da normalização para cada fornecedor e critério selecionados (μ_{xij}).....	256

Figura 109: Exemplo 2 – dados filtrados para cada fornecedor e critérios definidos para o passado, presente e futuro (u_i).	260
Figura 110: Exemplo 2 – parâmetros de pesagem definidos para os critérios existentes.	260
Figura 111: Exemplo 2 – matrizes com dados normalizados, filtrados e pesados, antes da agregação espacial.....	263
Figura 112: Exemplo 2 – vetores obtidos após a agregação espacial.	263
Figura 113: Exemplo 2 – parâmetros de pesagem associados aos vetores temporais.	264
Figura 114: Exemplo 2 – matrizes de avaliação temporal e a comparação com valores pré e pós pesagem.	264
Figura 115: Exemplo 2 – comparação de resultados usando vetores ordenados.	265
Figura 116: Protótipo de aplicação do modelo dinâmico em excel.	268
Figura 117: Protótipo para simulação de cenários utilizando a abordagem dinâmica e alternativas.	269
Figura 118: Fluxo de trabalho associado processo de preparação da simulação.	273
Figura 119: Matrizes de avaliação do passado e futuro (x_{ij}) usadas na simulação.	276
Figura 120: Fluxo de trabalho associado processo de execução da simulação.	278
Figura 121: Visualização de resultados da simulação.	279
Figura 122: Visualização dos resultados para a abordagem dinâmica aplicada a um conjunto de 10 consultas.	280
Figura 123: Visualização dos resultados de avaliação baseada na matriz histórica e presente.	281
Figura 124: Visualização dos custos totais associados à adjudicação das propostas aos vencedores em cada uma das abordagens.	281
Figura 126: Visualização dos detalhes associados à aplicação da abordagem dinâmica para o cenário de aquisição de serviços.....	283
Figura 127: Visualização dos resultados finais do processo de avaliação para 2000 consultas e 12000 propostas analisadas.....	284
Figura 128: Número de iterações, comparações entre abordagens e avaliações realizadas.	295

Figura 129: Evolução da percentagem de melhores soluções geradas por cada abordagem....	296
Figura 130: Evolução da diferença de custo entre as diversas abordagens e a melhor solução em cada iteração.....	297
Figura 131: Gráfico comparativo dos custos associados às soluções propostas por cada abordagem.....	298

Índice de Tabelas

Tabela 1: Mapeamento entre objetivos específicos e os capítulos da tese.	10
Tabela 2: Comparação entre as perspectivas de avaliação quantitativa e qualitativa.	13
Tabela 3: Mapeamento entre os ciclos de investigação realizados e os capítulos atualizados no seu contexto.	18
Tabela 4: Passos do processo de tomada de decisão. (Baker et al., 2001)	41
Tabela 5: Critérios para análise de métricas de avaliação (Caplice & Sheffi, 1994).....	43
Tabela 6: Critérios relevantes para a avaliação de fornecedores de acordo com Dickson (1966).....	44
Tabela 7: Critérios de avaliação mais usados para avaliação de fornecedores de acordo com estudo de Kannan (2002).	47
Tabela 8: Fatores qualitativos para suportar uma avaliação de desempenho mais ampla (Monczka, 2005).....	58
Tabela 9: Informação histórica sobre encomendas entregues pelos fornecedores S1 e S2.	60
Tabela 10: Características dos agentes de software segundo Wooldridge e Jennings (1995)	71
Tabela 11: Dimensões usadas para a classificação de agentes de software segundo Nwana (1996).	72
Tabela 12: Tipos de agentes de software (Nwana, 1996).....	73
Tabela 13: Tipos de agentes de software (Hans e Singh, 1998).....	74
Tabela 14: Lista parcial de classes de mensagem KQML, por categoria.....	93
Tabela 15: Lista parcial de parâmetros previstos no KQML.....	94
Tabela 16: Lista de elementos que compõem uma mensagem FIPA-ACL, por categoria.....	97
Tabela 17: Lista parcial de atos de comunicação suportados pelo FIPA-ACL.	98
Tabela 18: Mapeamento entre performativas ACL e sua utilização típica.....	99
Tabela 19: Tipos de expressão previstos no FIPA-SL.....	101

Tabela 20: Mapeamento de OOP com AOP, adaptada de Lind (2001).	111
Tabela 21: Requisitos para uma plataforma ágil de software para suportar organizações virtuais.	144
Tabela 22: As três categorias principais de serviços baseados na nuvem.	155
Tabela 23: Cenários no processo de avaliação de encomendas.	189
Tabela 24: Papéis assumidos pelos agentes durante o processo negocial.	194
Tabela 25: Exemplos de critérios para avaliação de fornecedores.	206
Tabela 26: Atrasos de fornecimento por parte de fornecedor exemplo.	207
Tabela 27: Atrasos de fornecimento por parte do segundo fornecedor exemplo.	209
Tabela 28: Critérios adicionais para seleção de fornecedores.	211
Tabela 29: Critérios de penalização calculados com base nos fatores granulares.	211
Tabela 30: Importância semântica dos critérios.	218
Tabela 31: Inclinação para a função de pesagem dos critérios.	218
Tabela 32: Competências associadas aos requisitos do cenário ilustrativo.	229
Tabela 33: Exemplo 1 – critérios de avaliação para o presente.	231
Tabela 33: Exemplo 1 – critérios de avaliação para o presente.	232
Tabela 34: Exemplo 1 – critérios para avaliação de informação histórica.	234
Tabela 35: Exemplo 1 – critérios para avaliação de informação previsional.	237
Tabela 36: Exemplo 1 – cálculo do valor das queixas relacionadas com cada fornecedor.	238
Tabela 37: Exemplo 1 – classificação dos fornecedores ao nível da informação histórica.	238
Tabela 38: Exemplo 1 – cálculo da classificação dos fornecedores ao nível da sua relevância estratégica.	239
Tabela 39: Exemplo 1 – classificação dos fornecedores ao nível da informação previsional.	239
Tabela 40: Exemplo 1 – classificação dos fornecedores de acordo com as propostas submetidas.	240

Tabela 41: Exemplo 1 – Parâmetros de imprecisão e confiança para cada um dos critérios de avaliação.	242
Tabela 42: Exemplo 1 – Classificação inicial, normalizada e filtrada para todos os fornecedores nos vários critérios.	243
Tabela 43: Exemplo 1 – classificações pesadas para todos os fornecedores nos vários critérios (Lu_{ij}).	245
Tabela 44: Exemplo 1 – preparação dos valores de classificação temporal para o passo de agregação.	248
Tabela 45: Exemplo 1 – classificação final dos fornecedores.	248
Tabela 46: Exemplo 2 – critérios de avaliação para o presente.	250
Tabela 47: Exemplo 2 – critérios de avaliação para o passado.	251
Tabela 48: Exemplo 2 – critérios de avaliação para o futuro.	252
Tabela 49: Exemplo 2 – avaliação histórica dos fornecedores, respeitante ao ano de 2011.	253
Tabela 50: Exemplo 2 – classificação dos fornecedores ao nível da informação previsional.	254
Tabela 51: Exemplo 2 – classificação dos fornecedores de acordo com o contexto presente.	255
Tabela 52: Exemplo 2 – parâmetros de imprecisão e confiança para cada um dos critérios de avaliação.	257
Tabela 53: Exemplo 2 – classificação inicial, normalizada e filtrada para todos os fornecedores nos vários critérios (passado).	258
Tabela 54: Exemplo 2 – classificação inicial, normalizada e filtrada para todos os fornecedores (presente e futuro).	259
Tabela 55: Exemplo 2 – classificações pesadas para todos os fornecedores nos vários critérios (Lu_{ij}) (passado).	261
Tabela 56: Exemplo 2 – classificações pesadas para todos os fornecedores nos vários critérios (Lu_{ij}) (presente e futuro).	262
Tabela 57: Exemplo 2 – preparação dos valores de classificação temporal para o passo de agregação.	264
Tabela 58: Exemplo 2 – classificação final dos fornecedores.	265

Tabela 59: Mapeamento entre as matrizes e as abordagens de avaliação.....	272
Tabela 60: Parâmetros usados para simulação.	274
Tabela 61: Critérios de avaliação temporal usados para simulação.....	274
Tabela 62: Parâmetros associados aos critérios selecionados.....	275
Tabela 63: Histogramas exemplo usados para mapear comportamento dos fornecedores nos eixos de aleatoriedade.....	277
Tabela 64: Nivel de adequação da tecnologia de agentes de software aos processos associados a CNOs.	286
Tabela 65: Abordagens tecnológicas e seu mapeamento nos requisitos associados à plataforma proposta.....	287
Tabela 66: Escala ordinal usada para avaliação das alternativas tecnológicas exemplificativas.	288
Tabela 67: Avaliação do nível de satisfação dos requisitos por parte das alternativas tecnológicas.	288
Tabela 68: Número de avaliações realizadas durante a simulação da hipótese 1.	291
Tabela 69: Definição dos perfis dos fornecedores usados na simulação.....	292
Tabela 70: Parâmetros utilizados para avaliação e definição de perfil dos fornecedores.	293
Tabela 71: Parâmetros de controlo usados na simulação.	294
Tabela 72: Percentagem das melhores soluções propostas por cada abordagem em cada grupo de iterações.....	295
Tabela 73: Somatório de custos resultantes da utilização de cada abordagem por conjunto de iterações.	296
Tabela 74: somatório de custos totais associados às abordagens e o somatório de custos totais da melhor solução.....	298

Parte 1

Introdução, Domínio e Revisão Bibliográfica

Capítulo 1 - Introdução

Nesta tese de doutoramento pretende-se dar uma contribuição para o estudo das redes colaborativas no domínio empresarial, particularmente ao nível da criação do suporte tecnológico para o seu ciclo de vida. Apresenta-se neste capítulo o enquadramento do trabalho realizado, objetivos gerais e específicos associados, o projeto de investigação e metodologia de investigação adotada, bem como a estrutura da dissertação.

1.1 Introdução

1.1.1 Enquadramento

As empresas enfrentam desafios crescentes ao tentarem implementar uma estratégia de negócio globalizada. Os modelos de negócio contemporâneos empurram frequentemente as empresas para crescerem para além das suas fronteiras políticas e geográficas. As relações sociais e comerciais em todo o mundo foram amplamente intensificadas (Giddens, 1990), propagando os efeitos de eventos locais muito para além das suas fronteiras geográficas ou políticas. Esta propagação motiva um crescente efeito de interdependência entre economias e sociedades, mitigando as fronteiras anteriormente existentes ao nível dos mercados (Ohmae, 1989), num fenómeno de crescente globalização, que redefine a forma como as organizações, em particular as empresas, interagem com o mercado e são condicionadas pelas influências por ele impostas (Drucker, 2006). A existência de um mercado globalizado pressupõe, por um lado, um conjunto mais abrangente de desafios, na medida em que a mitigação de barreiras, a par da otimização dos canais de distribuição e dos amplos avanços tecnológicos ao nível da comunicação e interação, faz com que as empresas tenham que lidar com um número bastante mais elevado de concorrentes potenciais e efetivos. Paralelamente, este mesmo mercado globalizado abre novas janelas de oportunidade, possibilitando a entrada em mercados de maior dimensão, pautados por diferentes realidades. Para tirar partido destas oportunidades, as empresas sentem necessidade de desenvolver produtos e implementar projetos incidindo sobre um leque mais alargado de realidades culturais e políticas. Este facto motiva a necessidade, por parte das empresas, de aumentar, de forma substancial, o leque de competências de gestão e de operação que possuem, de forma a concretizarem as mais-valias potenciais e, paralelamente, a se manterem competitivas.

Esta exigência de alargamento de competências obriga as empresas a criarem uma mistura equilibrada entre competências internas (engenharia, operação, gestão, comercial) – necessárias para implementar o modelo de negócio autonomamente – com competências externas, que adquirem através da promoção de relacionamentos desejavelmente simbióticos com entidades externas, para que estas as complementem com as suas competências próprias e valor acrescentado associado. Esta agregação de competências deve ser conseguida de forma transparente, de modo a que o cliente final não seja obrigado a entender a complexidade das teias de relacionamento e dependências inerentes.

Os desafios inerentes à globalização transcendem a competição crescente, o que por si já é um desafio importante. A globalização e os seus efeitos geram um acréscimo substancial de incerteza. A previsibilidade do mercado, no qual muitas empresas baseavam os seus padrões de eficiência e eficácia, e no contexto do qual tinham a capacidade de reagir a alterações que eram antecipadamente identificáveis, foi substituída pela incerteza e instabilidade crescentes, derivadas do número elevado de fatores que podem condicionar, de forma significativa, o mercado. Esta incerteza, aliada à maior rapidez com que as mutações podem acontecer, impõe às empresas desafios adicionais de flexibilidade, rapidez na reação e capacidade de se adaptarem e de se reconfigurarem com base em novas realidades. A implementação de redes colaborativas pode ser entendida como uma ferramenta para ajudar as empresas a lidarem com estes desafios, enquanto importante motor de inovação e agilidade, na medida em que possibilita o acesso das mesmas a ferramentas e conhecimento em domínios multidisciplinares. A evolução dos ambientes colaborativos promove uma poderosa plataforma de interação, um sistema eficaz, simples de implantar, que acrescenta mais valor às empresas, fornecedores e parceiros. Chen et al. (2008), ao investigarem a importância das redes colaborativas nas empresas de bens e serviços verificaram que a constante inovação é essencial para a sustentabilidade destas, de forma a mantê-las na vanguarda tecnológica. Para tal, a utilização de metodologias e ferramentas que podem aumentar a produtividade, reduzir o desperdício e melhorar a sua competitividade é essencial. As redes colaborativas podem dar um contributo relevante a esse nível, ao suportarem a otimização e dinamização das relações de negócio, contribuindo para o aumento da competitividade.

Segundo Miettinen et al. (2008), uma rede colaborativa é importante devido à partilha e disseminação de informação e de experiência, à complementaridade de recursos e competências e ainda às sinergias resultantes da colaboração. A gestão da atividade da rede requer,

naturalmente um esforço importante de controlo e coordenação associada à atividade dos parceiros e ao uso e partilha dos recursos. Desta forma, Miettinen refere que uma das vantagens dos sistemas colaborativos em rede está em propiciar um melhor ambiente para a implementação e gestão de projetos de inovação.

A colaboração entre empresas é pois um importante fator de competitividade, fomentando a agilidade e a inovação. Segundo Motohashi (2008), a colaboração, no Japão, entre pequenas e médias empresas (PME) e centros de investigação e desenvolvimento, a par da colaboração entre estas e grandes empresas de base tecnológica, teve um impacto significativo ao nível da competitividade global do país. Inovar é um processo de criação que, no essencial, significa desenvolver e disponibilizar novos processos e/ ou produtos (bens e serviços) que, de forma sustentável, melhor servem a sociedade ou satisfazem as necessidades e atividades do homem. Paralelamente, inovar é também um requisito essencial de sustentabilidade das empresas na área industrial, por imposições da economia globalizada. Portanto, a motivação para a inovação resulta da necessidade de sustentabilidade do funcionamento das entidades ou organismos, direta ou indiretamente envolvidos em atividades económicas resultantes da transação de bens e/ ou da prestação de serviços.

A colaboração ágil entre empresas requer a criação de alianças, podendo estas ser de vários tipos. Kanter (1990) identifica as *alianças multiorganizacionais* (ou consórcios), em que um grupo de empresas se junta para criar uma nova entidade que vem satisfazer uma necessidade comum; as *alianças oportunísticas* (ou *Joint Ventures*), em que as organizações se juntam numa aliança para concretizarem uma vantagem competitiva imediata (e eventualmente temporária); e as alianças de parceria, envolvendo vários interessados, que podem incluir fornecedores, consumidores e funcionários. As redes interempresas podem ser classificadas igualmente de acordo com o seu nível de centralização, formalização e coordenação (Grandori & Soda, 1995). Esta classificação inclui as redes sociais (informais), que se dividem em simétricas (sem coordenação centralizada) e assimétricas (possuem um coordenador central); as redes burocráticas (baseadas num contrato formal), igualmente divididas em simétricas e assimétricas; e as redes proprietárias (baseadas na formalização de acordos de direito de propriedade), também elas classificadas como simétricas ou assimétricas. Camarinha-Matos e Afsarmanesh (2006) definem as organizações colaborativas em rede (ou CNOs, de *Collaborative Networked Organizations*) como redes de colaboração em que a organização está estabelecida e os seus integrantes têm papéis associados. Transcendendo uma simples aliança estratégica entre as empresas, as CNOs são caracterizadas pela forma dinâmica como os seus componentes se ajustam

em função da operação. As organizações virtuais são igualmente um tipo de rede colaborativa, consistindo numa aliança temporal entre organizações que decidem agregar recursos e competências para responderem a uma ou mais oportunidades. As empresas virtuais (EVs) são um caso concreto de uma organização virtual, estando associadas a alianças temporárias para partilha de recursos, competências, informações e capacidades (Byrne et al., 1993; Fischer et al., 1996).

Os diferentes tipos de alianças estratégicas são frequentemente respostas de grupos de empresas aos desafios impostos pelo dinamismo do mercado concorrencial e globalizado. A sua criação e manutenção requerem ferramentas adequadas, capazes de suportar as interações entre os membros integrantes. A criação das redes colaborativas caracterizadas por maior dinamismo, como as empresas virtuais, só será bem-sucedida se as operações associadas contribuírem para a eficiência (ou seja, para a obtenção de resultados com o consumo mínimo de recursos, com foco no desempenho), para a eficácia (contribuindo para um elevado nível de obtenção de resultados, com foco nos objetivos) e agilidade (suportando a manutenção do foco nas operações geradores de valor, de forma continuada, aumentando a capacidade de reação a alterações no contexto de negócio).

Uma rede colaborativa deve ser eficaz, focando-se no que é necessário e urgente resolver (por exemplo, propor ou encontrar novas empresas virtuais, novos membros para as mesmas, ou alinhar os objetivos associados). De forma complementar, deve ser ágil, para rapidamente e de forma continuada ser capaz de gerar e avaliar soluções que originem empresas virtuais competitivas, suportando a sua reconfiguração ao longo do tempo. Adicionalmente, deve ser eficiente, para que seja feita a melhor utilização dos recursos necessários com vista a atingir os objetivos pretendidos.

A rápida adaptação às condições do mercado, a par da capacidade de gerir todos os processos de negócio independentemente da distância, complementam a capacidade de concretizar vantagens competitivas, sendo fatores essenciais no contexto dos modelos de organização para empresas ágeis virtuais (A/VE) (Cunha & Putnik, 2006). Este tipo de empresa virtual caracteriza-se pela sua constante capacidade de adaptação ao cenário envolvente, suportada pela reconfiguração ágil, que permite implementar uma resposta mais célere às constantes mudanças impostas pelo mercado global.

A otimização das relações entre empresas ao nível da cadeia de fornecimento é um impulsionador comum da criação de redes colaborativas. A criação de cadeias de fornecimento

dinâmicas e reconfiguráveis assume-se como um componente crítico para a criação de empresa virtuais, particularmente em cenários de produção para encomenda (ou *build-to-order*), em que os produtos são produzidos em resposta a encomendas efetivas, por oposição à produção para criação de *stock*. A sincronização ao nível da cadeia de fornecimento é necessária para suportar operações coordenadas e despoletadas pelo cliente, nas quais as características inerentes a cada encomenda e cenário de produção são avaliadas e consideradas, em vez de serem adotados procedimentos de trabalho mecanizados e automatizados, essencialmente orientados ao processo.

Os diversos tipos de aliança requerem diferentes níveis de automatização de processos, integração entre empresas e de reconfiguração e otimização continuadas. A sua concretização com eficácia, eficiência e agilidade depende de um adequado suporte tecnológico, que permita apoiar os diferentes níveis de dinamismo associados. Sendo elevado o potencial associado à utilização de redes colaborativas, é igualmente elevado o potencial para melhorar e agilizar o processo de conceção e operação das redes colaborativas e organizações virtuais. É sobre o suporte tecnológico ao ciclo de vida das redes colaborativas e organizações virtuais que incide este projeto de doutoramento.

Alguns dos sistemas propostos até à data para suportar as redes colaborativas, nomeadamente ao nível da coordenação da produção colaborativa, recorrem a agentes de *software*. Estes são definidos como programas de computador atómicos que possuem a capacidade de completar uma tarefa ou atividade em nome de um utilizador e sem intervenção humana (Adam et al., 1999). Estes módulos de *software* podem estar ligados a um ambiente de execução específico – agentes estacionários – ou podem ter a capacidade de se transportar dinamicamente para outros ambientes de execução, fazendo-se acompanhar dos dados associados – agentes móveis (Nwana, 1996; Ghiassi & Spera, 2003). Um sistema construído com base num conjunto de agentes que interagem em processos de planeamento e execução é designado um sistema multiagente (MAS, ou *multi-agent system*), caracterizando-se por uma rede de agentes de *software* interativos que resolvem problemas que transcendem as suas capacidades individuais ou conhecimento que possuem (Lu & Wang, 2008).

Nesta tese de doutoramento irão ser analisados os requisitos de suporte ao ciclo de vida das redes colaborativas e organizações virtuais, sendo igualmente avaliado se um sistema baseado em agentes de *software* poderá dar uma resposta adequada aos mesmos. De forma complementar, será proposta uma abordagem dinâmica para a avaliação de parceiros ou

fornecedores, passível de ser integrada numa plataforma tecnológica multiagente. Pretende-se contribuir para a democratização do acesso aos benefícios das redes colaborativas, concebendo uma plataforma que seja facilmente instanciável, baseada numa arquitetura distribuída, que facilite a integração de novos membros na rede e a gestão dos membros existentes, durante todo o seu ciclo de vida.

1.1.2 Motivação e objetivos gerais

A existência de uma plataforma tecnológica que suporte as empresas na criação e operação de redes colaborativas é um fator competitivo importante, na medida em que esta pode assumir um contributo positivo ao nível da agilidade (capacidade de reação rápida à mudança, mantendo o foco no valor), eficiência (capacidade de perseguir objetivos com boa utilização dos recursos) e eficácia (capacidade de atingir resultados em linha com a estratégia definida) das empresas integrantes. A agilização do processo de conexão dinâmica entre empresas e da manutenção das relações associadas permitirá às mesmas incrementarem a sua competitividade através de sinergias de negócio. Espera-se assim que as propostas resultantes do trabalho de investigação realizado possam contribuir para a obtenção, de forma célere, de melhores e mais fiáveis soluções para a deteção, exploração e potenciação de oportunidades de negócio, em linha com os objetivos de negócio das empresas integrantes da rede colaborativa ou organização virtual, e com os mercados alvo que estas pretendem atingir.

O objetivo de conceção duma plataforma tecnológica desta natureza obriga à realização de investigação em duas vertentes complementares, e igualmente indispensáveis, para uma operação otimizada das redes colaborativas: (1) a arquitetura funcional de uma plataforma tecnológica de suporte ao seu ciclo de vida e (2) a definição de uma abordagem de avaliação de parceiros e fornecedores, que contribua para a sua operação eficiente.

No que diz respeito à abordagem tecnológica, pretende-se conceber e estruturar uma plataforma que possibilite a criação, operação e dissolução de redes colaborativas e organizações virtuais, com capacidades evolutivas, para suporte à sua integração com sistemas externos heterogéneos. Pretende-se que a plataforma seja ubíqua, podendo abranger dispositivos de diferentes tipos, bem como integrável com sistemas externos, apresentando como único requisito para tal a capacidade destes invocarem serviços *Web* através do protocolo HTTP (*Hypertext Transfer Protocol*).

Uma das componentes essenciais da plataforma é a funcionalidade de avaliação dinâmica de parceiros e fornecedores. A identificação, avaliação e seleção de fornecedores e parceiros reveste-se de elevada importância no contexto do ciclo de vida de redes colaborativas e organizações virtuais. Assim, pretende-se avaliar quais os requisitos associados a esta funcionalidade, cujo cumprimento permita uma avaliação rápida, sistematizada e eficaz de parceiros e fornecedores, refletindo desempenhos históricos, informação atualizada e perspetivas de evolução futura. Com base nesta avaliação, assume-se como objetivo conceber e propor uma abordagem de avaliação, que possa ser integrada na plataforma tecnológica, sendo disponibilizada como funcionalidade nuclear da mesma.

1.1.3 Objetivos específicos

Como objetivos específicos associados aos objetivos gerais referidos na seção anterior podemos identificar os seguintes:

1. Identificar os principais requisitos de operação associados aos diversos tipos de redes colaborativas empresariais.
2. Identificar componentes essenciais para uma plataforma que suporte o seu ciclo de vida.
3. Identificar o conjunto de tecnologias, metodologias e normas relevantes para o desenvolvimento da plataforma com base em agentes de *software*.
4. Definir fluxos funcionais para suporte aos processos associados com a gestão do ciclo de vida das redes colaborativas.
5. Desenvolver a arquitetura tecnológica e funcional da plataforma tecnológica.
6. Identificar os requisitos associados à identificação, avaliação e seleção de parceiros e fornecedores no contexto das redes colaborativas.
7. Conceber uma abordagem dinâmica para a avaliação de fornecedores e parceiros.
8. Ilustrar a aplicação da abordagem dinâmica em cenários industriais e de serviços.
9. Validar a aplicação da abordagem dinâmica de avaliação.

A Tabela 1 ilustra o mapeamento dos objetivos propostos com os capítulos desta tese.

Tabela 1: Mapeamento entre objetivos específicos e os capítulos da tese.

Objetivo	Capítulo 2	Capítulo 3	Capítulo 4	Capítulo 5	Capítulo 6	Capítulo 7	Capítulo 8
1	●						
2	●						
3		●					
4			●				
5			●				
6				●			
7					●		
8						●	
9							●

1.1.4 Questão de investigação

A formulação do tópico de pesquisa é o ponto de partida para o projeto de investigação (Ghauri & Grønhaug 2005). A pesquisa científica tem como base a definição do problema, assumindo como objetivo a sua resolução. No caso do trabalho de investigação presente, o problema pode ser sumariado através da seguinte questão de investigação:

“Quais as necessidades, ao nível aplicacional, associadas ao ciclo de vida de organizações virtuais e redes colaborativas e como melhorar a sua satisfação através de uma plataforma de software.”

Associada a esta questão de investigação está a hipótese descritiva seguinte:

“A utilização de uma plataforma baseada em agentes de software e em recursos baseados na nuvem, pode suportar, de forma completa, o ciclo de vida de redes colaborativas e organizações virtuais.”

Uma das componentes fundamentais do ciclo de vida das organizações virtuais é, como se referiu anteriormente, a identificação, avaliação e seleção dos seus participantes e

fornecedores. Neste contexto, e uma vez identificadas as necessidades de suporte aplicacional para o ciclo de vida das organizações virtuais, importa avaliar a questão seguinte:

“Que abordagem de avaliação permitirá às empresas constituintes de uma organização virtual escolher as melhores propostas, em cada altura, levando em conta as necessidades intrínsecas relacionadas com uma oportunidade de negócio e o desempenho dos fornecedores conhecidos?”

Associada a esta questão está a hipótese central seguinte:

“A utilização de um modelo dinâmico de avaliação de parceiros e fornecedores, levando em consideração informação histórica, presente e previsional, por comparação a abordagens alternativas não dinâmicas, suporta tomadas de decisão economicamente mais vantajosas, considerando o seu perfil, os riscos de atrasos e de falta de qualidade associados, e o desempenho dos mesmos a esse nível.”

A questão central está relacionada com a hipótese complementar que se pretende avaliar:

“Os custos associados à uma tomada de decisão baseada num modelo dinâmico, que leve em conta desempenho histórico, presente e previsional para o futuro, são inferiores aos custos associados à tomada de decisão baseada exclusivamente no valor das propostas recebidas dos fornecedores, para um mesmo cenário de aplicação.”

A validação da hipótese será feita recorrendo à simulação, utilizando um protótipo de implementação da abordagem dinâmica de avaliação proposta, por comparação a abordagens de avaliação alternativas. As variáveis associadas à investigação consistem em factos ou valores quantificáveis que são considerados na sua dimensão relacional de causa-efeito, sendo uns determinados como causa, outros como efeito consequente (Gressler, 1989). Por sua vez, variáveis dependentes são os valores ou factos, numa hipótese, considerados como efeitos, sendo afetadas pelo tratamento realizado. As variáveis classificam-se como ativas (ou seja, que podem ser manipuladas pelo investigador), ou variáveis atributo (não podendo ser manipuladas pelo investigador). A simulação assumirá como objetivo avaliar a dimensão relacional causa-efeito entre a variável dependente ativa “custo final” (correspondente aos custos associados à adoção de uma solução proposta por uma abordagem de avaliação) e as variáveis independentes ativas número de iterações de avaliação, número de consultas comerciais, custo por atraso de entrega e custo por defeitos na entrega.

1.2 Projeto de investigação

1.2.1 Metodologia de investigação

A metodologia científica está associada ao método e à ciência. Método, que no sentido literal significa “*caminho para chegar a um fim*” (do grego *methodos*), definindo assim um percurso até um objetivo, consiste no conjunto de atividades, técnicas e ações sequenciais desenvolvidas para o atingir, estando associado à organização. A metodologia consiste no conjunto de regras e procedimentos, baseados em princípios lógicos, criado para permitir alcançar um conjunto de objetivos. O método é assim o procedimento, o conjunto de atividades sistemáticas e racionais, que se empregam para atingir os objetivos associados a um determinado projeto, sendo o seu estudo o alvo da metodologia. A metodologia transcende a descrição dos processos (incluindo os métodos e técnicas a serem utilizados), sendo descrita por Minayo (2007) como a discussão epistemológica sobre o “*caminho do pensamento*” que o objeto de investigação requer, a apresentação justificada dos métodos, técnicas e instrumentos, e a marca pessoal do investigador, derivada da sua criatividade.

Singleton e Straits (1999) classificam os métodos de investigação segundo a estratégia de investigação associada: (1) método de investigação experimental, envolvendo a manipulação de um ambiente e a observação subsequente com vista a detetar a ocorrência de mudanças sistemáticas; (2) método baseado em questionário, associada ao objetivo de identificação de características em grupos ou populações alvo; (3) método de campo, em que o investigador se insere no conjunto de eventos que ocorrem e sobre os quais quer obter conhecimentos, recolhendo informação sem influenciar o meio; (4) método ação, em que o investigador aplica uma intervenção positiva no ambiente e observa as mudanças em si mesmo e no ambiente observado.

Existem duas perspetivas essenciais ao nível da investigação: a quantitativa e a qualitativa. A pesquisa qualitativa está centrada em aspetos da realidade que não podem ser quantificados. A sua natureza empírica, aliada à pontual subjetividade e à propensão para a reflexão do perfil do investigador, são fatores de crítica pontual à pesquisa qualitativa (Martins, 2004). De forma contrária, a pesquisa quantitativa baseia-se em resultados que podem ser quantificados, estando frequentemente associada à definição de amostras representativas, sendo os resultados assumidos como um retrato da população alvo. A pesquisa quantitativa está centrada na objetividade, assumindo que a realidade só pode ser compreendida com base na análise de dados recolhidos duma amostra representativa, recorrendo a instrumentos com precisão adequada.

Enquanto que a perspectiva quantitativa se baseia na expressão de uma realidade objetiva de forma numérica, promovendo estudos experimentais nos quais se efetuam medições e se estabelecem relações, a investigação qualitativa é de carácter mais descritivo, baseada numa visão fenomenológica, com enfoque nos processos e no significado, e mais aberta (Bogdan & Biklen, 1999).

Tabela 2: Comparação entre as perspectivas de avaliação quantitativa e qualitativa.

Qualitativa	Quantitativa
Observação	Medição e controlo
Visão global	Visão particular
Maior importância ao contexto	Menor importância ao contexto
Investigador admite influência mútua da experiência pessoal e da ciência	Investigador tenta ser emocionalmente neutro
Focada no processo	Focada nos resultados
Carácter subjetivo dos fenómenos é tido em conta	Toma em conta exclusivamente aspetos que podem ser medidos, observados e quantificados
Descritiva, indutiva e exploratória	Dedutiva, inferencial e confirmatória
Dados “ricos” e “profundos”	Dados “sólidos” e “repetíveis”
Realidade dinâmica	Realidade estática

Dentre os métodos usados na pesquisa qualitativa destacam-se o estudo de caso e a investigação-ação. O método de investigação-ação é um método de cariz eminentemente dinâmico, que tem por objetivo suportar o estudo de um sistema de uma forma que permita ao investigador assumir um papel de participante ativo na própria pesquisa (Baskerville & Myers, 2004). Por mudança entende-se a mudança no assunto em estudo e a mudança no próprio investigador. Assim, e face aos resultados que obtém ao longo da investigação, pode ser exigido ao investigador que modifique a sua abordagem durante a execução dos trabalhos. Estas mudanças são capturadas e documentadas como observações qualitativas, sendo usadas nas iterações seguintes.

Diversos autores têm proposto diferentes modelos para o método de investigação-ação no que concerne aos passos que o integram. Neste trabalho de investigação foi adotado o modelo proposto por Susman e Evered (1978), que contempla cinco passos essenciais por ciclo de investigação: (1) diagnóstico, em que é identificado e definido o problema que se pretende resolver; (2) planeamento de ação, em que se identificam as soluções alternativas para o problema e as

ações associadas; (3) execução de ação, em que se seleciona uma das soluções alternativas identificadas em 2; (4) avaliação, em que se observam os resultados da ação realizada; (5) aprendizagem, em que se usam os resultados da observação realizada em 4 para criar ou atualizar o modelo teórico ou conceptual da solução em investigação.

O ciclo composto pelos cinco passos essenciais está ilustrado na Figura 1.

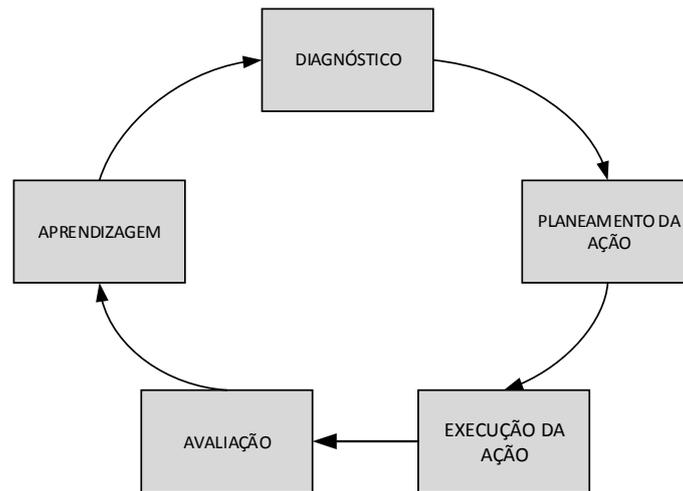


Figura 1: Fases do método de investigação ação (Susman & Evered, 1978)

Este ciclo repete-se ao longo do processo de investigação, em múltiplas iterações, o que pode ser visualmente representado usando uma espiral, conforme se ilustra na Figura 2.

Em cada iteração é aprofundado o conhecimento sobre o problema em estudo, sendo definida ou atualizada a definição do problema, planeado o conjunto de ações (com vista à obtenção da solução), executadas essas ações e avaliados os resultados. Esta avaliação poderá resultar no arranque de um novo ciclo, em que o problema será redefinido, à luz dos resultados obtidos no ciclo anterior. O ciclo repete-se até se chegar à solução do problema em estudo.

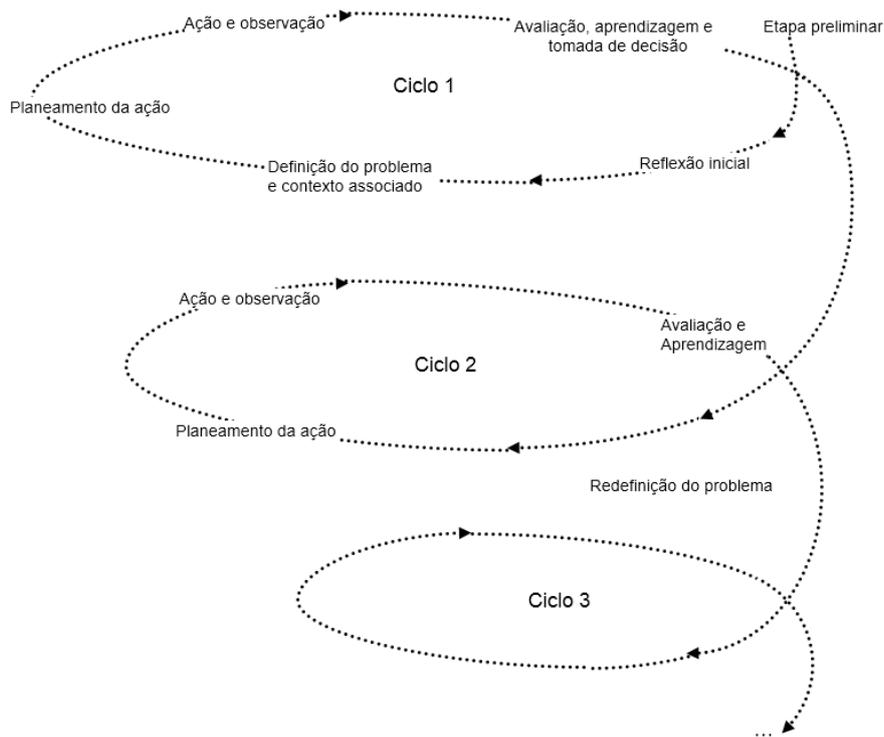


Figura 2: Espiral auto reflexiva lewiniana (adaptada de Lavoie et al., 2006)

O método de investigação-ação tem origem nas ciências sociais e de educação, sendo Kurt Lewin (1946) apontado como um dos seus pioneiros (Argyris et al., 1985; Checkland, 1981). Teve ao longo dos anos um crescimento significativo ao nível da sua utilização, particularmente nos domínios citados, sem que, no entanto, estivesse imune a críticas (Susman & Evered, 1978; Oquist, 1978), essencialmente relacionadas com alguma confusão entre investigação-ação e consultadoria (tema abordado por Westbrook, 1995 e Coughlan & Coughlan, 2002, que destacam as diferenças entre ambos os conceitos), tendo sido igualmente debatida a forma de avaliar o método (Checkland & Holwell, 1998; Winter, 2002; McInnes et al., 2007).

Mumford importou a investigação-ação para o domínio dos sistemas de informação, tendo criado, com base na mesma, uma técnica de desenvolvimento de sistemas designada ETHICS (Mumford & Weir, 1979). Checkland, segundo Kock (2003), contribuiu igualmente para a aproximação da metodologia de investigação-ação ao domínio dos sistemas de informação, tendo usado o método de investigação-ação para o desenvolvimento de uma metodologia de desenvolvimento de *software*. Wood-Harper (1985) incorporou os conceitos associados à investigação-ação numa metodologia de desenvolvimento de sistemas (o Multiview).

O papel ativo do investigador, como sujeito interveniente no processo de investigação-ação, motivou a sua escolha para este projeto de doutoramento. Na prática, o ciclo da pesquisa ação pode ser considerado uma adaptação do ciclo planear-fazer-verificar-agir de Deming (1997). Executando múltiplos ciclos de planeamento, execução, reconhecimento ou identificação de factos, sua avaliação e planeamento da próxima fase (Lewin, 1946), serão executados ciclos de investigação que se aproximarão sucessivamente da solução final.

1.2.2 Plano de investigação

O plano de investigação contempla a execução de três ciclos de investigação-ação, que se resumem na Figura 3.

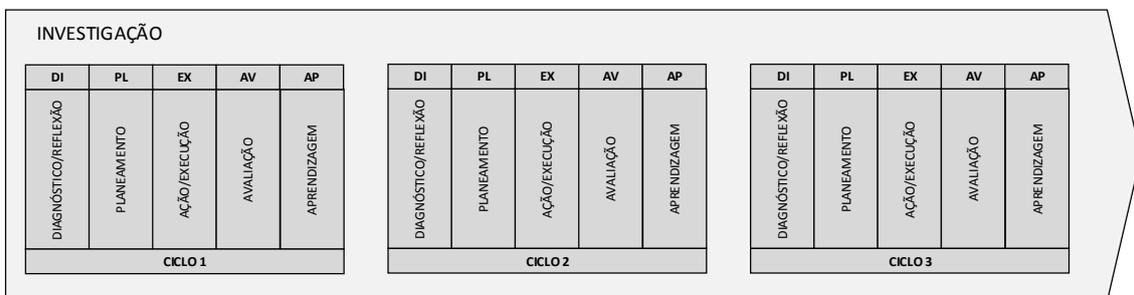


Figura 3: Ciclos de investigação-ação planeados.

Associada aos ciclos de investigação estão as quinze tarefas abaixo discriminadas:

Ciclo 1:

- 1) Identificação inicial dos objetivos do projeto:
 - i) Definição da questão de investigação e hipóteses.
 - ii) Identificação das variáveis a investigar.
 - iii) Definição da metodologia de investigação.
 - iv) Definição dos objetivos gerais associados ao projeto.
 - v) Definição dos objetivos específicos a atingir.
- 2) Análise do estado da arte relativamente a organizações virtuais:
 - i) Análise dos requisitos associados à gestão do ciclo de vida de redes colaborativas e organizações virtuais.

- 3) Análise do estado da arte ao nível do suporte aplicacional para a operação de organizações virtuais:
 - i) Análise do estado da arte relativamente a suportes aplicacionais para a gestão do ciclo de vida de redes colaborativas.
 - ii) Especificação dos requisitos funcionais e não funcionais para uma plataforma de suporte ao ciclo de vida de redes colaborativas e organizações virtuais.
 - iii) Identificação de tecnologias compatíveis com os requisitos identificados, ao nível do desenho, implementação e operação da plataforma.
- 4) Análise do estado da arte ao nível da avaliação e seleção de parceiros:
 - i) Análise de abordagens para definição de critérios de avaliação.
 - ii) Identificação de requisitos fundamentais para a tomada de decisão ao nível da seleção de fornecedores e parceiros.
 - iii) Estado da arte relativamente à definição de critérios de avaliação para parceiros.
- 5) Elaboração do projeto de doutoramento.

Ciclo 2

- 6) Conceção de uma plataforma de suporte aplicacional a CNOs:
 - i) Definição dos requisitos de uma plataforma de *software* para suporte ao ciclo de vida de redes colaborativas.
 - ii) Definição da arquitetura para a plataforma de *software*.
 - iii) Especificação funcional da plataforma de *software*.
- 7) Definição de uma abordagem para a avaliação e seleção de parceiros:
 - i) Estado da arte relativamente à definição de critérios de avaliação para parceiros.
 - ii) Estado da arte para suporte à tomada de decisão baseada em múltiplos critérios.
- 8) Atualização da revisão da literatura.
- 9) Definição do processo de validação de resultados.
- 10) Publicação de artigos.

Ciclo 3:

- 11) Aplicação da abordagem proposta a dois cenários de utilização:
 - i) Cenário de aquisição de serviços.
 - ii) Cenário de aquisição de produtos e componentes.
- 12) Desenvolvimento de protótipo das abordagens propostas:
 - i) Especificação de protótipos para avaliação e seleção de fornecedores.
 - ii) Desenvolvimento de protótipos para simulação da aplicação da abordagem proposta.
 - iii) Refinamento de protótipos.
- 13) Validação da abordagem proposta:
 - i) Definição da abordagem de simulação a adotar.
 - ii) Definição do cenário de simulação.
 - iii) Identificação de métricas relevantes para avaliação.
 - iv) Avaliação do desempenho da abordagem proposta.
- 14) Publicação de artigos.
- 15) Escrita da presente tese.

A Tabela 3 mapeia os ciclos do método de investigação-ação executados nos capítulos da tese que foram atualizados no seu contexto.

Tabela 3: Mapeamento entre os ciclos de investigação realizados e os capítulos atualizados no seu contexto.

Ciclo	Capítulo 1	Capítulo 2	Capítulo 3	Capítulo 4	Capítulo 5	Capítulo 6	Capítulo 7	Capítulo 8
1	●	●	●					
2		●	●	●	●			
3				●	●	●	●	●

1.2.3 Implementação do projeto de investigação

Uma vez definido, de forma clara, qual o problema de investigação, procedeu-se a uma revisão inicial da literatura. Seguidamente, foi efetuada a escolha da metodologia de investigação que orientou a execução do projeto. Os três ciclos da investigação foram realizados, conforme se ilustra na Figura 4.

No primeiro ciclo foi feito o estudo do estado da arte ao nível das redes colaborativas e organizações virtuais. Adicionalmente, foi feito o estudo do estado da arte das tecnologias de suporte ao ciclo de vida das organizações, com enfoque nas tecnologias relacionadas com agentes de *software*, considerada uma abordagem satisfatória para os requisitos definidos. De forma complementar, foi realizado o estudo do estado da arte relativamente à avaliação e seleção de parceiros e fornecedores. Ainda no primeiro ciclo, foi elaborada a proposta de projeto de doutoramento, que foi apresentada e defendida no Departamento de Produção e Sistemas da Universidade do Minho.

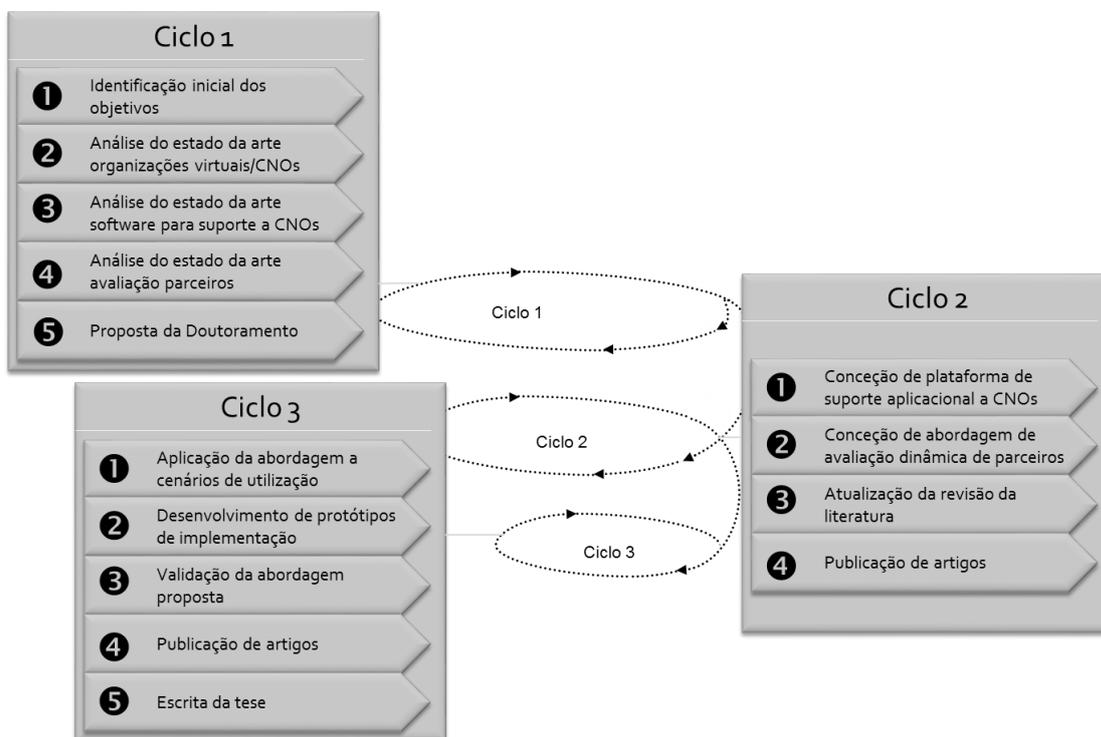


Figura 4: Ciclos do método de investigação-ação realizados no projeto de doutoramento.

Seguiu-se o segundo ciclo de investigação, durante o qual foi concebida a plataforma tecnológica proposta para o suporte ao ciclo de vida das redes colaborativas e organizações virtuais. Foi igualmente concebida a proposta para a abordagem dinâmica de avaliação e seleção de fornecedores e parceiros, em linha com os requisitos de reconfigurabilidade do sistema e a necessidade subjacente de implementar a avaliação com base em desempenho histórico, propostas presentes e previsões de desempenho futuro. Durante este segundo ciclo foram publicados diversos artigos relacionados com a investigação realizada (Arrais-Castro et al., 2012a; Arrais-Castro et al., 2012b; Arrais-Castro et al., 2013a; Arrais-Castro et al., 2013b; Arrais-Castro et al., 2013c; Arrais-Castro et al., 2013d).

O terceiro e último ciclo do projeto de investigação iniciou-se com a definição de três cenários ilustrativos e aplicação aos mesmos da abordagem de avaliação dinâmica proposta. Seguiu-se o desenvolvimento de protótipos da sua implementação, que foram utilizados para simular a sua utilização em cenários representativos. O terceiro ciclo foi concluído com a análise e validação dos resultados obtidos, bem como com a escrita da presente tese e publicação de artigos relacionados (Arrais-Castro et al., 2014a; Arrais-Castro et al., 2014b; Arrais-Castro et al., 2015a; Arrais-Castro et al., 2015b). Os entregáveis finais do projeto de investigação encontram-se sumariados na Figura 5.



Figura 5: Entregáveis associados ao projeto de doutoramento.

A arquitetura da plataforma proposta, em conjunto com a abordagem dinâmica de avaliação de parceiros e fornecedores, foram considerados os principais entregáveis do trabalho realizado. A definição da arquitetura, complementada pela sistematização dos principais processos suportados pela mesma, permite a sua implementação futura com o devido alinhamento com os objetivos definidos. Não foi assumido como objetivo do trabalho de investigação o desenvolvimento da plataforma tecnológica baseada em agentes, por se considerar que o trabalho associado se revestiria de menor relevância científica, tendo sido privilegiado o desenvolvimento de um demonstrador, que foi utilizado para validar a aplicação da abordagem dinâmica de avaliação de parceiros e fornecedores em diversos cenários distintos, suportando a validação de resultados.

1.3 Organização da tese

Esta tese está dividida em oito capítulos, que se organizam da forma descrita nesta seção.

No primeiro capítulo é apresentado o projeto de doutoramento, sendo feito seu enquadramento inicial, definidos os objetivos e questões de investigação, descrita a metodologia de investigação adotada e apresentado o planeamento de execução do projeto.

No segundo capítulo são apresentados os principais tipos de redes colaborativas interligando empresas, desde as cadeias de fornecimento mais simples até às empresas ágeis virtuais. São primeiramente analisadas as motivações das empresas para o estabelecimento de relações colaborativas, sendo depois caracterizados os diversos tipos de redes de colaboração. Adicionalmente, são analisados os requisitos de suporte ao ciclo da vida das redes colaborativas, particularmente ao nível da avaliação e seleção de parceiros e fornecedores.

No terceiro capítulo são apresentados os resultados da análise ao estado da arte da tecnologia de agentes de *software*, com vista a validar se a sua utilização é ou não compatível com as necessidades associadas à gestão do ciclo de vida das redes colaborativas. São primeiramente abordados os principais conceitos associados aos agentes de *software*, sendo depois analisadas as normas e tecnologias de suporte à sua comunicação. É igualmente abordada a evolução da engenharia de *software* no que concerne aos paradigmas associados. São depois referenciadas as principais metodologias de desenvolvimento orientadas a agentes, bem como as principais plataformas de desenvolvimento disponíveis.

No quarto capítulo é apresentada a arquitetura tecnológica e funcional da plataforma proposta para suportar o ciclo de vida das redes colaborativas. Primeiramente são abordados os cenários típicos de utilização. Depois, apresenta-se a arquitetura geral da plataforma. Seguidamente descreve-se o funcionamento da mesma, em cada um dos principais momentos do ciclo de vida de redes colaborativas, particularmente das organizações virtuais.

No quinto capítulo é apresentada a abordagem dinâmica proposta para a avaliação e seleção de parceiros e fornecedores. Inicialmente, é abordada a problemática da definição dos critérios de avaliação. Seguidamente, são descritos, com detalhe, os diversos passos que integram a abordagem proposta (criação de matrizes de avaliação, normalização, filtragem de incerteza, pesagem de critérios, agregação, classificação e decisão).

No sexto capítulo são descritos dois cenários de utilização da abordagem de avaliação e seleção proposta. Primeiramente, é descrito um cenário de aquisição de serviços no domínio do desenvolvimento de *software*, sendo feito o seu enquadramento, bem como descritas as necessidades que estão na sua génese. Depois, é analisado um exemplo de aplicação num cenário de aquisição de produtos/ componentes. Em ambos os casos é descrito, com detalhe, como é feita a aplicação, passo a passo, da abordagem proposta.

No sétimo capítulo são analisados os resultados obtidos, através da utilização e um protótipo interativo de aplicação da abordagem de avaliação e seleção dinâmica, desenvolvido no terceiro ciclo do projeto de investigação. Os resultados obtidos através da aplicação da abordagem dinâmica, incluindo a avaliação de desempenho histórico, atual e futuro, são comparados com duas abordagens alternativas.

No oitavo capítulo são apresentadas as conclusões do trabalho realizado. Segue-se-lhe a bibliografia do autor e referências utilizadas, concluindo o documento com os anexos relacionados com a simulação realizada.

Capítulo 2 – Redes Colaborativas

Neste segundo capítulo são abordadas as redes colaborativas e a sua relevância enquanto alicerces para a interconexão entre entidade e ferramentas para a concretização de benefícios competitivos. São analisados diferentes tipos de redes colaborativas, incluindo redes de abastecimento cooperativas, organizações virtuais, empresas virtuais, empresas estendidas, empresas ágeis virtuais, bem como os ambientes para a criação de organizações virtuais. Adicionalmente é abordada a problemática da seleção e avaliação de fornecedores e parceiros, incluindo a definição de critérios e a utilização dos métodos de avaliação. É justificada a necessidade de utilizar modelos dinâmicos de avaliação de parceiros e de fornecedores, bem como a importância de lidar com a imprecisão e a incerteza. Finalmente, é discutida a utilização de dados históricos, dados presentes e previsões relativas ao futuro para sustentar o processo de decisão.

2.1 As organizações e a necessidade de colaborar

Giddens (1990) definiu a globalização como sendo a intensificação das relações sociais em todo o mundo, ligando locais distintos de tal forma que eventos locais são condicionados por eventos remotos a uma grande distância. O fenómeno da Globalização tem tido um desenvolvimento crescente nas duas últimas décadas, redefinindo a forma como as organizações interagem com o mercado e são por ele influenciadas (Drucker, 2006). Associado à globalização está o conceito de interdependência acelerada (Ohmae, 1989), descrevendo o inter-relacionamento e interdependência crescente entre as várias economias e sociedades, que se traduz na criação de um mercado virtualmente global, que transcende fronteiras físicas e geopolíticas. Este mercado global acarreta novos desafios para as empresas e organizações, que enfrentam agora um número bastante mais alargado de concorrentes, e estão também substancialmente mais condicionadas por eventos controlados por entidades externas. Por outro lado, este mercado global pode traduzir-se num maior potencial de negócio para as empresas, que passam a atingir, com maior facilidade, uma leque mais alargado de clientes potenciais.

As organizações, enquadradas no mercado globalizado, enfrentam novos desafios na conquista e manutenção de quota de mercado, bem como na capacidade de retenção de clientes. A implementação de estratégias que incrementem a competitividade e a otimização de processos

são fatores importantes para garantir a sua sobrevivência num mercado caracterizado por uma competitividade crescente. Garantir uma integração eficiente entre as atividades relacionadas com a interação com o mercado e parceiros (*frontoffice*) e as atividades produtivas e de suporte (*backoffice*) é um desafio importante. Adicionalmente, as empresas necessitam cada vez mais de implementar estratégias de diferenciação, uma vez que a manutenção de políticas de preço mais baixo pode não ser suficiente para garantir a sua manutenção no mercado. A necessidade de adaptação dinâmica às tendências do negócio é crescente, o que motiva o estabelecimento de novas parcerias de negócio, eventual adequação de parcerias existentes, e à adequação de gamas de produtos (Thoumrungroje, 2004).

A resposta à evolução do mercado e o suporte melhorado às necessidades e exigências dos clientes requerem frequentemente a implementação de abordagens e métodos de produção mais otimizados, como *Lean Manufacturing* (Goddard, 1986). Esta abordagem foi derivada do Sistema de produção da Toyota (TPS – *Toyota Production System*), desenvolvido pela marca após a Segunda Guerra Mundial. Assume como objetivo fundamental eliminar o desperdício, assinalando como alvo de eliminação tarefas que não criem valor para o cliente final. O método assenta em dois pilares fundamentais: automação e JIT (*Just In Time*). Automação (ou *Jidoka*) pode ser descrita como automação inteligente (também descrita como *automação com um toque humano*), privilegiando a implementação de funções de supervisão ao longo das funções de produção para prevenir produtos defeituosos e evitar a sua futura ocorrência (significando, por exemplo, a paragem da linha de produção com vista à compreensão dum problema, sua resolução e implementação de ações preventivas para evitar futuras ocorrências). O JIT foi desenvolvido nos anos 50 por Taiichi Ohno, diretor da Toyota, em colaboração com Shigeo Shingo e Edward Deming, como um método para garantir a satisfação das necessidades do cliente com atraso mínimo, reduzindo, em paralelo, o inventário de produto final e produto inacabado (Goddard, 1986). Na filosofia JIT, o inventário é assumido como custo e desperdício, por oposição à classificação como valor armazenado. De acordo com esta filosofia, nada deve ser produzido, transportado ou comprado antes do momento em que de facto se torna necessário. Tudo se reduz a ter os materiais corretos, no momento oportuno, no local adequado, e na quantidade certa. A filosofia “*produzir para encomenda*” que o JIT incorpora minimiza os riscos de acumulação de produto não vendido. Sistemas de configuração dinâmica de produtos, que ajudem a capturar, de forma ágil, requisitos de produto associados a encomendas, e os transformem em ordens de produção

podem ser uma ajuda para implementar a filosofia JIT (Arrais-Castro et al., 2009; Arrais-Castro et al., 2010a; Arrais-Castro et al., 2010b).

A agilidade das empresas é não só uma vantagem competitiva, como uma necessidade efetiva no mercado globalizado. Agilidade é a capacidade da empresa de responder rapidamente a alterações num ambiente de negócio incerto e/ ou em evolução, tenham essas alterações qualquer fonte (clientes, concorrentes, fornecedores, entidades governamentais, ou outras) (Goldman et al., 1995). A agilidade das empresas é baseada em quatro princípios essenciais: enriquecer o cliente, gerir a mudança e incerteza, otimizar os recursos humanos e cooperar para competir (Goldman & Preiss, 1991; Goldman et al., 1995).

O conceito de produção ágil (ou *Agile Manufacturing*) (Kidd, 1994) está associado à otimização dos processos e ferramentas para permitir às empresas responder, de forma rápida, às necessidades dos clientes e a alterações do mercado. A otimização das operações produtivas é importante para suportar a resposta rápida às alterações do contexto de negócio, a par da redução do tempo necessário para a preparação de encomendas e da maior eficiência nos processos de gestão da produção e gestão do produto. Uma empresa ágil necessita ter a capacidade estratégica de se adaptar, incorporando exigências novas e súbitas, decorrentes de oportunidades, condicionantes de mercado, riscos e ameaças.

Nagel e Dove (1991) consideram essencial para as empresas capturar, de forma rápida, as necessidades dos seus clientes, reposicionando-se de forma contínua em função da evolução dos seus competidores. Tal implica que a empresa necessita desenhar produtos e fabricá-los rapidamente, baseando-se nas necessidades individuais e coletivas dos seus clientes. A redução do tempo necessário para colocar no mercado um novo produto (*time-to-market*) obriga a utilizar sistemas de produção flexíveis, impondo desafios adicionais que podem ter um impacto significativo na relação da empresa ou instituição com os seus parceiros.

A agilização de processos obrigará frequentemente à transição de uma filosofia de empresa centrada em si mesma para modelos de negócio mais abertos. Aumentar a cooperação entre empresas durante o ciclo de vida de produto é já uma tendência no mercado global, patente no número crescente de empresas que reagem à globalização formando alianças estratégicas, integrando-se em fusões organizacionais, promovendo acordos de licenciamento de produtos, estabelecendo acordos de coprodução, promovendo programas de investigação e desenvolvimento conjuntos, organizando-se em *clusters* e em consórcios organizacionais (Ungureanu, 2010).

A colaboração é um mecanismo cada vez mais importante para aumentar a competitividade das organizações. O termo colaboração é usado quando os indivíduos ou as empresas trabalham em conjunto para um objetivo comum (Huxham, 1996; Jordan Jr. & Michel, 2000; Hosseinipour et al., 2012). Ao colaborarem de forma próxima, as empresas capitalizam os ativos compartilhados, agregando recursos, os seus pontos fortes e as suas competências, podendo concretizar objetivos dos quais estariam afastados se operassem individualmente (Huxham, 1996). Adicionalmente, as organizações podem aumentar a sua capacidade de resposta às solicitações de mercado, bem como reagir mais depressa aos seus concorrentes, maximizando as oportunidades de negócio. A colaboração com uma rede de parceiros pode assim permitir a uma empresa aumentar a sua quota de mercado, ganhar acesso rápido a novos mercados, reduzir o custo do ciclo de desenvolvimento do produto e o tempo associado, otimizar a utilização dos seus recursos, reduzir inventário, aumentar a qualidade, ampliar as suas competências e conhecimentos e providenciar um melhor serviço aos seus clientes (Lewis, 1990). Outras vantagens complementares podem ser assinaladas, como a aquisição de meios de distribuição; ganhar acesso a novas tecnologias; aprendizagem e internalização de competências tácitas coletivas e capacidades associadas; a obtenção de economias de escala; alcançar integração vertical, recriação e extensão de ligações de abastecimento, a fim de se ajustar às mudanças ambientais; diversificar para novos negócios; reestruturar e melhorar o desempenho; partilhar custos e recursos; desenvolver produtos, tecnologias e novos recursos; reduzir e diversificar riscos; desenvolver normas técnicas; obter cooperação de potenciais rivais ou concorrentes (interrompendo competições/ competidores); complementaridade de produtos e serviços para os mercados; co especialização; superar barreiras legais/regulamentares; e legitimação, seguindo as tendências do setor (Todeva & Knoke, 2005).

Bititci, Martinez, Albores e Parung (2004) referem que a colaboração entre empresas deverá assumir como objetivo a concretização de ganhos e benefícios para todos os seus participantes (relação ganha-ganha, ou *win-win*), uma vez que na sua génese não está a simples vontade de colaborar, mas sim o desejo de usufruir das vantagens económicas associadas. Os autores apresentam duas perspetivas de valor no contexto da colaboração: valor interno (perspetiva dos parceiros de negócio) e valor externo (perspetiva do cliente). De acordo com Lehtonen (2006), os atributos mais importantes das relações de colaboração são: o compromisso, o desenvolvimento contínuo, o envolvimento dos diferentes níveis organizacionais, a confiança mútua, abertura e promessa de benefícios mútuos

Vangen e Huxham (2006) definiram vantagem colaborativa como a *"sinergia que pode ser alcançada através da integração dos recursos e competências de uma organização com a de outras"*. Esta vantagem pode ser concretizada pela adoção, por parte dos gestores de topo, de uma abordagem colaborativa, promotora de formas diferentes de competir, de entregar valor ao cliente e de crescer (Abraham, 2005). Uma das formas de o fazer é a criação de redes de negócios, consistindo, na sua essência, num grupo de empresas de diversas dimensões com interesses e objetivos comuns. Uma rede colaborativa resulta da relação de colaboração entre organizações, podendo ser definida como um sistema constituído por entidades (pessoas e organizações), tipicamente autónomas, dispersas geograficamente e heterogéneas, colaborando para atingir um propósito comum (Ahuja, 2000; Camarinha-Matos & Afsarmanesh, 2004; Provan et al., 2007; Parung & Bititci, 2008).

As cadeias de fornecimento são um caso particularmente comum de redes colaborativas no mundo empresarial. De acordo com Christopher (1992), uma cadeia de fornecimento é uma rede de organizações que interligam fornecedores, fabricantes e distribuidores, nos diferentes processos e atividades, produzindo valor na forma de produtos e serviços prestados ao consumidor final. Integrando a produção e fornecimento de materiais e componentes, para além de suportar a cadeia logística do fabrico e a cadeia logística da distribuição, a cadeia de fornecimento inclui todas as atividades que integram os fluxos de transformação e fluxos de informação, desde a utilização das matérias-primas até à sua entrega ao cliente (Huang et al., 2000). Barratt (2004) divide a colaboração na cadeia de fornecimento em duas dimensões: a colaboração vertical e a colaboração horizontal, conforme se ilustra na Figura 6:

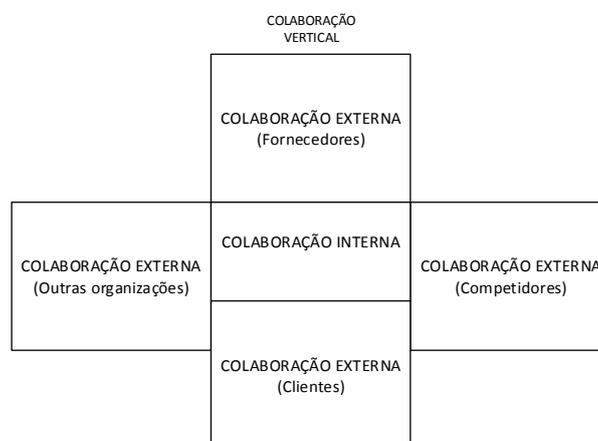


Figura 6: Conceito geral de colaboração: as duas dimensões principais (Hosseinipour et al., 2012).

A colaboração vertical envolve a colaboração suportada pelo envolvimento de fornecedores, recursos internos e do próprio cliente final, quando aplicável. Ao nível horizontal, integra-se a colaboração suportada pelo envolvimento com outras organizações externas e até com competidores, em contextos de aplicação definidos e delimitados.

Uma rede de gestão da cadeia de fornecimento (ou *supply chain management*, SCM) envolve a gestão dos fluxos entre (e através) de todos os estágios de uma cadeia de fornecimento, incluindo o fluxo de produtos, fluxo de informação e fluxos financeiros (Chopra & Meindl, 2012). Ao longo do tempo, a rede de gestão da cadeia de fornecimento pode contribuir, de uma forma significativa, para aumentar a capacidade e rapidez de resposta a solicitações do cliente, incrementar o nível de serviço oferecido ao mesmo e o seu nível de satisfação, aumentar a flexibilidade ao nível da resposta a alterações do mercado e otimizar a retenção dos clientes (Horvath, 2001). Entre as características desejáveis para uma rede de gestão da cadeia de fornecimento podem-se identificar a capacidade de suportar a conexão de novas empresas a baixo custo; elevada capacidade para transmitir e armazenar informação em múltiplos formatos; elevada capacidade de integração de sistemas e de canais; grande capacidade de auto atendimento com um elevado nível de serviço associado; suporte abrangente à recolha e análise de informação para avaliação do desempenho da rede; intercâmbio de colaboração na cadeia de fornecimento; elevada capacidade ao nível da gestão da segurança e sua implementação; novas capacidades de suporte ao negócio eletrónico (Horvath, 2001).

Uma rede de produção distribuída (*multi-site production network*) é um outro exemplo de uma rede colaborativa de negócio, podendo ser definida como um conjunto de instalações geograficamente dispersas que processam produtos, e que estão conectadas através duma rede (Timpe & Kallrath, 2000). Esta rede tem como objetivo integrar os vários processos e fases associados aos ciclos produtivos, incluindo as pessoas participantes (definição de conceito, desenho, prototipagem, desenvolvimento, manufatura, identificação e seleção de mercados, vendas, suporte e outros serviços, incluindo reengenharia e engenharia-reversa) (Cunha & Putnik, 2002; Cunha et al., 2000).

Independentemente do tipo de rede implementada, a sua manutenção e otimização continuada pressupõe a monitorização e avaliação de métricas de desempenho. Parung e Bititci (2008) propõem uma métrica para avaliação de redes colaborativas. Os investigadores recomendam que os gestores meçam todos os elementos da rede colaborativa para medir o seu desempenho, a três níveis distintos: (1) entrada para a colaboração, que é a contribuição de cada

participante; (2) mecanismo de colaboração, que é a “saúde” da colaboração; (3) saída ou retorno da colaboração, que é o resultado das atividades de colaboração, conforme ilustrado na Figura 7.

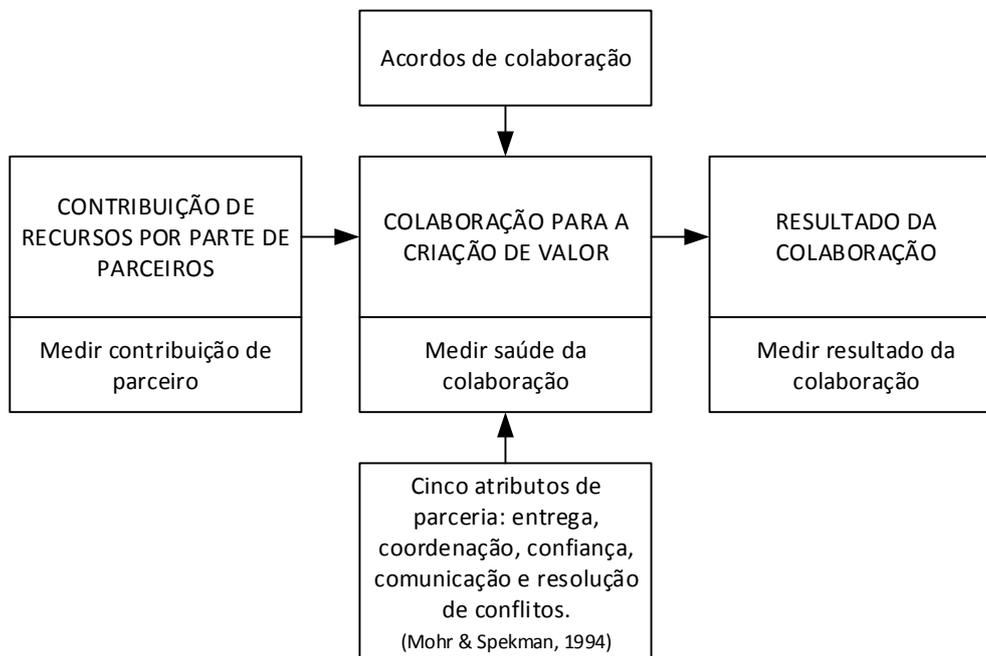


Figura 7: Interação de elementos em redes colaborativas (Parung, Bititci, 2008; Hosseinipour et al., 2012).

2.2 Redes colaborativas de organizações e organizações virtuais

Castells (1996) classificou a economia global e cultural como uma “sociedade em rede” (*network society*), a base de um mundo interconectado. As redes colaborativas são uma componente desta sociedade. A interconexão entre entidades resulta de relações de colaboração, que, segundo Kanter (1990), podem ser suportadas por cinco diferentes tipos de integração: (1) integração estratégica; (2) integração tática; (3) integração operacional; (4) integração interpessoal e (5) integração cultural. Todeva e Knoke (2005) classificaram 13 formas distintas de relação de colaboração estratégica entre organizações: (1) relações hierárquicas, (2) atividades conjuntas, (3) investimentos de capital, (4) cooperativas, (5) consórcios de I&D, (6) acordos de cooperação estratégica, (7) anúncios, (8) *franchising* (9), licenciamento (10), redes de subcontratação, (11) grupos de padrões da indústria, (12) conjuntos de ações, (13) relações de mercado.

No contexto das redes que interligam entidades, importa distinguir a colaboração de outras relações mais simples e menos profundas, como a cooperação. Camarinha-Matos e Afsarmanesh

(2006) identificam quatro tipos de relações principais entre entidades, conforme se ilustra na Figura 8.



Figura 8: Quatro tipos de relações principais entre empresas (Camarinha-Matos e Afsarmanesh, 2006)

O nível mais básico de relação é a rede, que envolve a troca de informação e a comunicação para benefício mútuo dos participantes, não sendo requisito que estes partilhem objetivos comuns nem que realizem qualquer tentativa de concertar atividades. No nível seguinte, temos a coordenação, em que as entidades não só trocam informações em rede e comunicam, como também alinham as suas atividades, alterando-as se necessário, para que possam atingir melhores resultados. No entanto, podem ter objetivos independentes, usando os seus recursos de forma individualizada. O nível de cooperação está acima da coordenação e inclui não só a comunicação, troca de informações via rede e o alinhamento de atividades, como também a partilha de recursos para atingir objetivos comuns. Finalmente, no nível superior, temos a efetiva colaboração, em que, de uma forma conjunta, as entidades assumem um objetivo comum e trabalham efetivamente em conjunto, partilhando recursos, responsabilidades, riscos e oportunidades.

As organizações colaborativas em rede (*Collaborative Networked Organizations*, ou CNOs) podem ser definidas como redes colaborativas com uma organização definida e com papéis atribuídos aos seus integrantes (Camarinha-Matos & Afsarmanesh, 2006). Uma organização colaborativa em rede transcende o âmbito de uma simples aliança estratégica, caracterizando-se pela abertura das empresas participantes entre si e pela forma dinâmica como os seus

componentes se ajustam em função da evolução do contexto de operação. Neste sentido, o conceito de rede colaborativa funde-se com a própria organização (Shuman & Twonbly, 2010).

Um ambiente para a criação de organizações virtuais (designado *VBE*, de *Virtual Organization Breeding Environment*) é um tipo de organização colaborativa em rede que representa uma associação de organizações e suas instituições de suporte, que possuam um elevado potencial de colaboração, e que acordem a adoção de princípios comuns ao nível de infraestrutura e operação (Camarinha-Matos & Afsarmanesh, 2003). Num VBE os seus membros preparam-se para o estabelecimento de parcerias, estando a gestão do VBE intimamente ligada à manutenção desse nível de preparação ao longo do tempo (Romero & Molina, 2009; Afsarmanesh & Camarinha-Matos 2005). Estes ambientes promovem a criação de organizações virtuais, em resposta a oportunidades de colaboração, desempenhando o papel de incubadores (Sanchez et al., 2005; Irigoyen et al., 2006; Swierzowicz & Picard, 2009). As organizações virtuais são outro tipo de rede colaborativa, representando uma aliança temporal entre organizações que se associam de forma a agregar competências e recursos para responderem a uma oportunidade associada à colaboração, dissolvendo-se quando essa oportunidade é concretizada (Camarinha-Matos & Afsarmanesh, 2006).

O ciclo de vida de um VBE encontra-se ilustrado na Figura 9.

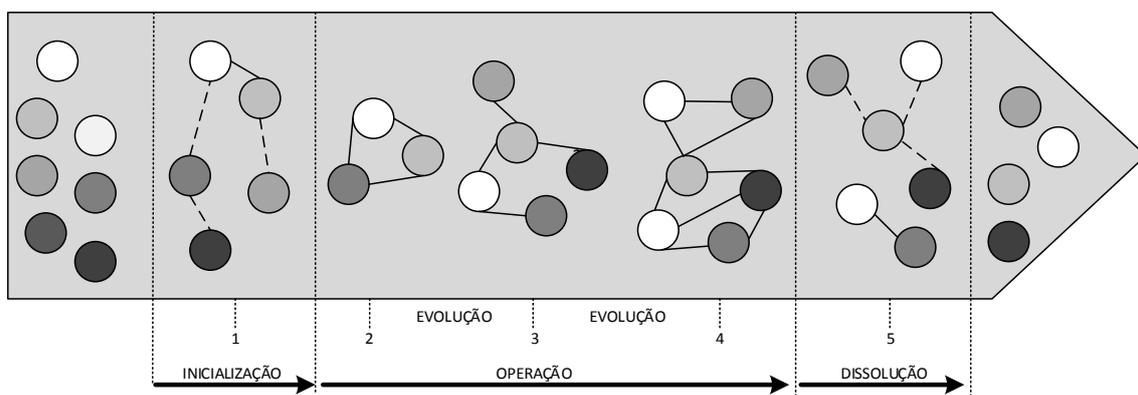


Figura 9: Ciclo de vida de um VBE.

Durante a fase de inicialização, o conjunto de organizações conhecido é submetido a um processo de seleção e recrutamento (1). Uma vez inicializado, tem lugar a fundação do VBE, com a sua estrutura inicial (2). Esta estrutura vai evoluindo ao longo do ciclo de vida do VBE, podendo

ser integradas novas organizações (3), sendo que estas podem já ter interações de negócio prévias entre si. Durante a fase de operação, o VBE pode criar novas organizações virtuais em resposta à detecção de oportunidades. Essas novas organizações virtuais poderão incluir um subconjunto das entidades que integram o VBE, que podem, para o efeito, ser submetidas a um novo processo de seleção. As entidades virtuais podem depois ser dissolvidas, assim que a oportunidade foi capturada, processada e os resultados associados foram concretizados. No que diz respeito ao VBE, a fase de dissolução ocorre quando este é considerado obsoleto, sendo removido (5) e anuladas as ligações suportadas pela infraestrutura criada para esse fim. A dissolução do VBE é um evento raro, sendo o seu tempo de vida prolongado pela sua capacidade de evoluir e se transformar (Camarinha-Matos & Afsarmanesh, 2006).

As redes de colaboração podem ser organizadas em dois grandes grupos: (1) estratégicas ou de longo prazo e (2) orientadas a objetivos de curto prazo, onde se enquadram as empresas virtuais, empresas estendidas e as redes de integração de fornecedores (Camarinha-Matos & Afsarmanesh, 2006). A Figura 10 resume os principais tipos de CNO.

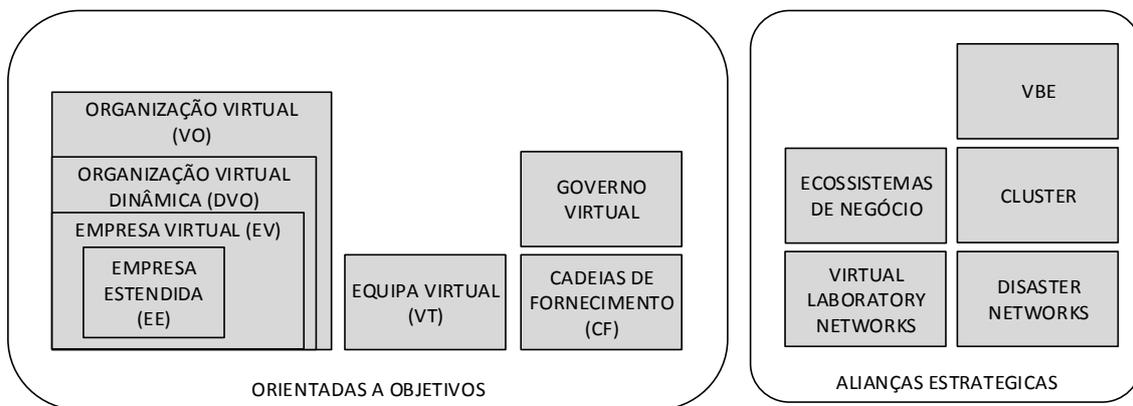


Figura 10: Principais tipos de organizações colaborativas em rede.

Uma empresa virtual representa um caso concreto de uma organização virtual, estando associado a alianças temporárias realizadas entre empresas, tipicamente associado com a realização de operações com fins lucrativos. O termo empresa virtual é habitualmente atribuído a Mowshowitz (1986), que estabeleceu um paralelo entre o conceito e a memória virtual, usada nas tecnologias de informação. Byrne, Brandt e Port (1993) definem empresa virtual como sendo uma rede temporária de empresas independentes que se juntam para partilhar competências, custos e aceder aos mercados de cada uma. Por seu lado, Fischer et al. (1996) complementam a

definição de empresa virtual, como uma cooperação voluntária e temporária de várias empresas autónomas e eventualmente distribuídas geograficamente, que disponibilizam competências, recursos, capacidades e conhecimentos para obtenção de um serviço ou produto. Uma organização virtual dinâmica é também um caso específico de uma organização virtual, sendo caracterizada por um tempo de existência mais reduzido, dissipando-se assim que a oportunidade desaparece. O conceito de empresa estendida (*Extended Enterprise*, ou EE) é um caso particular de uma empresa virtual, considerando-se que ocorre quando a empresa dominante estende a sua fronteira para parte ou para todos os seus fornecedores.

Existem, de forma complementar, outros tipos de organizações colaborativas, nos quais se incluem as equipas virtuais (semelhantes a empresas virtuais, mas integrando pessoas e não organizações), o governo virtual (representando uma aliança entre organizações governamentais que combinam serviços através da rede) e as cadeias de fornecimento (representam redes de fornecedores estáveis, de longa duração) (Camarinha-Matos & Afsarmanesh, 2006).

Ao nível das alianças estratégicas, destacam-se os VBE, na sua missão de aumentar o nível de preparação prévia das organizações para se integrarem em organizações virtuais dinamicamente constituídas para tentar concretizar objetivos comuns. Os *clusters* assumem a missão de incrementarem a cooperação e a colaboração entre os seus membros, mas não resultam na instanciação dinâmica de novas organizações ou empresas virtuais.

Como se referiu, o ciclo de vida de uma empresa virtual é dinâmico, estando relacionado com a captura de uma oportunidade. Apesar de vários autores identificarem diferentes fases do ciclo de vida, eles mapeiam-se em blocos principais, que se enquadram no processo de formação, operação/exploração e dissolução, como se ilustra na Figura 11.

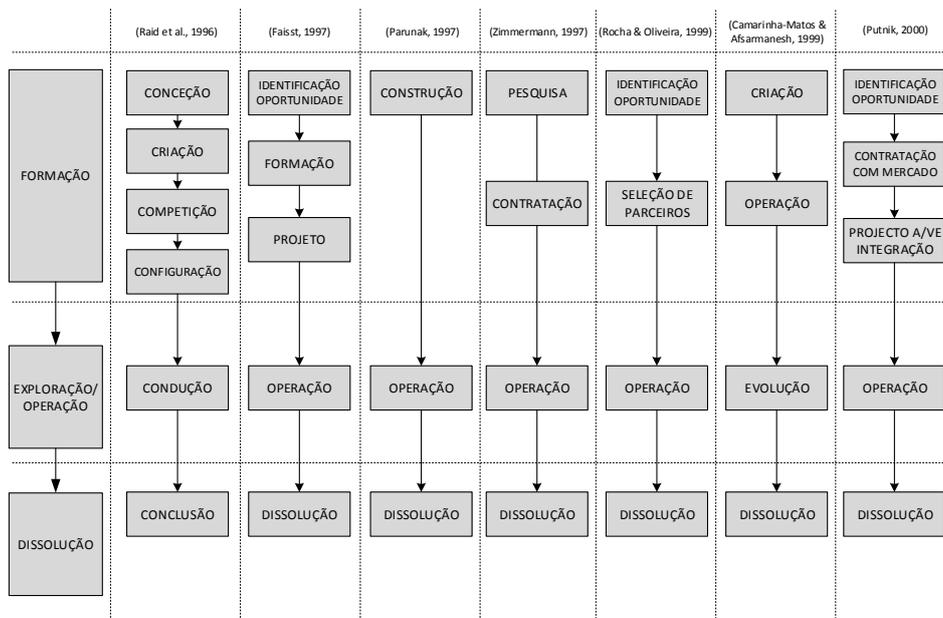


Figura 11: Fases principais do ciclo de vida de uma empresa virtual (ampliado a partir da base de Camarinha-Matos et al, 2003)

Uma cadeia de fornecimento dinâmica e reconfigurável é também uma ferramenta importante para a implementação de empresas virtuais. Mais ainda, torna-se indispensável quando se pretende suportar cenários de customização em massa (ou *mass customization*), em que os produtos são criados numa filosofia “*produzir para encomenda*”, uma abordagem oposta à tradicional acumulação de *stock* de produto para sua disponibilização ao mercado. A sincronização ao nível da cadeia de fornecimento é indispensável para suportar operações focadas no cliente, que consideram as circunstâncias únicas associadas com cada encomenda e cenário de produto, em vez de adotarem mecanismos automatizados de gestão do fluxo de trabalho (frequentemente orientados ao processo, e não ao cliente). Ghiassi e Spera (2003) classificam a gestão sincronizada da cadeia de fornecimento como um paradigma importante para suportar estratégias competitivas para ambientes centrados no cliente. Lu e Wang (2008) referem-se igualmente aos benefícios da sincronização das cadeias de fornecimento em cenários colaborativos.

2.3 Empresas ágeis virtuais

A resposta rápida a alterações no mercado, cada vez mais frequentes, impõe às empresas o desafio de implementar ciclos de vida de produto mais curtos, possibilitando a sua entrada no mercado o mais cedo possível (*time-to-market* reduzido). As empresas são tipicamente forçadas a incluir redesenhos frequentes no ciclo de vida do produto, o que impõe desafios adicionais ao nível

do dinamismo das redes colaborativas em que se insiram. Paralelamente, as empresas virtuais tendem a ter ciclos de vida mais curtos, refletindo, em simultâneo, dinâmicas de reconfiguração mais intensas. Uma empresa virtual pode ter tantas instanciações quanto as necessárias, em função dos requisitos associados a alterações ao nível dos produtos, requisitos de qualidade ou de melhoria de competitividade, para garantir uma resposta continuada às exigências do mercado.

A capacidade de uma empresa virtual de se adaptar em função do contexto em que opera, podendo reconfigurar-se rapidamente, é uma característica essencial das empresas competitivas, segundo Putnik (2001). A capacidade de reconfiguração consiste na capacidade da empresa em se mudar, ao nível organizacional ou processual, de forma célere, em resposta a alterações imprevisíveis no mercado (Cunha & Putnik, 2005b). Uma empresa ágil é capaz de operar, de forma lucrativa, em ambientes competitivos, caracterizados pela mudança, nos quais evoluem e constantemente se alteram oportunidades de negócio (Goldman et al., 1995). A agilidade consiste assim na capacidade de adaptação e reconfiguração rápidas, de forma a responder, de forma eficiente, a alterações do mercado. Esta agilidade não se circunscreve à empresa por si só, mas abrange também o seu relacionamento com outras empresas, sendo designada por agilidade interempresa (Cunha & Putnik, 2006).

Uma Empresa Ágil Virtual (*Agile/Virtual Enterprise* ou A/VE) é um tipo de organização virtual, caracterizado pela capacidade de se reconfigurar dinamicamente, de forma a permitir, em tempo real, e com custo controlado, a integração de recursos, incorporando mecanismos leves e rápidos para a sua adequação estrutural em função do ambiente e do contexto de negócio (Cunha, Putnik & Ávila, 2000; Cunha & Putnik, 2002; Cunha & Putnik, 2005a). As empresas ágeis virtuais são capazes de se reconfigurarem continuamente, ou seja, de alterarem, de forma rápida, a sua organização ou estrutura, em função da evolução do mercado, do desempenho dos seus membros e das oportunidades associadas. Para o conseguirem, necessitam de ser capazes de (1) ter acesso flexível e imediato aos recursos ótimos para integrar na A/VE; (2) usufruir de funções de suporte à negociação, desenho, gestão da produção e gestão de negócio, independentemente de condicionantes geográficas; (3) minimizar o tempo e o esforço de reconfiguração (Cunha et al., 2008).

O modelo de A/VE assenta assim em redes colaborativas reconfiguráveis, com prestações elevadas, forte orientação temporal e elevado foco no custo e na qualidade, promovendo um alinhamento permanente com o mercado, suportado por tecnologias de informação e de comunicação. A interconetividade e a capacidade de reconfiguração são duas características

essenciais numa A/VE, enquanto elementos de suporte à sua operação. A dinâmica de reconfiguração depende de dois aspetos críticos: a redução dos custos de reconfiguração/transacionais e a capacidade de prevenir fugas de informação privada (Cunha & Putnik, 2002; Cunha et al., 2000; Putnik, 2000a). Os custos transacionais estão associados com a pesquisa de recursos, sua seleção, negociação e integração, bem como com a monitorização permanente e avaliação do desempenho dos parceiros. A preservação do conhecimento da empresa ao nível dos processos de gestão e organizacionais é igualmente crítico, uma vez que se tratam de fatores de competitividade muito importantes.

A formação e a operação de uma empresa ágil virtual requerem a existência de uma plataforma tecnológica de gestão da informação e comunicação adequadas (Cunha et al., 2008), podendo esta ser suportada, parcialmente, por algumas das tecnologias existentes, nomeadamente por ambientes baseados na Internet (Chen et al., 2009; Lu & Wang, 2008; Malucelli et al., 2004; Ghiassi & Spera, 2003). No entanto, a dinâmica de reconfiguração só pode ser assegurada em ambientes que possibilitem a gestão, o controlo, a criação, a operação e a configuração de forma plena. Um destes ambientes é o mercado de recursos, concebido para suportar a criação, integração, operação, reconfiguração e dissolução de empresas ágeis virtuais (Cunha & Putnik, 2005c; Cunha et al., 2005; Cunha & Putnik, 2003a; Cunha & Putnik, 2003b). O mercado de recursos consiste no ambiente que viabiliza a existência da empresa virtual e permite gerir a sua configuração de forma eficiente, assegurando a sua virtualização, com custos de transação baixos e risco reduzido de fugas de informação. Este ambiente pretende satisfazer os requisitos de competitividade das empresas virtuais ao nível do seu alinhamento e integração dinâmica, disponibilizando: (1) a informação necessária para a seleção, negociação e integração de recursos para empresas virtuais; (2) funções de suporte à gestão da sua operação; (3) procedimentos de formalização e contratualização para assegurar a confiança, empenho, responsabilidade e alinhamento entre participantes (Cunha & Putnik, 2005c). Assenta, ao nível operacional, num serviço de intermediação baseado na Internet, através do qual é publicada a oferta e a procura de recursos. Estes recursos irão integrar, de forma dinâmica, a empresa virtual. Para suportar esta operação é utilizada (1) uma base de conhecimento de recursos, que incorpora informação sobre os recursos existentes e resultados da integração de recursos em empresas virtuais anteriores; (2) um serviço de intermediação e regulação; (3) informação representada de forma normalizada; e (4) ferramentas e algoritmos computacionais (Cunha & Putnik, 2005c; Cunha et al., 2005).

Um modelo de referência consiste numa arquitetura de *software* que posiciona um conjunto de tecnologias, identificando quais as necessárias para concretizar um objetivo, bem como a forma como se interligam (NIIP, 1996). Putnik (2001) propôs o BM_VEARM (*BM_Virtual Enterprise Architecture Reference Model*), um modelo de referência para a arquitetura de empresas virtuais. O BM_VEARM baseia-se num modelo de arquitetura hierárquico multinível, inicialmente formalizado por Mesarovic, Macko e Takahara (1970), e posteriormente ampliado por Putnik (2001) para aplicação aos processos associados às empresas virtuais. A Figura 12 representa a sua instanciação base, na qual o modelo é representado por uma hierarquia de três níveis. O nível de controlo superior (nível i , de gestão) comunica com o nível inferior (nível $i+2$, de execução/agente) através de um nível de gestão de recursos (nível $i+1$). Em qualquer altura o gestor de recursos pode reavaliar e reconfigurar a estrutura da organização. Tal significa que a reconfiguração é suportada durante a operação, de uma forma dinâmica.

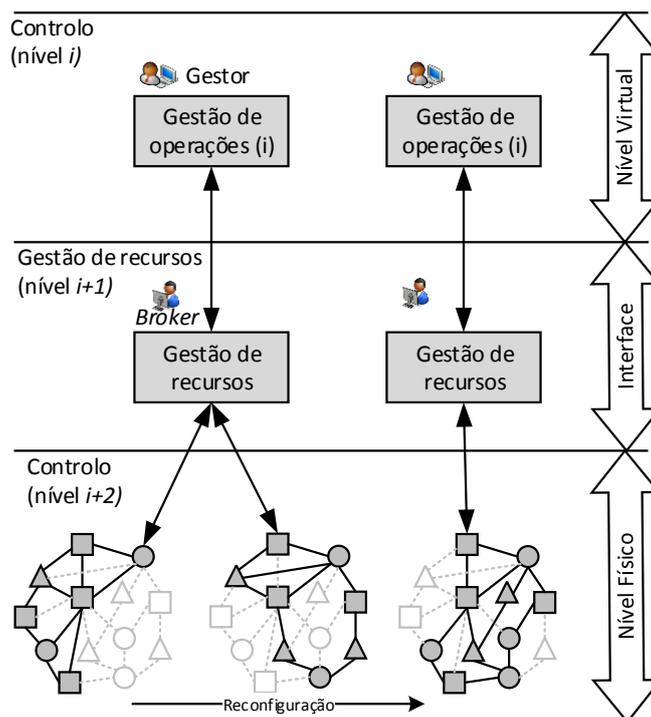


Figura 12: Modelo de arquitetura hierárquico multinível do BM_VEARM (Putnik, 2001).

Um recurso é um serviço, função ou operação fornecido por empresas independentes, candidatas a integrar a empresa virtual, podendo ser classificado como primitivo ou complexo. Os

recursos complexos são construídos a partir de combinações de recursos primitivos, de forma recursiva. Uma empresa é uma fornecedora de recursos quando contratada por outra empresa para realizar um qualquer serviço ou fornecer um produto necessário para a mesma (Cunha & Putnik, 2006). No contexto do BM_VEARM, um dos principais requisitos para uma empresa virtual é a capacidade de aceder a recursos candidatos, potencialmente heterogéneos (ou seja, não sendo cumpridores dos mesmos standards), negociando-os e integrando-os de forma eficiente.

O modelo de referência BM_VEARM foi proposto para suportar as principais características das empresas virtuais: (1) agilidade, (2) virtualização, (3) interoperabilidade, (4) distributividade. A agilidade é implementada recorrendo ao já referido gestor de recursos (*broker*), existente entre cada par de níveis de controlo. O gestor de recursos é responsável por (1) selecionar recursos, incluindo a sua identificação, negociação e seleção; (2) integrar recursos, incluindo a planificação de processos, a definição de formatos e a implementação dos canais de comunicação; (3) remover ou alterar recursos existentes, ou integrar novos recursos; (4) monitorizar e controlar recursos (Putnik, 2001). O gestor de recursos assume assim a responsabilidade pela gestão da configuração/ reconfiguração dinâmica da organização, permitindo a sua adaptação, de forma rápida e ágil, a alterações do mercado.

Ao funcionar como interface entre a camada de controlo de nível i (gestor), e a camada de controlo de nível $i+2$ (agente), o gestor de recursos assume-se também como canal de comunicação entre os níveis de controlo adjacentes. Implementa, desta forma, uma camada de abstração entre os níveis de controlo, na medida em que estes (gestor e agente) não se comunicam diretamente, conforme se pode ver na Figura 12. Desta forma, contribui para a virtualização da empresa, possibilitando a transição de uma infraestrutura física (instância) para outra (virtualizada), de tal forma que a empresa ou o dono do processo não é afetado pela reconfiguração do sistema, e pode nem sequer se aperceber que a mesma aconteceu (a infraestrutura de serviços subjacente e o processo de reconfiguração são encapsulados).

A interoperabilidade consiste na capacidade da empresa aceder, negociar e integrar, de forma eficiente, recursos existentes dentro e fora da organização. Estes recursos são potencialmente heterogéneos, podendo divergir nos padrões de comunicação implementados. A interoperabilidade é implementada no BM_VEARM através dos mecanismos de integração que estabelecem a ponte entre os níveis de controlo e os níveis de gestão de recursos (como se ilustra na Figura 13).

A distributividade consiste na capacidade da empresa de operar e integrar os recursos necessários remotamente, de forma eficiente e em tempo real. A capacidade de gerir eficientemente objetos espacialmente distribuídos está associada ao conceito de “empresa distribuída”, sendo caracterizada por Putnik et al. (1998) como uma empresa cuja operação não depende da distância física entre os elementos que a integram. No BM_VERAM, a distributividade é suportada pela utilização de tecnologias de comunicação, permitindo o acesso facilitado a recursos distribuídos.

A Figura 13 ilustra os três níveis da estrutura elementar do modelo de referência BM_VEARM, estando os três níveis interligados por uma camada de integração. No nível de controlo i , após a receção do comando C_i é iniciado F_i . F_i inicia com um estímulo externo (X_i) e produz uma resposta (Y_i), após receber W_i .

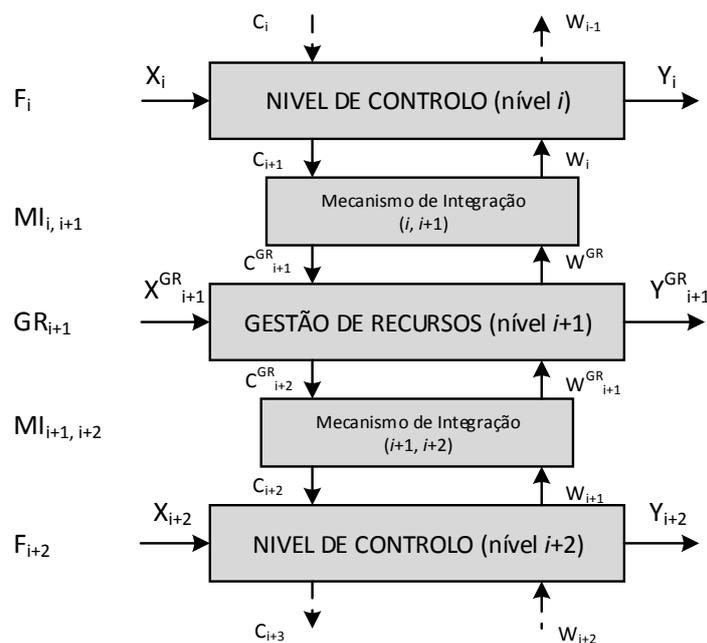


Figura 13: Estrutura elementar do BM_VEARM (Putnik, 2001)

O nível de gestão de recursos é responsável pela reconfiguração, nomeadamente pela substituição de fornecedores/ recursos, podendo esta ocorrer essencialmente devido a três motivos (Cunha & Putnik, 2002; Cunha et al., 2000):

- a) Reconfiguração durante o ciclo de vida da rede, que pode ocorrer como consequência do redesenho de produto no contexto do seu ciclo de vida, de forma a manter a rede alinhada com os requisitos de mercado;
- b) Reconfiguração como consequência da natureza da fase particular do ciclo de vida de um produto (fases de evolução);
- c) Reconfiguração como consequência da avaliação do desempenho dos recursos numa instanciação da rede, ou voluntariamente pela rescisão dos recursos participantes, que manifestem vontade de deixar de pertencer à mesma.

Os requisitos de configuração dinâmica são essenciais para implementar uma empresa virtual ágil, uma vez que esta deve permitir aos parceiros de negócio agirem como uma organização integrada, suportando-os nos processos de tomada de decisão, e adequando-se às especificidades evolutivas de cada contexto.

Os modelos dinâmicos de organização, como o modelo BM_VEARM, representam igualmente soluções para a criação de produtos com elevado nível de personalização, produzidos em séries pequenas, em ambientes competitivos, caracterizados pela mudança constante, nos quais o alinhamento com a estratégia de negócio é crucial. A estabilidade das parcerias pode ser baixa (por vezes até muito baixa), a dependência entre parceiros é baixa, e a dinâmica de reconfiguração deve ser a mais elevada possível. A monitorização permanente da estrutura é necessária, de forma a traduzir a solução competitiva mais vantajosa em cada momento do ciclo de vida do produto (Putnik, 2001). O ambiente de mercado de recursos integra os mecanismos de monitorização, avaliação de desempenho, análise de resultados operacionais e suporte à tomada de decisão, permitindo a reação rápida a alterações nas métricas observadas.

2.4 Seleção de parceiros e fornecedores

A seleção de fornecedores é um dos componentes chave da função de aquisição numa empresa (Cheraghi et al., 2001), assumindo ainda maior relevância no contexto das redes colaborativas e organizações virtuais. De uma forma mais geral, a seleção dos melhores parceiros de negócio para criar uma rede colaborativa pode ser considerado um dos desafios principais para a criação de organizações virtuais (Afsarmanesh et al., 2011) O objetivo da seleção de fornecedores é a identificação dos fornecedores que tenham o maior potencial de satisfazer as necessidades da empresa com um custo aceitável, e de forma consistente (Pang e Bai, 2011). A avaliação de

fornecedores ou parceiros envolve classificar o seu valor através da medição do seu desempenho ao nível dos critérios selecionados (Thiruchelvam & Tookey, 2011). A avaliação e seleção de fornecedores e parceiros requerem assim a definição de um conjunto base de critérios de avaliação, que é usado para comparar os candidatos e selecionar os que estão mais bem posicionados.

O problema da seleção de fornecedores ou parceiros pode ser visto como um problema de decisão múlticritério, no qual as empresas expressam as suas preferências com respeito aos seus parceiros. O processo de tomada de decisão consiste na identificação de alternativas e na sua escolha, com base no nível de adequação aos objetivos, valores e desejos do tomador de decisão (Harris, 1980).

De acordo com Baker et al. (2001), o processo de decisão deve começar com a identificação do decisor e dos restantes participantes relevantes, de forma a diminuir o possível desentendimento acerca da definição do problema, requisitos, objetivos e critérios. Depois, pode ser executado em oito passos distintos, apresentados na Tabela 4.

Tabela 4: Passos do processo de tomada de decisão. (Baker et al., 2001)

Passo	Descrição	Objetivo
1	Definir o problema	Expressar o problema de forma clara e objetiva.
2	Determinar os requisitos	Definir as condições às quais qualquer solução aceitável terá que obedecer. Expressas na forma de condicionantes.
3	Estabelecer os objetivos	Definir desejos e ambições, que complementam os requisitos. Expressos na forma de objetivos, complementando as condicionantes definidas.
4	Identificar as alternativas	Obter lista de alternativas possíveis, eliminando todas as que sejam inviáveis.
5	Identificar critérios	Definir conjunto de critérios que permita discriminar as alternativas e compará-las. Os critérios devem ser preferencialmente não redundantes, e independentes.
6	Selecionar uma ferramenta de tomada de decisão	Selecionar e usar ferramenta de avaliação para classificar as soluções possíveis.
7	Avaliar alternativas usando os critérios	Definir uma lista ordenada (<i>ranking</i>) das soluções, avaliando cada de acordo com os critérios definidos, de forma objetiva (factual) ou subjetiva (baseada no julgamento do avaliador).
8	Comparar soluções com a definição do problema	As alternativas selecionadas devem sempre ser validadas e comparadas com os requisitos e objetivos do problema de tomada de decisão, a fim de garantir a sua conformidade.

Um problema de decisão assenta tipicamente na avaliação de um critério ou de múltiplos critérios com vista à escolha da melhor alternativa. Quando assente na avaliação de um critério único ou numa medida agregada (como o custo), a decisão pode ser feita determinando qual a alternativa com o maior valor. Neste caso temos a forma clássica de um problema de otimização: a função objetivo é o critério único, e as condicionantes são os requisitos associados às alternativas. Diferentes técnicas de otimização podem ser usadas para obter a solução, como programação linear, programação não linear, otimização discreta, entre outras (Nemhauser et al., 1989). Nos casos em que temos múltiplos critérios, potencialmente em conflito entre si, estamos perante um problema de decisão multicritério (*multi-criteria decision making*, ou MDCM). Rao (2007) classifica os problemas de decisão multicritério em duas categorias distintas: problemas de decisão multiatributo (*multiple attribute decision making*, ou MADM) e problemas de decisão multiobjetivo (*multiple objective decision making*, ou MODM). Os métodos MODM têm as variáveis de decisão num domínio contínuo com um número infinito ou elevado de escolhas possíveis, enquanto nos métodos MADM se avalia um número finito e limitado de alternativas (Triantaphyllou, 2002). O problema da seleção de parceiros de negócio ou fornecedores pode ser considerado um problema de decisão multiatributo, através do qual as empresas expressam as suas preferências com respeito aos seus parceiros e os avaliam, com vista à sua seleção. Nestes casos, a complexidade do processo de tomada de decisão é aumentada pela necessidade de considerar múltiplos critérios, em relação aos quais os fornecedores/ parceiros têm diferentes níveis de desempenho (Sucky, 2005).

2.4.1 Critérios de seleção de fornecedores e parceiros

A avaliação de desempenho dos fornecedores ou parceiros candidatos pressupõem a seleção de um conjunto de critérios de avaliação que reflitam os desejos, objetivos e motivações do decisor. A definição deste conjunto de critérios é fundamental para consolidar a base da avaliação, sendo que a escolha de critérios inadequados pode induzir em erro o decisor (motivando a escolha de alternativas não ótimas), e resultar também no desperdício de tempo e de recursos (Celebi & Bayraktar, 2008).

Caplice e Sheffi (1994) propõem um modelo de avaliação do desempenho das métricas usadas para avaliação no domínio da logística. Os autores compararam diferentes alternativas

para avaliação de métricas propostas em diferentes artigos, e consideraram relevantes os critérios apresentados na Tabela 5.

Tabela 5: Critérios para análise de métricas de avaliação (Caplice & Sheffi, 1994)

Critério	Descrição
Validade	Em que medida a métrica captura as atividades e eventos sendo medidos.
Robustez	Em que medida a métrica é interpretada de forma semelhante pelos utilizadores, é comparável ao longo do tempo, da localização e da organização, e em que medida é repetível.
Utilidade	Em que medida a métrica é perceptível para o decisor e se lhe providencia um guia para agir.
Integração	Em que medida a métrica inclui todos os aspetos relevantes do processo e promove a coordenação através das várias funções e divisões da cadeia de aprovisionamento.
Economia	Em que medida os custos de obtenção da métrica (recolha de dados, análise e partilha) são ultrapassados pelos benefícios associados.
Compatibilidade	Em que medida a métrica é compatível com a informação, os materiais e os fluxos dentro da organização.
Nível de detalhe	Em que medida a métrica providencia um nível de detalhe ou de agregação suficiente para ser útil ao decisor.
Solidez comportamental	Em que medida a métrica retrai a realização de ações de viciação contra-produtivas por parte das pessoas ou organizações a serem avaliadas. Relacionada com a forma como a métrica é apresentada e em que medida a métrica pode influenciar comportamentos.

Caplice e Sheffi (1994) consideram ser muito difícil desenhar critérios que tenham muito bons resultados em todos estes níveis de avaliação. Os autores sublinham que os primeiros quatro critérios tendem a estar interconectados, enquanto os quatro últimos são mais independentes. Consideram também que métricas mais abrangentes e inclusivas são tendencialmente menos úteis e que, por outro lado, métricas mais detalhadas e complexas tendem a ser mais difíceis de comparar.

É igualmente importante ter em conta que a utilização de múltiplos critérios acarreta o risco de interferência entre os mesmos. Por exemplo, a utilização do critério de avaliação “Custo” de forma continuada pode causar a degradação do critério “Qualidade” para um fornecedor apostado em obter uma melhor classificação ao nível dos preços que pratica. Este risco de interferência entre os critérios foi analisado por Mandal e Deshmukh (1993), tendo os autores proposto que o avaliador se foque primeiro em critérios independentes (como capacidade técnica), e avalie depois critérios dependentes, como preço (que pode ser efeito de critérios como prazo de entrega, qualidade e suporte pós-venda, entre outros).

A identificação e análise dos critérios de avaliação para seleção de fornecedores têm sido foco de vários trabalhos de investigação. Dickson (1966) conduziu um inquérito a cerca de 300 organizações comerciais, solicitando aos decisores dos departamentos de compras que identificassem fatores que consideravam relevantes para a seleção de fornecedores. Após análise dos resultados, propôs um conjunto de vinte e três atributos para avaliação e seleção de fornecedores, como se ilustra na Tabela 6.

Tabela 6: Critérios relevantes para a avaliação de fornecedores de acordo com Dickson (1966).

Critério de avaliação	Importância	Critério de avaliação	Importância
1 Qualidade	Extrema	13 Gestão e organização	Média
2 Entrega	Considerável	14 Controlos de operação	Média
3 Histórico de desempenho	Considerável	15 Serviço de reparação	Média
4 Garantias e políticas de reclamação	Considerável	16 Atitude	Média
5 Instalações produtivas e capacidade	Considerável	17 Impressão	Média
6 Preço	Considerável	18 Qualidade do embalamento/entrega	Média
7 Capacidade técnica	Considerável	18 Registo de relações laborais	Média
8 Posição financeira	Considerável	20 Localização geográfica	Média
9 Compatibilidade com procedimentos	Média	21 Valor dos negócios realizados no passado	Média
10 Sistema de comunicação	Média	22 Ajudas à formação/treino	Média
11 Reputação e posição na indústria	Média	23 Acordos recíprocos	Baixa
12 Desejo para a realização de negócio	Média		

Weber et al. (1991) complementaram o trabalho de Dickson, tendo revisto um conjunto de setenta e quatro artigos de investigação, publicados entre 1966 e 1990, com o objetivo de criar uma visão atualizada e integrada dos critérios considerados relevantes para a seleção de fornecedores. Os autores concluíram que qualidade, entrega, preço, localização geográfica, instalações produtivas e capacidade tinham a si atribuída prioridade elevada por parte de muitas empresas inquiridas. Por outro lado, concluíram que flexibilidade, consistência, fiabilidade e relacionamentos de longo prazo eram novas entradas na lista dos fatores mais importantes para avaliação de novos fornecedores. Adicionalmente, concluíram também que critérios como controlos de operação, qualidade do embalamento e envio, ajudas à formação/treino, desejo para a realização de negócio e garantias e políticas de reclamação já não eram tão relevantes no mesmo contexto.

Ellram (1990) destacou a necessidade de usar dados qualitativos e de longo prazo, como, por exemplo, “compatibilidade estratégica” e “disponibilidade para a partilha de informação” como complemento dos critérios tradicionais, como preço e qualidade. O autor sublinha que a predisposição do fornecedor para a partilha de informação e para a cooperação têm um impacto muito elevado no seu desempenho e na sua relação com o comprador, sendo este indicador, no entanto, muitas vezes classificado como menos importante que os critérios chave tradicionais, como o preço.

Swift (1995) analisou vinte e um atributos para a seleção de fornecedores usados em processos de seleção de fonte única, e comparou-os com os atributos usados para a seleção de múltiplas fontes (ou seja, múltiplos fornecedores). Encontrou diferenças entre os dois cenários, ao nível da importância relativa atribuída a critérios como o preço, fiabilidade do produto, disponibilidade de serviços de assistência técnica.

A proposta de Weber et al. (1991) foi refinada por Choi e Hartley (1996). Os autores focaram-se na indústria automóvel, tendo comparado as práticas de seleção de fornecedores baseando-se num inquérito realizado com empresas em diferentes níveis da indústria. Concluíram que o preço é um dos critérios menos importantes, enquanto que, pelo contrário, o potencial de uma relação de colaboração de longo prazo é muito importante. Por outro lado, desagregaram critérios como a qualidade, em subcritérios de nível mais granular.

O trabalho de Choi e Hartley (1996) e de Ellram (1990) foi mais tarde complementado por Sarkis e Talluri (2002), que propuseram um modelo para a avaliação e seleção de fornecedores que considera critérios estratégicos, operacionais, tangíveis e intangíveis.

Cheraghi, Mohammad e Muthu (2001) complementaram o trabalho de Dickson (1966) e Weber et al. (1991). Focaram-se num período de análise mais alargado (o estudo de Weber estava limitado ao período entre 1966 e 1990), tendo revisto mais de 110 artigos de investigação publicados entre 1990 e 2001, de forma a analisar as alterações na importância relativa dos critérios de avaliação. Concluíram que a competição e a globalização introduziram novos critérios. A fiabilidade, flexibilidade, consistência e relações de longo prazo foram identificados como novas entradas para a lista de fatores críticos de sucesso para a seleção de fornecedores. De acordo com os autores, os critérios de avaliação de fornecedores vão continuar a evoluir baseados numa definição de excelência cada vez mais ampla. Esta definição inclui aspetos tradicionais de avaliação de desempenho, como a qualidade, o cumprimento de prazos e condições de entrega e o preço, em adição a aspetos não tradicionais e evolutivos, como a comunicação JIT (*just in time*), melhorias de processo e gestão da cadeia de fornecimento.

Kannan (2002) realizou um estudo exaustivo, incidindo sobre quatro mil e quinhentas empresas (48% das quais fabricantes de produto final, e 18% de fabricantes de materiais e componentes) para determinar o impacto que o processo de avaliação de fornecedores tinha no seu desempenho ao nível do negócio. Após a emissão do inquérito inicial, o autor obteve quatrocentas e onze respostas que analisou. A Tabela 7 ilustra os critérios mais usados para a avaliação continuada dos fornecedores de acordo com as respostas recebidas. O autor conclui que critérios qualitativos como “compromisso com o comprador” têm um grande impacto na prestação do fornecedor, maior até do que o impacto de critérios quantificáveis mais comuns, em linha com as conclusões de Ellram (1990).

Tabela 7: Critérios de avaliação mais usados para avaliação de fornecedores de acordo com estudo de Kannan (2002).

Posição	Critério
1	Nível de qualidade.
2	Nível de serviço.
3	Entrega atempada.
4	Resposta rápida em caso de problemas ou pedidos especiais.
5	Flexibilidade na resposta a alterações não esperadas ao nível da procura.
6	Quantidades corretas.
7	Preço/custo do produto.
8	Disponibilidade para alterar os seus produtos ou serviços para satisfazer as necessidades do comprador.
9	Capacidade de comunicação.
10	Disponibilidade para participar no desenvolvimento de novos produtos.
11	Presença de certificados ou outra documentação.
12	Disponibilidade para a partilha de informação sensível.
13	Utilização de troca de dados eletrónica (EDI ou <i>Electronic Data Interchange</i>).

Handfield et al. (2002) focaram-se na dimensão ambiental, tendo considerado critérios de avaliação específicos para seleção de fornecedores. O seu objetivo foi ajudar os gestores a perceberem as relações de troca entre a dimensão ambiental e os critérios de avaliação adotados.

Saarkar e Mohapatra (2006) avaliaram a capacidade para satisfazer os requisitos do comprador ao nível de critérios de curto prazo (desempenho) e o seu potencial de elevação para benefício do comprador (capacidade) como as duas dimensões chave de um fornecedor.

Sucky (2005) sublinha a necessidade de as decisões estratégicas de seleção de fornecedores terem uma orientação de longo prazo devido à necessidade de serem assumidos compromissos mútuos entre os parceiros, de existirem custos fixos relacionados com a seleção de um novo fornecedor e de haver um custo significativo de substituição de um fornecedor por outro. O autor considera que é importante que o processo de avaliação e de seleção leve em conta estes custos.

Mei-Ying Wu e Yung-Chien Weng (2010) focaram-se nos fatores classificados pelos fabricantes de alta-tecnologia como sendo chave na seleção de fornecedores. Analisaram as relações entre oito critérios de seleção de fornecedores (capacidade de resposta ao nível do preço, capacidade de gestão da qualidade, capacidade tecnológica, capacidade de entrega, flexibilidade, capacidade de gestão, imagem comercial e capacidade financeira).

Ho, Xu e Dey (2010) realizaram uma análise às publicações científicas focadas no processo de seleção de fornecedores. Um dos objetivos do estudo foi determinar quais os critérios de avaliação mais populares para suportar a seleção de fornecedores. Do total de 78 artigos analisados, 87.18% (68) consideraram o critério “qualidade” como um dos mais importantes. Na prática, diferentes critérios granulares podem ser associados ao critério global qualidade, incluindo rejeição por parte dos consumidores, rácio de produtos rejeitados após inspeção, número de faturas recebidas sem erros, qualidade do envio e vários outros. Do mesmo universo de artigos, 82.05% (64) incluem na lista dos critérios mais importantes o critério de “entrega”. Para a sua quantificação são usados critérios granulares, que incluem, por exemplo, atrasos na entrega, cumprimento dos requisitos de entrega, *lead time*, tempo total entre encomenda e entrega final, erros de entrega e outros. O preço/custo é apontado como um dos critérios mais importantes em 80.77% dos artigos (64 do universo de 78). Uma das conclusões claras do estudo é a de que a utilização de um único critério, como preço, não permite realizar um processo de avaliação sólido e robusto, pelo que os métodos de avaliação de critério único não são adequados.

2.4.2 Métodos de avaliação de fornecedores e parceiros

Como foi referido anteriormente, a complexidade associada à seleção de fornecedores é incrementada devido ao facto de ser necessário considerar múltiplos critérios no processo de decisão (Weber et al., 1991), sendo o problema de seleção de fornecedores ou parceiros um problema de decisão multicritério (MCDM - *Multi-Criteria Decision Making*) (Liaoa e Rittscherb, 2007; Ho et al., 2010), mais concretamente um problema de decisão multiatributo (Pand e Bai, 2011). Existem várias técnicas MCDM que podem ser aplicadas para resolver o problema de seleção de fornecedores ou parceiros de acordo com um conjunto de critérios. De Boer, Labro e Marlacchi (2001) compilaram uma lista extensa de métodos de seleção de fornecedores de acordo com o seu posicionamento no problema de decisão (formulação do problema, formulação de critérios, qualificação e seleção final).

O método SAW (*Simple Additive Weighting*), também chamado de método da soma pesada (Fishbrun, 1967), é um dos métodos mais simples e mais amplamente utilizado para a resolução de problemas MCDM. Neste método, cada alternativa é avaliada no contexto de cada critério de decisão, possuindo cada um dos critérios um peso associado. A soma de todos os pesos

associados a todos os critérios é igual a um. Uma vez calculados os valores de classificação para cada critério, é calculada a soma pesada para obter a classificação final para cada fornecedor.

O método do produto pesado WPM (*Weighted Product Method*) (Miller & Starr, 1969) usa uma abordagem de cálculo distinta, elevando cada valor de classificação de cada alternativa para cada um dos critérios à potência correspondente ao peso relativo do critério associado.

Saaty (1980) propôs o processo analítico hierárquico (*analytical hierarchy process*, ou AHP), um dos métodos mais populares para a resolução de problemas MCDM. Este método foi aplicado no contexto da avaliação e seleção de fornecedores por múltiplos investigadores ao longo dos anos (Nydyck & Hill, 1992; Barbarosoglu & Yazgac, 1997; Yahya & Kingsman, 1999; Massella & Rangoue, 2000; Tam & Tummala, 2001; Lee et al., 2001; Handfield et al., 2002; Bhutta & Huq, 2002; Sucky, 2005; Pi & Low, 2006; Tahiri et al., 2008). O método baseia-se na decomposição do problema de tomada de decisão em vários níveis hierárquicos (objetivos, critérios e alternativas), em que as variáveis de um nível se relacionam com as variáveis de outro nível hierárquico. São usadas comparações par a par entre os vários critérios para determinar a escala de prioridades, recorrendo à avaliação de especialistas. A necessidade de proceder a comparações interativas pelos utilizadores faz com que o AHP seja um método pesado em termos de tempo e de alocação de recursos.

Belton e Gear (1983) propuseram o processo analítico hierárquico revisto (RAHP, ou *Revised Analytic Hierarchy Process*). Na sua abordagem cada valor de classificação é dividido pelo maior dos valores no vetor correspondente. A alteração foi proposta para evitar que a classificação/ordenação das alternativas existentes fosse alterada ao ser adicionado um valor não ótimo. Os autores ilustraram o problema com um exemplo numérico AHP, no qual a classificação das alternativas resultantes da comparação entre os pares de resultados obtidos era revertida quando se adicionavam novas alternativas cujo valor era não ótimo. Barzilai e Lootsma (1994) e Lootsma (1999) propuseram o processo analítico hierárquico multiplicativo (MAHP, ou *Multiplicative Analytic Hierarchy Process*), no fundo uma versão multiplicativa do AHP.

O método TOPSIS (*Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution*) foi proposto por Hwang e Yoon (1981). O método baseia-se no conceito de que a alternativa a escolher deve ter a distância Euclidiana mais curta a partir da solução ideal, e a distância mais longa a partir da solução ideal negada. A solução ideal teria o valor máximo em todos os critérios, a solução ideal negativa teria o valor mínimo nos mesmos critérios. Deng, Yeh e Willis (2000) propuseram

uma versão modificada do TOPSIS, usando distâncias Euclidianas pesadas, em vez de criarem uma matriz de decisão pesada. Chen, Lin e Huang (2006) ampliaram mais tarde o modelo TOPSIS clássico para que pudessem ser usadas avaliações linguísticas em vez de valores numéricos. Os autores converteram a matriz de decisão clássica numa matriz difusa (usando lógica *fuzzy*), tendo adicionado uma matriz de decisão *fuzzy* pesada.

O processo analítico em rede (ANP, ou *Analytical Network Process*) (Saaty, 1996; Sarkis e Talluri, 2000) é uma generalização do AHP e amplia o leque de cenários no qual pode ser aplicado. A decomposição em níveis hierárquicos é ampliada para que as variáveis de um nível se relacionem não só com as variáveis do próximo nível mas também entre si. São assim estabelecidas redes que suportam a representação das interdependências entre critérios. Ao depender de comparações par a par para medir os pesos dos componentes de rede, o ANP é ainda um processo pesado em termos de consumo de tempo. Shyur e Shih (2006) propuseram um Sistema híbrido de cinco passos usando ANP e TOPSIS para a seleção de fornecedores estratégicos. Usaram ANP em vez de AHP para endereçar a interdependência dos atributos em avaliação e definir os pesos associados.

Charnes, Cooper e Rhodes (1978) introduziram o DEA (*Data Envelopment Analysis*) como sendo um “modelo de programação matemática aplicado a dados observados, que providencia uma nova forma de obter estimativas empíricas em relacionamentos” – como as funções de produção e as gamas de produção considerada “eficiente”. Mais tarde, Charnes, Cooper, Lewin e Seiford (1995) sondaram a utilização dos modelos e aplicações do DEA, incluindo o suporte computacional associado. Khouja (1995) propôs a utilização do DEA para suportar o processo de seleção de tecnologia. Mais tarde, o DEA foi aplicado à seleção de fornecedores por Weber (1996). O autor avaliou seis empresas que forneciam um produto a um fabricante de alimentação para bebês, mostrando como podiam ser atingidos acréscimos de qualidade e redução de custos, mantendo em paralelo a prestação ao nível da entrega. Baker e Talluri (1997) propuseram uma metodologia alternativa, apresentando uma análise mais robusta à eficiência do DEA. O seu trabalho foi mais tarde usado por Braglia e Petroni (2000), que conduziram um inquérito a oitenta e nove empresas industriais em Brescia e aplicaram o DEA para medir a prestação dos seus fornecedores. Liu et al. (2000) propuseram uma versão simplificada do DEA para avaliar o desempenho de fornecedores, usando três critérios de entrada (índice de preços, prestação ao nível da entrega e fator de distância), e dois critérios de saída (variedade do fornecimento e qualidade).

Appalla (2003) propôs uma abordagem aumentada ao DEA ao introduzir um fornecedor “virtual” ótimo (o “*Virtual best Supplier*”), que define a fronteira para a eficiência, de modo a suportar uma melhor diferenciação entre fornecedores eficientes e ineficientes. Wu et al. (2007) ampliaram depois o modelo, propondo o AIDEA (*Augmented Imprecise DEA*). Adotaram o conceito do “*virtual best supplier*”, conforme proposto por Appalla (2003), e melhoraram o modelo de forma a suportar a imprecisão ao nível dos dados dos fornecedores.

O raciocínio baseado em casos (CBR ou *Case-Based-Reasoning*) foi também proposto para suportar a avaliação e seleção de fornecedores (Aamodt e Plaza, 1994). Um sistema CBR resolve problemas tentando adaptar soluções previamente utilizadas para resolver problemas anteriores, em função do seu contexto. Os problemas anteriores e respectivas soluções são encapsuladas numa estrutura definida (caso) e armazenados num repositório. Quando um novo problema é encontrado, os casos mais similares são retirados do repositório e as suas soluções são usadas (ou modificadas) para fazerem frente ao novo desafio. Ng e Skitmore (1995) usaram o CBR para suportar a tomada de decisão ao nível da préqualificação de fornecedores em sistemas de engenharia civil.

Talluri (2002) propôs um modelo baseado num jogo vendedor-comprador para a seleção de ofertas de fornecedores e negociação, utilizando múltiplos critérios de avaliação de desempenho. O comprador define os alvos ideais, sendo as propostas dos fornecedores avaliadas num modelo de programação inteira. O modelo é aplicado para selecionar um conjunto ótimo de ofertas que satisfazem os requisitos da procura do comprador e as necessidades mínimas de encomendas dos vendedores. Baseia-se em quatro cenários principais caracterizados por entradas (os recursos gastos) e saídas (os benefícios gerados para o comprador). Por exemplo, o preço é considerado uma entrada (representa um quantia paga pelo comprador ao fornecedor) e a qualidade de produto e desempenho ao nível da qualidade são considerados saídas (representam os benefícios derivados). Os cenários utilizados baseiam-se na quantidade de entradas e na consideração simultânea ou individual das propostas dos fornecedores: (1) entrada única, múltiplas saídas, considerando as n propostas em simultâneo; (2) entrada única, múltiplas saídas, considerando as n propostas de fornecedores individualmente; (3) múltiplas entradas, múltiplas saídas, considerando as n propostas em simultâneo; (4) múltiplas entradas, múltiplas saídas, considerando as n propostas recebidas individualmente. O autor ilustra a aplicação através de um exemplo de uma divisão de uma empresa farmacêutica.

Ding et al. (2005) propõem uma metodologia de otimização baseada em simulação para o problema da seleção de fornecedores. Os autores usaram um otimizador baseado em algoritmos genéticos para suportar o processo de avaliação e seleção de fornecedores. Usaram adicionalmente um simulador de eventos para avaliação de desempenho operacional, bem como um conjunto de ferramentas para a modelação da cadeia de aprovisionamento.

Hong et al. (2005) propuseram um modelo de programação matemático para suportar a avaliação e seleção de fornecedores, considerando as alterações nas capacidades de fornecimento por parte destes, mapeando-as na evolução das necessidades do cliente ao longo do tempo.

O método PROMETHEE (*Preference Ranking Organization Method for Enrichment Evaluation*) (Brans e Vincke 1985; Brans, Vincke e Mareschal 1986) é um outro exemplo de método MCDM, sendo considerando um método de subordinação (ou *outranking*). A relação de subordinação é definida por Roy (1991). As técnicas de subordinação são baseadas no reconhecimento explícito de que os métodos clássicos não são capazes de lidar com a incerteza (Kangas, Kangas e Pykalainen, 2001). O método leva em consideração as diferenças ao nível de desempenho entre as empresas, não assumindo a existência de uma alternativa “melhor” e única. Pelo contrário, gera o compromisso mais aceitável com respeito aos critérios em avaliação definidos. Baseia-se no conceito de alternativas dominantes e dominadas. Uma alternativa é dominante quando tem melhor prestação de que uma outra em pelo menos um critério, e não tem pior prestação do que a outra nos restantes critérios (Kangas, Kangas e Pykalainen, 2001). Dulmin e Mininno (2003) propõem aplicar PROMETHEE e GAIA (*Geometrical Analysis for Interactive Assistance*) no problema de seleção de fornecedores para classificação das alternativas e análise de relações entre os critérios.

Pi e Low (2006) propõem um método para avaliação e seleção de fornecedores usando AHP e a função de perda de Taguchi (ou função de perda quadrática). Numa primeira fase, os pesos associados a todos os critérios de decisão são obtidos usando o AHP. Depois é utilizada a função de perda de Taguchi para quantificar a perda imposta por falta de qualidade para cada fornecedor. O desempenho dos diversos fornecedores ao nível dos vários atributos (qualidade, entrega atempada, preço e serviço) é convertido em valores de perda usando uma base comum. É depois calculada uma soma pesada, a partir da qual é selecionado o fornecedor com menor perda de qualidade total.

Amid et al. (2006) desenvolveram um modelo linear multiobjetivo baseado em lógica difusa (*fuzzy*), com o objetivo de suportar a utilização de objetivos vagos, condicionantes e parâmetros no processo de avaliação e seleção de fornecedores.

Xia e Wu (2007) focaram-se na necessidade de gerir múltiplas fontes de fornecimento, múltiplos produtos e múltiplos critérios, levando em consideração as condicionantes de produção dos fornecedores, de modo a suportar a decisão sobre qual o número de fornecedores que deveria ser selecionado (e respetivas quantidades), em cenários de descontos comerciais por volume. A determinação das quantidades ótimas de encomenda para múltiplos fornecedores foi também alvo de estudo por Kokangul e Susuz (2009). Os autores propuseram integrar o AHP para maximizar o valor total da compra (*Total Value of Purchase*, ou TVP), minimizar o custo total da operação (*Total Cost of Purchase*, ou TCP) ou simultaneamente maximizar TVP e minimizar TCP. Elahi et al. (2011) focaram-se na avaliação e seleção de fornecedores no cenário de desconto comercial por volume, introduzindo um modelo de programação linear multiobjetivo, focado em três funções objetivo principais: redução de custo, redução da taxa de defeitos e redução dos atrasos na entrega.

Em suma, existem múltiplos métodos MCDM endereçando o problema da avaliação e seleção de fornecedores, com diferentes vantagens e desvantagens associadas. Uma análise recente sobre o tema pode ser encontrada em Agarwal et al. (2011), onde os autores revêm sessenta e oito artigos de investigação, publicados entre 2000 e 2011, apresentando uma visão geral e detalhada de métodos de decisão e ferramentas para a avaliação e seleção de fornecedores.

2.4.3 Abordagem dinâmica à tomada de decisão

A abordagem à avaliação e seleção de fornecedores como um problema de decisão multicritério (MCDM), onde uma empresa expressa as suas preferências no que diz respeito aos seus parceiros potenciais, sendo estes avaliados e inseridos numa lista classificativa com vista à seleção dos mais bem classificados, é, como vimos, particularmente abundante na literatura. No entanto, na maior parte dos casos, não é levada em conta a evolução temporal do desempenho das alternativas em avaliação. Por outro lado, os modelos de decisão multicritério (MCDM) clássicos assumem que os pesos associados aos critérios de seleção e seus pesos são conhecidos e precisos. (Delgado et al., 1992; Hwang e Yoon, 1981; Kaufmann e Gupta, 1991). Tipicamente utilizam uma matriz de decisão única para refletir o estado do sistema (Figueira et al, 2005), como ilustrado na Figura 14.

$$\begin{array}{cccc}
 & CA_1 & CA_2 & \cdots & CA_k \\
 S_1 & \left[\begin{array}{cccc}
 y_{11} & y_{12} & \cdots & y_{1k} \\
 y_{21} & y_{22} & \cdots & y_{2k} \\
 y_{31} & y_{32} & \cdots & y_{3k} \\
 \cdots & \cdots & \ddots & \cdots \\
 y_{i1} & y_{i2} & \cdots & y_{ik}
 \end{array} \right.
 \end{array}$$

Figura 14: Matriz de decisão simples usadas em MCDM

onde S_i representa as alternativas (por exemplo, fornecedores) e CA_i representa os critérios de avaliação efetivos. A utilização de uma matriz de avaliação única limita a relevância dos dados uma vez que ignora informação passada. Esta informação pode ser vital para identificar tendências de evolução de comportamento dos fornecedores/ parceiros que podem ter impacto significativo no seu comportamento futuro.

De forma a suportar uma avaliação mais sustentada necessitamos evoluir de modelos de decisão estáticos para modelos dinâmicos, capazes de incorporar múltiplas considerações temporais, recorrendo a múltiplas matrizes durante o processo de avaliação. Os modelos dinâmicos para decisão baseada em múltiplos critérios são um tópico de investigação emergente (Campanella & Ribeiro, 2011), integrando considerações temporais como variáveis importantes que devem ser levadas em conta nos processos dinâmicos de decisão.

Campanella e Ribeiro (2011) propõem um modelo dinâmico flexível que usa duas matrizes de decisão, representando a informação presente e passada, para incorporar informação histórica no processo de decisão. De forma complementar, o número de alternativas e os critérios de avaliação podem variar ao longo do tempo. Para cada período, a matriz de decisão é combinada com a matriz anterior, num processo contínuo, tornando o modelo dinâmico. Em cada etapa de decisão, a matriz de decisão reflete comportamento histórico associado a cada uma das alternativas. Este modelo, combinado com um processo de otimização linear, foi aplicado num cenário de negócio B2B (*Business to Business*), suportando a seleção colaborativa de fornecedores (Campanella et al., 2012).

Jassbi, Ribeiro e Varela (2013) estenderam este modelo para integrar informação futura, tendo adicionado uma matriz de prognóstico, representando valores estimados para os critérios definidos. Os critérios de avaliação futura baseiam-se nas mesmas alternativas sobre as quais são construídas as matrizes de informação histórica. As matrizes de informação histórica, presente e

futura são depois agregadas, usando uma média pesada simples, para avaliar e classificar os fornecedores durante o período. A inclusão de uma matriz de prognóstico, bem como a adição de informação sobre desempenho passado permite suportar de forma melhorada o processo de tomada de decisão. No entanto, esta abordagem não levou em consideração algumas condicionantes relacionadas com o processo análise e agregação dos dados, nomeadamente a sua normalização (*fuzzificação*); a utilização de pesos condicionados pelos níveis de satisfação dos critérios; o tratamento da incerteza, quer ao nível da precisão, quer ao nível da confiança dos dados; e a possibilidade de usar diferentes critérios para avaliação de informação histórica, presente e futura.

2.4.4 Fusão de dados em contextos incertos

A junção de informação histórica com informação presente e previsões pode contribuir para aumentar a qualidade do processo de decisão. No entanto, esta mesma junção não está isenta de riscos. Existem vários tipos de incerteza que podem comprometer qualquer processo de decisão. Roy (1986) identifica três tipos de incerteza principais: (1) imprecisão, associada com a dificuldade de determinar a classificação de uma alternativa num determinado critério, devido a inexistência de informação relevante ou à incapacidade de um decisor de expressar as suas preferências de uma forma consistente; (2) incerteza derivada das características estocásticas inerentes; (3) indeterminação, associada com a definição dos critérios e sua interpretação. Adicionalmente, de acordo com Dutta (1985), múltiplos fatores contribuem para incrementar a imprecisão: conhecimento insuficiente, linguagem pouco exata, definições ambíguas e problemas de medição, entre outros.

Os modelos para a avaliação e seleção de fornecedores frequentemente não suportam o tratamento da imprecisão, assumindo, de forma artificial, que dados e preferências são precisas e estão disponíveis (De Boer, 1998). Esta assunção pode contribuir para a tomada de decisões erradas, particularmente em cenários de evolução rápida e contínua, como o mercado global em que estamos atualmente inseridos.

Por outro lado, quando são usados mais parâmetros de avaliação, complementados com conjuntos de dados mais abrangentes, podem estar a ser introduzidos níveis adicionais de imprecisão e incerteza no processo de decisão, mesmo nos casos em que os critérios foram definidos de forma clara e a indeterminação foi evitada. A imprecisão pode ser intrínseca à

natureza dos próprios critérios de avaliação escolhidos, nomeadamente quando estes são subjetivos e quando são usadas estimativas para quantificar as classificações, podendo igualmente estar associada ao próprio processo de raciocínio humano.

A lógica difusa - *fuzzy logic* (Zadeh, 1965) tem vindo a ser usada para ajudar a gerir a imprecisão nos processos de tomada de decisão, nomeadamente nos modelos de decisão baseados em múltiplos critérios (Ribeiro, 1996; Amid et al., 2006; Wang & Yang, 2009; Tzeng & Huang., 2011; Chen et al., 2011; Elahi et al., 2011; Seifbarghy et al., 2011; Pang & Bai, 2011; Ozkok & Tiryaki, 2011; Mardani et al., 2015).

A lógica difusa é utilizada por Ribeiro et al. (2013) no algoritmo FIF (*Fuzzy Information Fusion*). Os autores propõem um processo de fusão de dados, usando lógica difusa (ou *fuzzy logic*) para proceder à normalização das variáveis, bem como operadores de agregação e funções de pesagem para fundir a informação num conjunto composto de alternativas candidatas. O modelo é adequado para cenários onde existe incerteza, permitindo controlar a importância relativa dos diversos critérios através da afinação dos pesos associados. Os autores aplicaram com sucesso o modelo a um cenário de navegação aérea, no qual uma nave procede à aproximação de um planeta e tem necessidade de determinar qual o melhor local para a aterragem. O algoritmo FIF é usado para construir mapas associados a critérios específicos, nos quais cada ponto corresponde a um valor de classificação de uma alternativa no critério em análise (por exemplo, baixa inclinação de terreno). Vários mapas são usados para analisar diferentes critérios. Após um processo de normalização recorrendo à lógica difusa, os mapas individuais (critérios) são fundidos, sendo gerado um mapa composto final, que permite identificar quais as alternativas mais convenientes para a aterragem. O algoritmo FIF não foi criado para suportar a seleção das alternativas, mas apenas para fundir a informação. Devido a este facto, não incorpora considerações temporais ou *feedback*, o que significa que as decisões tomadas com base nos resultados compostos não repercutirão tendências históricas ou previsões futuras.

2.5 Avaliação de parceiros e fornecedores

A seleção de parceiros de negócio e fornecedores é muito importante num conjunto abrangente de cenários de negócio, sendo particularmente crítico quando um grupo de empresas integra os seus processos de negócio no contexto de ambientes para a criação de organizações virtuais (VBE), organizações virtuais (OV) ou empresas virtuais (EV) (Camarinha-Matos & Afsarmanesh, 2003).

A necessidade de implementar processos de decisão ágeis acresce ao objetivo geral do processo de seleção de fornecedores, que consiste na redução do risco, maximização do valor para o comprador e construção de relações de longa duração entre comprador e fornecedor (Monczka et al., 1998). A avaliação de fornecedores não está circunscrita a processos de seleção ocasionais. Empresas que dependem de fornecedores externos para a obtenção de materiais, componentes e produtos necessários para os seus processos produtivos e de negócio necessitam avaliar, de forma contínua, os seus fornecedores, uma vez que a qualidade dos seus entregáveis e serviços tem um impacto muito significativo na qualidade final do produto (Humphreys et al., 2007; Krause & Ellram, 1997).

De modo a suportar a seleção automática de fornecedores com base nas respostas a pedidos de proposta (RFP, ou *Request For Proposals*) e pedidos de cotação (RFQ, ou *Request for Quotation*), um sistema tem que gerir as múltiplas variáveis que podem ter impacto na qualidade dos entregáveis futuros e na relação custo/ benefício. O preço, prazo de entrega e prazo para processamento de encomenda (*lead time*) são exemplos de critérios essenciais para a avaliação e comparação das propostas ou cotações recebidas por uma empresa. Adicionalmente, é importante avaliar a informação histórica sobre a prestação do fornecedor, a fim de avaliar tendências que possam ter impacto nos níveis de satisfação futura dos critérios em avaliação. Por outro lado, a previsão de evolução de comportamento dos fornecedores ou do mercado também pode ser útil, na medida em que a sua agregação com a informação presente e histórica pode providenciar uma visão mais clara e mais rica sobre a capacidade do fornecedor, no presente e no futuro. Finalmente, importa considerar que, em múltiplas circunstâncias, os fornecedores devem cumprir determinadas normas ou possuir determinadas certificações de forma a poderem ser considerados no processo de avaliação. Assim, o sistema que suporte a tomada de decisão de forma ágil deverá também ser capaz de otimizar o processo de avaliação de requisitos e qualificações associadas ao cenário de negócio.

2.5.1 Avaliação de fornecedores e a informação histórica

A necessidade de considerar informação histórica num processo de seleção de parceiros/ fornecedores é claramente demonstrada na proposta de Monczka (2005) para os fatores qualitativos que suportam uma avaliação mais ampla, conforme se resume na

Tabela 8.

Tabela 8: Fatores qualitativos para suportar uma avaliação de desempenho mais ampla (Monczka, 2005).

Critério	Descrição
Capacidade de resolução de problemas	Foco do fornecedor na resolução de problemas.
Capacidade técnica	Capacidade de produção do fornecedor por comparação com outros fornecedores no mesmo ramo.
Comunicação continuada ao longo do processo	Fornecimento continuado pelo parceiro/fornecedor de relatórios referentes a problemas existentes, ou alusivos a problemas potenciais por ele identificados.
Resposta na implementação de ações corretivas	Soluções promovidas pelo fornecedor e resposta atempada a pedidos para a realização de ações corretivas, incluindo a sua resposta a pedidos de alteração ao nível da engenharia.
Ideias para redução de custos	Disponibilidade do fornecedor para encontrar formas de reduzir os preços de aquisição.
Suporte a novos produtos	Capacidade do fornecedor para ajudar na redução do ciclo de desenvolvimento de novos produtos, incluindo a potencial ajuda ao nível de desenho de produto.
Compatibilidade entre comprador e vendedor	Avaliação subjetiva refletindo o quão bem uma empresa compradora e uma empresa fornecedora podem trabalhar em conjunto.

Cada critério anteriormente apresentado requer algum conhecimento prévio sobre os fornecedores ou parceiros potenciais, ou seja, informação sobre o seu comportamento passado. Adicionalmente os dados necessários para a definição do nível de satisfação de cada critério podem variar de forma significativa no que concerne à sua disponibilidade, integridade e qualidade. É óbvio que poderemos não ter informação sobre comportamento passado ao avaliar novos parceiros ou fornecedores, pelo que nestes casos não teremos informação histórica no momento inicial. Mas a partir dessa altura, e uma vez iniciadas as interações com os mesmos, enquadradas num processo dinâmico, haverá informação histórica disponível nos momentos de avaliação seguintes.

Para melhor ilustrar a necessidade de considerar a informação história num processo de decisão dinâmico analisemos um exemplo ilustrativo. Vamos assumir que uma empresa compradora está a avaliar dois fornecedores potenciais, utilizando os critérios: preço, prazo de entrega e tempo de processamento pré-encomenda (ou *lead time*). Adicionalmente, a empresa

compradora tem informação histórica sobre interações prévias com ambos os fornecedores, incluindo informação detalhada sobre as encomendas que lhes foram atribuídas nos últimos 12 meses. Durante esse período os fornecedores incorreram em atrasos ao nível de entrega que, pela sua vez, se refletiram em custos que tiveram que ser assumidos (insatisfação de cliente e perdas de encomendas de clientes daí derivadas). Os detalhes sobre estes eventos permitem à empresa compradora usar critérios adicionais de desempenho para suportar o processo de tomada de decisão.

Consideremos que os fornecedores S1 e S2 são incluídos num processo de consulta, tendo sido convidados a entregar propostas. Ambos responderam com propostas. Assumamos que as propostas foram coincidentes ao nível do preço e do prazo de entrega, tendo ambos os fornecedores exigido um *lead time* de dois dias. Seja $O(i, S_j)$ o número de encomendas fornecidas pelo fornecedor j durante o mês i . Assumamos finalmente que o número de encomendas atribuídas a ambos os fornecedores é idêntico, como se ilustra na equação seguinte:

$$\sum_{1 \leq i \leq 12} O(i, S1) = \sum_{1 \leq i \leq 12} O(i, S2)$$

Vamos igualmente assumir que todos os produtos fornecidos e serviços prestados têm níveis de qualidade satisfatórios e que foram plenamente cumpridos os requisitos definidos pela empresa compradora. No entanto, foram observados atrasos ao nível da entrega. Estes atrasos foram registados numa base de dados, onde podem ser consultados o número de dias decorridos entre a entrega prevista na proposta e a entrega efetivamente realizada. Assumamos também que a soma dos atrasos é idêntica para ambos os fornecedores.

Analisando de forma primária este cenário, a empresa compradora poderá concluir que os fornecedores são uma escolha equivalente, uma vez que têm idêntico desempenho nos critérios de avaliação de desempenho. Mas esta consideração pode estar incorreta se levarmos em consideração a informação histórica sobre encomendas entregues pelos fornecedores durante os doze meses passados, resumida na Tabela 9.

Tabela 9: Informação histórica sobre encomendas entregues pelos fornecedores S1 e S2.

	Mês	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Atrasos na entrega (número de dias)	S1	10	10	10	5	5	5	0	0	0	0	0	0
	S2	0	0	0	0	4	4	4	4	5	8	8	8
Número de encomendas fornecidas	S1	2	2	2	4	4	4	8	8	8	10	10	10
	S2	10	10	10	10	4	4	4	4	4	4	4	4
Atrasos por encomenda (média, em dias)	S1	5	5	5	1.25	1.25	1.25	0	0	0	0	0	0
	S2	0	0	0	0	1	1	1	1	1.25	2	2	2
Número de encomendas atrasadas	S1	1	1	1	2	2	3	0	0	0	0	0	0
	S2	0	0	0	0	1	1	1	1	1	2	2	2
Desempenho de entrega atempada	S1	50	50	50	50	50	25	100	100	100	100	100	100
	S2	100	100	100	100	75	75	75	75	75	50	50	50
Desempenho de entregas sem defeitos	S1	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
	S2	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100

De acordo com a informação histórica da Tabela 9, temos idêntico valor para o número de encomendas entregues $O(i,j)$ e total de dias de atraso $D(i,j)$, como se ilustra de seguida:

$$\sum_{1 \leq i \leq 12} O(i, S1) = \sum_{1 \leq i \leq 12} O(i, S2) = 72$$

$$\sum_{1 \leq i \leq n} D(Oi, S1) = \sum_{1 \leq i \leq m} D(Oi, S2) = 45$$

No entanto, se observarmos os restantes dados da Tabela 9 torna-se claro que existe uma diferença significativa na média de dias de atraso por encomenda (1.56 para o fornecedor S1 vs. 0.94 para o fornecedor S2). Estes valores sugerem que o fornecedor S2 poderia ser uma melhor escolha. Continuando a análise, podemos constatar que há uma clara degradação do desempenho do fornecedor S2. No sentido oposto, o fornecedor S1 revelou-se capaz de mitigar os atrasos em

sete meses, enquanto que, ao mesmo tempo, o número de encomendas que satisfiz aumentou significativamente. Esta comparação é ilustrada na Figura 15.

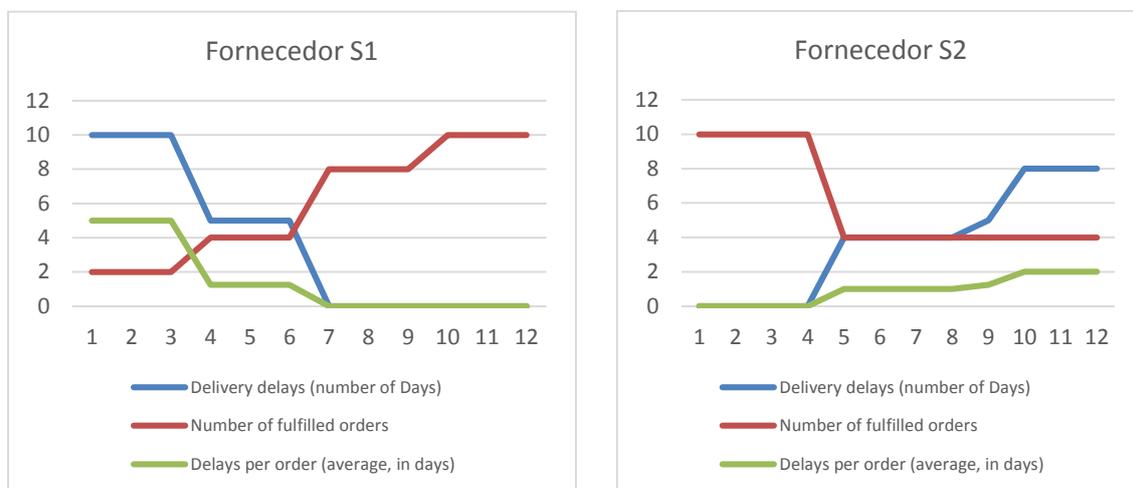


Figura 15: Comparação de tendências associadas ao desempenho passado de S1 e S2.

Tendo em conta esta informação, o gestor iria provavelmente decidir atribuir a encomenda ao fornecedor S1, uma vez que este se apresenta como uma escolha mais segura no sentido de minimizar o risco de atrasos, e os custos associados.

A utilização de critérios de avaliação como “entrega atempada” (ou *OTD – On Time Delivery*) e “entregas livre de defeitos” (ou *DFD – Defect Free Delivery*) não garante, por si só, uma correta avaliação do desempenho dos fornecedores ou parceiros. É necessário refletir na avaliação o desempenho dos fornecedores/parceiros ao longo do tempo, para identificar tendências de desempenho positivas ou negativas e avaliar os riscos associados. Uma evolução positiva no critério OTD significa que o número de encomendas em atraso tem vindo a diminuir ao longo desse período, pelo que o risco de atraso de encomendas futuras será potencialmente menor. Uma evolução positiva do critério DFD implica estarem a ser minimizadas as falhas na entrega por qualidade insuficiente, pelo que o risco de falha em novas encomendas poderá ser também potencialmente menor.

Estas tendências positivas e negativas devem ser tidas em conta no processo de decisão. Podemos usar duas abordagens diferentes para esse fim: (1) usar estimativas, para projetar no futuro as tendências de desempenho; (2) usar critérios adicionais para penalizar desempenho negativo no passado. Se o processo de estimativa incluir resultados fiáveis relativamente ao

passado, as tendências associadas serão projetadas no desempenho previsional. Tal será suficiente para diferenciar fornecedores com classificações similares em critérios como OTD e DFD, mas com diferentes registos de desempenho ao longo do tempo. Se, por outro lado, os dados referentes ao passado são incompletos ou pouco precisos, ou se a empresa compradora tem um baixo nível de confiança nos mesmos, podem ser usados critérios adicionais de avaliação para penalização/ recompensa de tendências detetadas.

A informação histórica é muito importante para suportar decisões informadas. Este facto motivou a pesquisa na implementação de modelos dinâmicos, que possam incorporar a utilização de dados históricos em problemas de tomada de decisão MCDM (Campanella et al., 2011, 2012; Jassbi et al., 2013). Para além da informação histórica, o conjunto de critérios pode incluir parâmetros que permitam ao decisor perceber se o desempenho do fornecedor é positivo ou negativo, penalizando maus desempenhos passados e bonificando evoluções de desempenho positivas.

2.5.2 Avaliação de fornecedores e previsões

Ellram (1990) sublinhou a necessidade de considerar critérios tradicionais (preço, tempo de entrega, etc.) em conjunto com critérios de qualidade e de longo prazo, como compatibilidade estratégica e capacidade futura de produção. Realizar previsões de procura por parte dos clientes e intersear esses dados com estimativas de capacidade de produção futura ajuda o gestor na tomada de decisões estratégicas. Por outro lado, ter acesso a informação previsional acerca dos fornecedores pode ser essencial para processos de tomada de decisão que envolvam possíveis eventos futuros (Zwick & Wallsten, 1989). Muitas decisões tomadas no contexto numa empresa são decisões estratégicas para o futuro, sendo que podem vir a ser pouco realistas se não levarem em consideração informação previsional em conjunto com informação histórica existente sobre os fornecedores (Jassbi, Ribeiro & Varela, 2013).

A realização de estimativas ou previsões para o futuro pode ser uma ferramenta importante para o planeamento estratégico e operacional das empresas. Lysons (2006) considera a realização de previsões um ingrediente básico e essencial para os processos de planeamento e de tomada de decisão. No entanto, a realização de previsões deve ser feita de forma cuidada e estruturada. Baily (2005) alerta para três pontos de falha comuns nesse processo:

- a) O padrão de evolução percebido não continua no futuro;
- b) O padrão de comportamento passado não foi corretamente entendido.
- c) Flutuações aleatórias impediram que o padrão fosse identificado.

Para evitar estes pontos de falha deve ser realizada uma análise cuidada à informação existente para minimizar os erros causados pela não identificação ou identificação incorreta de tendências ou padrões.

Assim que a organização define o objetivo e o horizonte temporal para a previsão, necessita de selecionar as técnicas para a sua realização. Dentro do leque de técnicas disponíveis estão as qualitativas para a identificação de tendências e de opiniões dominantes, como a técnica de Delphi, avaliação por especialistas e teste de marketing (Dalkey e Helmer, 1963; Basu e Schroeder, 1977; Rescher, 1997). Por outro lado, podem ser usadas técnicas quantitativas, que usam valores numéricos para prever a evolução das séries temporais com base em informação passada, como a média móvel (*moving averages*), média móvel pesada exponencialmente (*exponentially weighted average*), média móvel autorregressiva (*autoregressive-moving-average*) (Whittle, 1951); processo autorregressivo e média móvel integrada (Mills, 1990), filtro de Kalman (Kalman, 1960); suavização exponencial (Brown, 1956), extrapolação (Armstrong, 1984), previsão linear (Makhoul, 1975) e estimativa de tendências (Bianchi et al, 1999), entre outros métodos.

2.6 Trabalho relacionado

A concorrência crescente e a inserção num mercado globalizado promovem a vantagem colaborativa a uma vantagem competitiva de elevado valor acrescentado. Vários desenvolvimentos têm vindo a surgir ao longo dos últimos anos no domínio da colaboração e das redes colaborativas, aplicados nos mais diversos contextos, quer industriais quer de serviços, e baseados nas mais diversas abordagens e tecnologias.

More, Vij e Mukhopadhyay (2014) focaram-se no suporte à negociação eletrónica, com vista à otimização dos processos de comércio eletrónico, com recurso a sistemas multiagente. Os autores propõem um sistema baseado na nuvem (*cloud*), que é usada como residência para os agentes e para a informação sobre produtos. Os agentes (negociadores) recebem os requisitos para um determinado produto a partir do cliente, e depois negociam entre si os parâmetros do produto (preço, tempo de entrega, etc.). No final do processo negocial informam o cliente sobre os resultados obtidos.

Em (Ferreira et al., 2013) é apresentada uma arquitetura baseada em microaplicações residentes na nuvem (*cloudlets*) para implementação de um dashboard num cenário de manufatura ubíqua (*ubiquitous Manufacturing*). Os autores propõem a adoção da computação baseada na nuvem para suporte à manufatura, como base para aplicações de gestão, com enfoque na ubiquidade e eficácia. Os autores realçam que a ubiquidade e a escalabilidade dos recursos, bem como sua disponibilidade e capacidade, podem ser bem suportadas através de tecnologia *cloud*. Propõem uma arquitetura que integra serviços existentes, como instâncias de recursos, disponíveis na nuvem, com camadas de novos serviços para comunicação direta e síncrona entre os utilizadores.

Aldea, Draghici e Dragoi (2011) focam-se nas organizações virtuais ligadas em rede, descrevendo novas perspetivas para a colaboração de equipas virtuais, com o objetivo de sublinhar as tendências atuais e identificar o seu desenvolvimento futuro. Segundo os autores, tais perspetivas são importantes para a gestão do ciclo de vida de produto, para a diminuição de riscos e para a harmonização das competências dos membros da equipa. Os autores propõem ferramentas para a comunicação em tempo real e trabalho colaborativo, que permitirão aumentar a competitividade das empresas, otimizando os recursos destinados a diferentes projetos, em equipas e sistemas de gestão, melhorando a sua produtividade.

Yina, Zhangb e Cai (2010) realçam que o desenvolvimento e a manutenção de sistemas de manufatura distribuídos e colaborativos acarretam desafios cada vez maiores, causados pelas dificuldades técnicas e questões ontológicas em computação distribuída, ao nível da integração de recursos e da partilha de conhecimento através de plataformas de computação heterogêneas. Os autores apresentam uma proposta de *Grid* Semântica baseada em agentes de *software* para colaboração em ambientes de manufatura distribuídos, através de empresas virtuais ubíquas. Os autores propõem uma hierarquia de agentes autónomos adaptáveis formando uma rede “*super-peer*” baseada numa estrutura *P2P* (*peer-to-peer*) no contexto de uma proposta *Grid* Semântica, para providenciar, de uma forma aberta, dinâmica, fracamente acoplada e escalável, a publicação de serviços, sua descoberta e reutilização para a gestão de aplicações que necessitem de utilizar recursos *Grid*.

Chen, et al. (2009) propõem uma arquitetura baseada em múltiplos agentes de *software* e multicamada para suporte à produção colaborativa. Os autores usam agentes de camada para representar empresas, e agentes de localização para representar unidades fabris locais, ilustrando a aplicação deste modelo na indústria da eletrónica, mais concretamente na produção de LCDs

TFT. Este processo produtivo é tipicamente dividido em três segmentos distintos (*TFT array, Cell* e montagem de módulos). Em cada segmento são envolvidos diferentes unidades produtivas, residentes em locais distintos. Cada segmento consiste, na prática, numa instância de um sistema de produção multilocalização. Os autores propõem representar cada empresa através de agentes de *software* de camada, que interagem com outros agentes de camada para gerir a aceitação de encomendas, sua coordenação e eventual cancelamento.

Wang et al. (2009) focaram-se na problemática da coordenação das cadeias de fornecimento entre empresas, particularmente nas necessidades associadas à pesquisa, agendamento e coordenação de serviços fornecidos por um leque abrangente de recursos. Os autores consideram que as abordagens mais habituais requerem o tratamento de informação completa sobre os recursos e requisitos associados, sem suportar, de forma adequada, as incertezas, interdependências e a natureza eminentemente dinâmica destes ambientes. Os autores propõem a utilização de agentes de *software*, que se assumem como mediadores para um determinado tipo de serviço. Estes mediadores assumem a responsabilidade de seleccionar soluções para cada tipo de serviço pretendido, bem como de interagir com os restantes agentes para obterem uma solução compatível. Jiao, You e Kumar (2006) abordam também o problema da negociação colaborativa em cadeias de abastecimento globais, propondo igualmente a utilização de um sistema multiagente para a negociação de múltiplos contratos e suporte à coordenação.

Romero e Molina (2009) propuseram a I-BPM (*Integral Business Process Management*), uma *framework* para descrição dos processos de negócio que ocorrem em VBEs, usando técnicas de modelação de processos BPM (*Business Process Modelling*). Os investigadores focaram-se na identificação e caracterização do fluxo de ações que tem lugar nos VBEs, nomeadamente ao nível da gestão dos atores envolvidos, criação das organizações virtuais, sua gestão e gestão geral do VBE. Paralelamente identificam um conjunto de processos de gestão (processos horizontais), transversais ao ciclo de vida do VBE, que incluem a gestão da inovação, gestão da confiança, gestão de desempenho e suporte à decisão. Os processos foram desenhados e modelados a partir de protótipos realizados no âmbito do projeto europeu ECOLEAD (European Collaborative networked Organizations LEADership initiative), sendo a I-BPM baseada nas conclusões que dele derivaram.

Hsieh e Hung (2009) propõem a criação de um centro para a troca de informação dinâmica, baseado em agentes, designado DIEC (*Dynamic Information Exchange Center*), baseado

na Internet. Os agentes são usados para suportar a negociação entre fornecedores e consumidores dos serviços. Adicionalmente, tomam decisões relativas à seleção de parceiros. A abordagem assume como objetivo auxiliar as empresas a reduzirem custos de aquisição, a pouparem tempo nos processos de negociação e obtenção de acordos, e a encontrarem um leque mais alargado de oportunidades para colaborarem com os seus parceiros.

Bosse et al. (2005) focaram-se no processo negocial entre múltiplos agentes de *software*, propondo o SAMIN (sistema para a análise de negociação multitópico). O sistema decompõe-se em três componentes distintas: componente de aquisição, componente de análise e componente de apresentação. O componente de aquisição adquire os dados necessários para a análise, o componente de análise realiza-a, sendo o componente de apresentação responsável por apresentar os resultados de forma amigável ao utilizador. O sistema está vocacionado para integrar um analista humano com negociadores (que podem ser agentes de *software* ou negociadores humanos).

Malucelli, Rocha e Oliveira (2004) propõem a plataforma ForEV (Formação de Empresas Virtuais) para facilitar a seleção automática de parceiros de negócio. A plataforma é implementada através de um sistema multiagente, incluindo um protocolo de negociação – *Q-Negotiation* – que se baseia em formalismos de critérios múltiplos e condicionantes distribuídas. A plataforma ForEV permite a criação de empresas virtuais, recorrendo à negociação automática para seleção das empresas mais atrativas, com vista à sua inclusão. A plataforma inclui também um algoritmo de aprendizagem para reforço continuado das capacidades do Sistema.

Ghiassi e Spera (2003) propõem o LEAP, um sistema distribuído para empresas que tenham unidades produtivas dispersas por áreas geográficas abrangentes, coordenando a sua atividade para a concretização de produtos que são depois vendidos em múltiplos mercados. Os autores desenvolveram um modelo matemático que atualiza, de forma contínua, as quantidades referentes à procura, usando técnicas de previsão. O plano de produção é atualizado de forma contínua para refletir os dados atualizados da procura até à data final de execução do mesmo.

Oliveira e Rocha (2001) propõem a utilização de sistemas baseados em agentes de *software* para suportar as organizações virtuais no domínio do comércio eletrónico. Os autores propõem a utilização de agentes de mercado, que agem como coordenadores do mercado eletrónico, assumindo como principal função a formação de organizações virtuais. O agente de mercado submete convites de participação às empresas, avaliando as propostas recebidas e

selecionado as mais favoráveis. De forma complementar, propõem agentes de organização, suportando a tomada de decisão e coordenação, o tratamento e troca de mensagens, a manutenção de informação sobre o agente e seus pares, e a execução de tarefas. Os autores propõem ainda um protocolo de negociação, que é seguido pelos agentes durante a operação da organização virtual.

Rabelo e Camarinha-Matos (1996) desenvolveram o HOLOS, um sistema multiagente distribuído, que usa cooperação entre os agentes de *software* para agendar a produção dentro de uma empresa. Foi proposto para suportar a criação de sistemas de agendamento de produção flexíveis e evolutivos, devido à necessidade crescente de se evoluir de uma ênfase primária na otimização do processo de agendamento para um enfoque crescente na flexibilidade. Na prática consiste num conjunto de ferramentas desenvolvidas para permitir a criação de instâncias de sistemas de agendamento ágil. Cada instância é constituída por um conjunto de agentes distribuídos, configurados para uma determinada empresa, integrando-se com os recursos de produção localmente implementados. O sistema foi adotado no projeto MASSYVE e teve a sua abordagem ampliada ao domínio das empresas virtuais (Afsarmanesh et al., 1999).

Simornov et al. (2006) focaram-se no dinamismo das redes de fornecimento e na necessidade de estas suportarem configuração dinâmica contínua. Propõem um conjunto de ferramentas baseadas numa arquitetura multiagente de suporte à atividade de cadeias de abastecimento cooperativas (CSC ou *cooperative supply-chain*). As CSCs estão assentes numa sociedade composta por agentes autónomos, que se organizam, cooperam, negociam e chegam a compromissos com vista a concretizar os objetivos associados à rede.

A utilização de agentes de *software* para suportar o dinamismo das redes de fornecimento é igualmente proposta por diversos investigadores, em contextos variados (Swaminathan, 1998; Chen et al., 1999; Fox et al., 2000; Giannakis & Louis, 2001; Nagurney et al., 2003; Fink, 2004; Xue et al., 2005; Fung & Chen, 2005; Collins & Gini, 2006; Deshpande et al., 2006; Lee et al., 2006; Jeng et al., 2006; Moyaux et al., 2006; Srinivasan et al., 2006; Zhe, 2007; Sheremetov & Rocha-Mier, 2008; Tounsi et al., 2009; Hernandez et al., 2011). A abundância de trabalhos de investigação que se baseiam na utilização de sistemas baseados em agentes de *software* para suportar o relacionamento de empresas é ilustrativa do nível de compatibilidade e adequação da tecnologia aos múltiplos cenários de redes de negócio colaborativas. No próximo capítulo será abordado, com mais detalhe, o conjunto representativo de tecnologias relacionadas com o

desenvolvimento de sistemas baseados em agentes de *software*, bem como os principais conceitos associados.

2.7 Conclusão

Neste capítulo foram analisadas as redes colaborativas e a sua importância enquanto ferramentas de flexibilização e de agilização das relações empresariais.

A interdependência crescente entre economias e sociedades, reforçada pela globalização, induzem novos desafios às empresas, que se vêm obrigadas a estabelecer relações cada vez mais ágeis e flexíveis com os seus pares, para responder de forma adequada às exigências do mercado e aos desafios associados. O estabelecimento de ligações em rede (envolvendo a troca de informação e comunicação), a coordenação (incluindo o ajuste operacional para alinhamento e otimização da eficácia), a cooperação (englobando a partilha de recursos entre as empresas) e a colaboração (incluindo a partilha de responsabilidades ao nível do planeamento e execução de atividades com vista à concretização de objetivos comuns) permite às empresas responder, de forma otimizada, à evolução do mercado e das necessidades e exigências dos seus clientes.

As organizações colaborativas em rede (CNO) promovem a abertura das empresas entre si, fomentando uma evolução dinâmica ao nível de operação. As organizações virtuais, sendo um caso concreto de redes colaborativas, promovem um nível adicional de configuração, uma vez que têm o seu ciclo de vida indexado à exploração da oportunidade de negócio. As organizações virtuais podem ser instanciadas no contexto de ambientes para criação de organizações virtuais (VBE). Assumem-se como uma ferramenta para a exploração de oportunidades de negócio, permitindo consubstanciar alianças temporárias entre os seus membros, sendo dissolvidas assim que cessa a exploração da oportunidade. A necessidade de elevada flexibilidade e de reconfiguração permanente da rede de colaboração dentro da empresa virtual pode promover a rápida instanciação, exploração e dissolução de empresas ágeis virtuais (A/VE) no contexto de VBEs ou isoladamente.

A avaliação de parceiros e fornecedores é um processo importante no ciclo de vida das organizações. Por um lado, é importante garantir a saúde da rede de fornecimento e de parcerias, implementando mecanismos de avaliação continuada de fornecedores e parceiros e obtendo métricas para a afinação de processos. Por outro lado é importante selecionar os parceiros certos ao instanciar uma organização virtual, particularmente quando este processo de instanciação pode

ter imposições temporais severas no contexto operacional de VBEs, ou como resposta a desafios do mercado, aos quais se tem que responder com brevidade. Finalmente, é importante avaliar, de forma adequada, os fornecedores ao nível das suas propostas de fornecimento e do seu desempenho. A avaliação de parceiros ou fornecedores requer a definição de critérios de avaliação, que cumpram requisitos de qualidade relevantes (validade, robustez, utilidade, integração, compatibilidade, detalhe, solidez). Muitos dos investigadores que se centraram na identificação e análise de critérios de avaliação de fornecedores tem vindo a observar a evolução dos critérios classificados como mais importantes pelas empresas, denotando a importância crescente atribuída a critérios não tradicionais e evolutivos (processos de melhoria, compatibilidade estratégica, comunicação atempada, flexibilidade na resolução de problemas) por oposição a critérios quantificáveis tradicionais (como o preço, qualidade e prazo de entrega).

A seleção de fornecedores é um problema de decisão multicritério para o qual existem muitas e variadas técnicas disponíveis para a sua resolução (SAW, WPM, AHP, RAHP, TOPSIS, ANP, DEA, AIDEIA, CBR, PROMETHEE, entre outros). Apesar da multiplicidade de métodos para a resolução do problema de tomada de decisão, muitas vezes esta é amplamente condicionada por não ser levada em conta a evolução temporal do desempenho dos parceiros ou fornecedores. A utilização de abordagens dinâmicas, que levem em conta não só a informação presente, mas também informação histórica e previsões sobre desempenho futuro, permite uma decisão mais sustentada e sujeita a menores riscos. Por outro lado, e perante a imprecisão, incompletude ou falta de confiança nalguns dos dados existentes e que alimentam o processo de avaliação, torna-se necessário criar abordagens dinâmicas capazes de lidar com a incerteza.

Capítulo 3 – Agentes de Software

Neste terceiro capítulo é abordado o conceito de agente de *software* e analisadas as múltiplas arquiteturas que suportam a sua implementação. Analisam-se os sistemas multiagente e vantagens associadas. A mobilidade dos agentes é também abordada, traduzindo-se na sua capacidade de se transferirem entre sistemas. São apresentados exemplos de utilização de sistemas baseados em agentes em cenários diversificados. Finalmente é abordado o impacto do desenvolvimento de sistemas baseados em agentes ao nível da Engenharia de Software, sendo referenciadas metodologias para modelação e desenvolvimento de sistemas baseados em agentes, para além de plataformas e linguagens de programação que o possibilitam.

3.1. Conceitos sobre Agentes de Software

3.1.1 Definição de agentes de *software*

Um agente de *software* consiste num sistema de software encapsulado, executado num ambiente computacional, sendo capaz de executar ações de forma autónoma e de modo flexível para atingir os seus objetivos (Jennings et al., 1996; Jennings, 2000). Wooldridge e Jennings (1995) descrevem o agente de *software* como sendo um sistema computacional baseado em *software* possuindo as características apresentadas na Tabela 10.

Tabela 10: Características dos agentes de software segundo Wooldridge e Jennings (1995)

Caraterística	Descrição
Autonomia	O agente pode executar sem intervenção humana.
Capacidade Social	O agente é capaz de interagir com outros agentes ou utilizadores humanos, sendo a comunicação entre agentes suportada por uma linguagem de comunicação orientada a agentes.
Reatividade	O agente possui uma perceção do ambiente que o rodeia e reage às alterações que deteta no mesmo.
Proatividade	O agente é capaz não só de reagir mas também de realizar ações por iniciativa própria, de forma a atingir um objetivo definido.

Nwana (1996) classifica os agentes de *software* de acordo com as dimensões seguintes:

Tabela 11: Dimensões usadas para a classificação de agentes de software segundo Nwana (1996).

Dimensão	Descrição
Mobilidade	Os agentes podem ser estáticos ou moveis. Um agente móvel tem a capacidade de se mover na rede, migrando de um sistema para outro.
Ação	Os agentes podem ser classificados como deliberativos ou reativos. Os agentes deliberativos possuem um modelo simbólico suportando o raciocínio, sendo capazes de planejar e negociar ações de forma a coordenarem o seu trabalho com outros agentes. Os agentes reativos não possuem um modelo do ambiente, limitando-se a reagir a estímulos externos, baseando-se no estado do ambiente que os rodeia.
Atributos ideais	Autonomia Agentes autônomos são capazes de realizar ações por si próprios, sem a necessidade de intervenção humana. São pró-ativos, não estando desta forma limitados a reagir a estímulos externos.
	Capacidade de aprendizagem Agentes com a capacidade de aprender são capazes de criar novo conhecimento como resultado da sua interação com o ambiente.
	Cooperação Agentes que possuem habilidade social, permitindo-lhes comunicar e interagir com outros agentes ou seres humanos, usando uma linguagem (Wooldridge & Jennings, 1995).

Com base nestas dimensões, Nwana (1996) identifica oito tipos distintos de agentes de *software*, apresentados na Tabela 12.

Tabela 12: Tipos de agentes de software (Nwana, 1996).

Tipos de agentes	Descrição
Agentes Colaborativos	Com ênfase na cooperação e autonomia. Podem possuir capacidade de aprendizagem apesar de tal não ser crítico para a sua missão.
Agentes de Interface	Ênfase na autonomia e aprendizagem para a execução de tarefas em nome dos seus donos. Assistem o utilizador na utilização dos sistemas. Interação com outros agentes é potencialmente limitada.
Agentes Móveis	Com ênfase na autonomia e cooperação, deslocam-se dentro da rede, movendo-se de um sistema para outro.
Agentes de Informação	Com ênfase na informação, assumem o papel de gestão, manipulação e recolha de informação a partir de múltiplas fontes.
Agentes Reativos	Sem possuírem uma representação simbólica do ambiente, reagem a estímulos externos e com base no estado atual do ambiente em que se inserem.
Agentes Híbridos	Consistem na combinação de uma ou mais filosofias de operação dentro dum agente único, de forma a potenciar a obtenção das suas vantagens de forma agregada. Por exemplo, construindo um agente simultaneamente reativo e colaborativo, com uma camada reativa para objetivos imediatos e uma camada colaborativa para objetivos de maior duração.
Agentes Heterogéneos	Consistem num sistema integrado com dois ou mais agentes com filosofias de operação distintas. Estes agentes comunicam entre si e operam em conjunto. Podem incluir agentes híbridos.
Agentes Inteligentes	Possuem a capacidade de aprender quando reagem ou interagem com o ambiente.

Os agentes colaborativos estão focados na operação autónoma e na colaboração com outros agentes, de forma a executarem um conjunto de tarefas de forma bem-sucedida. Esta capacidade de colaboração é relevante no contexto da plataforma proposta. Os agentes só conseguirão trabalhar de forma eficiente se tiverem a capacidade de negociar parâmetros de operação que sejam aceitáveis para si próprios e para os outros agentes com os quais têm que negociar. Wooldridge (1992) associa aos agentes uma capacidade social, permitindo-lhes agirem como um grupo de uma forma racional, responsiva e proactiva. A capacidade social é abordada de forma abrangente nos sistemas multiagente. Estes sistemas estão baseados num modelo

distribuído, no qual os agentes interagem trocando informação e colaborando de forma a executarem conjuntamente tarefas complexas.

Tipicamente os agentes não têm controlo sobre o ambiente em que se inserem, sendo apenas capazes de o influenciar. Quando o ambiente não é determinístico, os requisitos de flexibilidade impostos ao agente aumentam de forma significativa. Kirn et al. (2006) classificam como agentes de *software* inteligentes aqueles que possuem a capacidade de operar num ambiente não determinístico, interpretando-o de forma continuada e respondendo de forma atempada às alterações que nele ocorrem. A resposta pode consistir em comportamento reativo, despoletado por alterações específicas, ou orientado a objetivos. O comportamento proativo ocorre quando o agente toma a iniciativa de alterar ou influenciar o ambiente de forma a atingir os seus objetivos. Os agentes inteligentes são descritos pela IBM como *“entidades de software que executam um conjunto de ações em nome de um utilizador ou outra aplicação de software, com algum nível de independência ou autonomia, utilizando algum conhecimento ou representação dos objetivos e desejos do utilizador”* (Gilbert, 1996).

Hans e Singh (1998) classificam os agentes de *software* usando seis categorias diferentes, necessárias para suportar uma arquitetura na qual componentes heterogéneos interoperam como se de componentes homogéneos se tratassem, como se resume na Tabela 13.

Tabela 13: Tipos de agentes de software (Hans e Singh, 1998).

Tipo de Agente	Descrição
Agente de Utilizador	Atua como intermediário entre o utilizador e o sistema de informação. Mantém modelos de outros agentes existentes no sistema, de forma a poderem interagir com os mesmos de forma eficiente.
Agente Intermediário/ <i>Broker</i>	Implementam serviços de diretório, suportando a localização dos agentes apropriados e com as capacidades especificamente necessárias para cada contexto.
Agente de Recursos	Dão acesso a informação armazenada em sistemas repositório (agentes de análise de dados e encapsuladores de acesso a bases de dados, por exemplo).
Agente de Execução	Suportam a execução de fluxos de trabalho e monitorização, supervisionando a execução de outros agentes.
Agente de Segurança	Disponibilizam serviços de autenticação e autorização.
Agente de Ontologia	Disponibiliza acesso à informação sobre o ambiente.

3.1.2 Arquiteturas de agentes

Arquitetura simples

Diversas arquiteturas de agentes foram propostas ao longo dos anos. De uma forma geral, enquadram-se em duas categorias principais: (1) reativas ou comportamentais, em que os agentes reagem a estímulos, e (2) deliberativas, em que os agentes interpretam o ambiente e inferem as suas ações com base neste.

A arquitetura genérica de um agente pode ser conforme se ilustra na Figura 16.

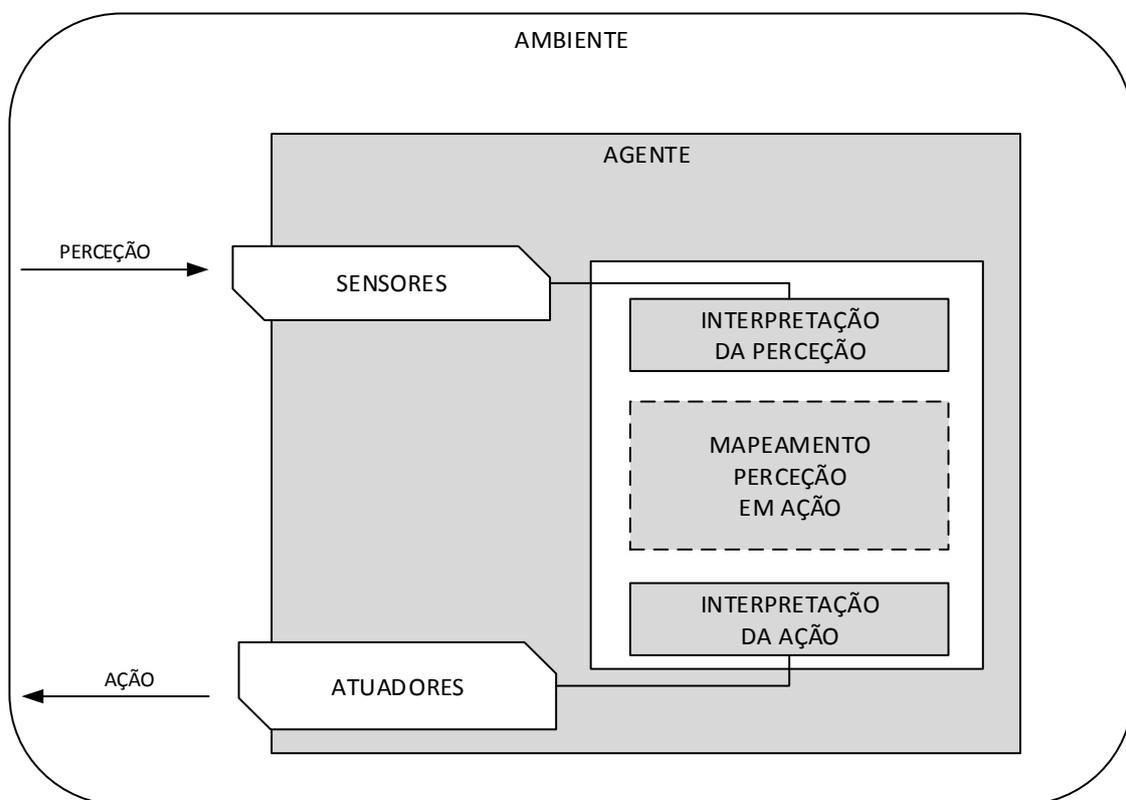


Figura 16: Arquitetura genérica de um agente de software.

O ambiente é uma abstração que fornece as condições para a existência dos agentes, suportando a mediação da interação entre os agentes e o acesso aos recursos (Weyns et al., 2007). Através de sensores, o agente interpreta o ambiente em que está inserido. Essa percepção é interpretada, sendo depois mapeada numa ação, que será implementada recorrendo a atuadores. Este mapeamento pode ser feito de forma reativa ou deliberativa.

Os agentes reativos não utilizam qualquer representação simbólica do mundo (Nwana, 1996). O seu comportamento está explicitamente codificado, realizando-o como resposta a situações que têm lugar no seu meio ambiente. Neste tipo de agentes é assim feito um mapeamento entre situações e ações. O agente é considerado reativo, na medida em que realiza as ações como reação aos estímulos que recebe ou situações que deteta. Os agentes puramente reativos não armazenam informação histórica, baseando as suas decisões no estado que percebem do mundo que os rodeia (Weiss, 1999).

As arquiteturas de agentes deliberativos são concretizadas usando técnicas de inteligência artificial para modelar agentes para que estes possuam uma representação simbólica do mundo que habitam e o seu comportamento desejado (Wooldridge & Jennings, 1995). Os agentes usam depois técnicas de raciocínio simbólico e de planeamento para realizarem ações. Esta capacidade do agente "racional" permite-lhe inferir o seu comportamento enquanto executa, não sendo necessário codificar o comportamento do agente de forma explícita. O processo de tomada de decisão é modelado recorrendo a um conjunto de regras de inferência, que complementam um conjunto de fórmulas que traduzem a percepção que o agente tem do meio que o rodeia. As regras de inferência são desenhadas para que, nos casos em que o agente consiga deduzir uma fórmula correspondendo à execução de uma determinada ação, esta ação será a mais adequada no contexto associado. Adicionalmente, o agente avalia os seus objetivos, e tenta identificar uma sequência de ações que, quando realizadas, motivem a passagem do seu estado para o estado associado ao objetivo (Wooldridge & Jennings, 1995). A complexidade associada à manutenção de uma representação simbólica do ambiente, que é utilizada através de mecanismos de raciocínio lógico, pode ser um constrangimento em situações mais complexas. Este é um dos fatores limitativos mais associados a arquitetura baseada em agentes deliberativos, a par do esforço de processamento associado ao raciocínio lógico e planeamento que os agentes têm que realizar.

Diversos tipos de arquiteturas podem ser derivados entre os extremos puramente reativo e puramente deliberativo. Diversos autores têm sugerido classificações mais granulares para as arquiteturas de agentes de *software*. Wooldridge identifica três categorias principais: (1) agentes reativos; (2) agentes com raciocínio prático e (3) agentes de raciocínio dedutivo (Wooldridge, 1999; Wooldridge & Ciancarini, 2000; Wooldridge, 2009).

Os agentes com raciocínio dedutivo possuem um modelo lógico do ambiente em que estão inseridos, e usam lógica para descrever o seu comportamento desejado. A representação é manipulada recorrendo a dedução lógica, com base nas percepções capturadas. A principal

condicionante associada a este tipo de agentes é a complexidade inerente à representação lógica do ambiente.

Os agentes com raciocínio prático são mais direcionados a ações, implementando um processo de decisão baseado em crenças, desejos e intenções (*Belief-desire-intention* ou BDI). O modelo BDI foi desenvolvido para suportar a programação de agentes inteligentes e cognitivos, providenciando um elevado nível de abstração no seu desenvolvimento (Rao & Georgeff, 1991). Na prática implementa, ao nível do *software*, a teoria do filósofo Michael Bratman, Intenção, Planos e Raciocínio Prático (Bratman, 1987), que considera que as intenções são elementos de planos de ação parciais.

O raciocínio prático consiste em avaliar alternativas em conflito, levando em consideração aquilo em que se crê, se valoriza e em que se acredita. Este conceito é oposto ao de raciocínio teórico, não vocacionado para a ação. No modelo BDI, o estado interno dos agentes é representado como um estado “mental”. As suas crenças são o que o agente sabe sobre o estado do ambiente. As intenções são os estados do ambiente que o agente quer atingir. Os seus desejos são a sequência de ações necessárias para atingir os seus objetivos. O PRS - *Procedural Reasoning System* (Georgeff & Lansky, 1987), o IRMA - *Intelligent Resource Bounded Machine Architecture* (Bratman et. al, 1988), são dois exemplos de implementação da arquitetura BDI.

A arquitetura PRS (Georgeff e Lansky, 1987) é uma das implementações BDI mais conhecidas, tendo sido usado inclusivamente pela NASA para deteção de falhas no vaivém espacial *Space Shuttle*. A arquitetura PRS engloba um conjunto de elementos principais: uma base de crenças (*Beliefs*), um conjunto de desejos (*Goals ou Desires*), uma coleção de intenções (*Intentions*) e um conjunto de planos (*Plans*), que são mapeados por um interpretador nos eventos que são recebidos.

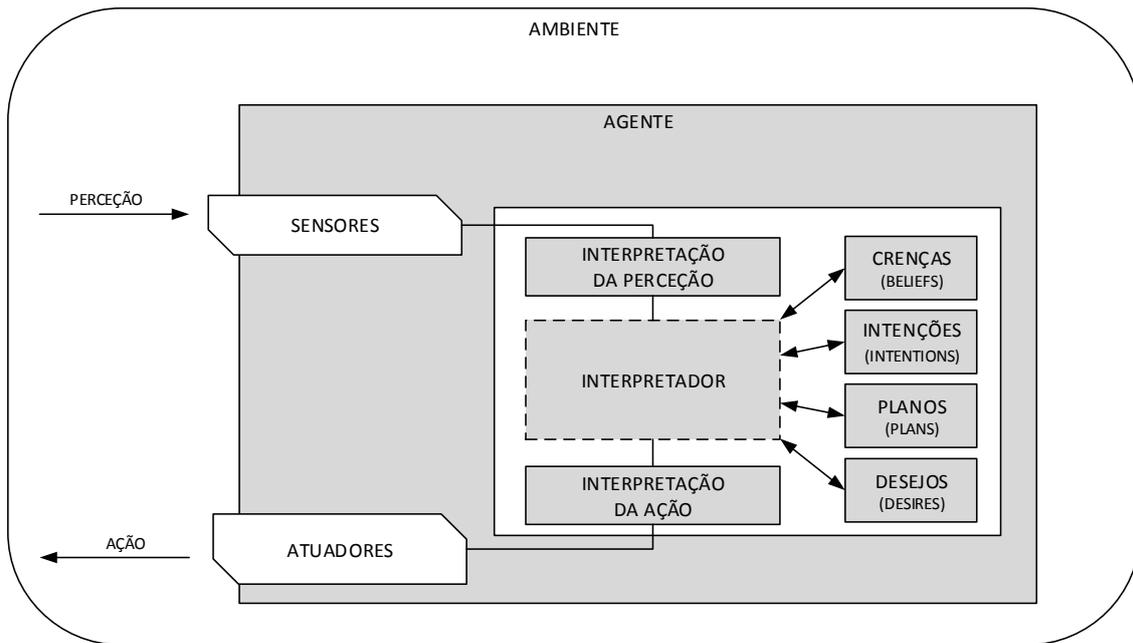


Figura 17: Arquitetura PRS.

O agente angaria informação acerca do seu ambiente reagindo a eventos (externos ou gerados internamente), os quais tenta processar localizando planos que neles se mapeiem. O conjunto de planos que se mapeiam no evento designa-se desejos (*desires*). O agente seleciona um plano a partir da sua lista de desejos para executar, tornando-se este uma intenção (*intention*). A execução das intenções pode gerar novos eventos, que são processados em ciclo. *Beliefs* representam a informação que o agente possui sobre o seu ambiente. O conjunto de *beliefs* pode ser atualizado durante a execução do Agente, como resultado da sua percepção do ambiente que o rodeia.

Os agentes reativos utilizam, como se referiu antes, um conjunto de regras, não armazenando um modelo simbólico do mundo. Apesar de serem mais limitados ao nível da capacidade de raciocínio, têm a vantagem de serem mais leves, e, como tal, de terem uma execução substancialmente mais rápida do que os tipos de agentes alternativos. Os primeiros agentes reativos executavam ciclos contínuos *Sentir-Planear-Agir* (*Sense-Plan-Act*), de forma sequencial. Rodney Brooks (1986) propôs a arquitetura de subsunção (*subsumption*), no contexto dos trabalhos de investigação para a construção de robôs comportamentais. Nesta arquitetura, os comportamentos são organizados em camadas de competência, com uma hierarquia definida. Os comportamentos nos níveis mais baixos correspondem a ações mais simples, os comportamentos nos níveis mais elevados correspondem a ações direcionadas ao objetivo a atingir/ tarefa a

executar. As camadas nos níveis mais altos têm maior prioridade e podem interromper ou retomar as tarefas nos níveis inferiores. Comparativamente ao modelo Sentir-Planear-Agir, os modelos de subsunção paralelos em vez de sequenciais suportam maior escalabilidade, uma vez que novas camadas comportamentais podem ser adicionadas sem interferir com as restantes.

Russel e Norvig (2009) propõem uma classificação distinta para as arquiteturas de agentes, classificando-as em quatro tipos: (1) agentes simples reflexivos; (2) agentes reflexivos com estados; (3) agentes baseados em objetivos; (4) agentes baseados na utilidade.

Os agentes simples reflexivos usam uma base de conhecimento, contendo regras. Estas regras são comparadas com a percepção, a fim de se detetar uma correspondência. Quando esta é encontrada, a ação correspondente é implementada. Correspondem aos agentes puramente reflexivos anteriormente referidos.

Os agentes reflexivos com estado mantêm o estado do ambiente entre diferentes percepções. As regras existentes na base de conhecimento são avaliadas usando não só a percepção, mas também o estado em que o ambiente se encontra.

Os agentes orientados a objetivos mantêm também o estado do ambiente. Adicionalmente, têm um objetivo a atingir, que é concretizado executando um conjunto de ações. Através dum processo de raciocínio, determina, com base na percepção, no estado atual do ambiente e no objetivo, que ações executar.

Os agentes baseados na utilidade são semelhantes aos agentes orientados a objetivos, mas integram, adicionalmente, um mecanismo de medição da utilidade, que lhes permite avaliar, no final, qual o nível de sucesso atingido ao encontrar a solução.

Arquitetura híbrida

Em muitos casos a melhor solução não é obtida usando agentes puramente reativos ou proativos. O modelo híbrido envolve a criação de diferentes subsistemas, para implementar os comportamentos, sendo estes organizados numa hierarquia de camadas (Wooldridge, 2002). Uma ou mais camadas implementam o comportamento reativo do agente, enquanto outras implementam o comportamento deliberativo. O seu objetivo é combinar os benefícios associados a ambas as abordagens. Wooldridged (1995) classifica as arquiteturas de agentes híbridas em duas categorias principais:

Empilhamento Horizontal

Nesta arquitetura, todas as camadas de agentes estão diretamente ligadas aos sensores de entrada. Cada das camadas existente pode tomar decisões de acordo com as suas percepções. Uma vez que todas as camadas correm de forma concorrential, existe um perigo efetivo de serem tomadas decisões contraditórias ou conflituosas entre camadas.

Empilhamento vertical

A informação e o controlo são passados entre camadas adjacentes. No modelo de controlo de passo único (*one pass control*), a passagem da informação e dos fluxos de controlo é feita das camadas inferiores para as camadas imediatamente acima. A última camada (de topo) tem acesso a toda informação do agente e à ação de saída. No modelo de passo duplo (*two pass control*), a informação é passada dos níveis mais baixos para os superiores, e o fluxo de controlo é passado dos níveis superiores para os inferiores.

3.1.3 Sistemas baseados em agentes

3.1.3.1 Sistemas Multiagente

Os sistemas multiagente (MAS – *Multi Agent Systems*) são sistemas constituídos por agentes potencialmente diversificados (ou seja, heterogêneos), capazes de partilhar tarefas com os seus pares para atingir os objetivos individuais definidos (Bond & Gasser, 1988). Nos sistemas MAS não existe um mecanismo central de controlo: os agentes interagem entre si para efeitos de troca de informação e colaboração, com vista à execução de tarefas complexas, coordenando as suas ações.

Wooldridge (1992) classifica os sistemas multiagente como uma subclasse de sistemas distribuídos, sendo fundamentalmente diferentes destes por duas razões fundamentais: (1) os agentes são assumidamente autónomos, necessitando de coordenar as suas atividades em tempo de execução, não dependendo de um sistema de coordenação central predefinido; (2) as interações entre os agentes ocorrem num contexto em que cada um dos intervenientes tem

interesses próprios e, como tal, não partilha um objetivo comum central, como acontece nos sistemas distribuídos mais típicos

Sycara (2001) descreve um sistema multiagente como possuidor das seguintes características: (1) cada agente tem capacidades limitadas, como tal, possui informação incompleta ou capacidades parciais para a resolução de um problema, bem como uma visão parcial das tarefas globais a executar; (2) os dados são descentralizados, não havendo qualquer sistema de controlo central; (3) a computação é realizada de forma assíncrona.

No contexto dos sistemas multiagente, uma das tarefas mais importantes é, segundo Wooldridge (2002), identificar e compreender que tipos de interações ocorrem entre os agentes, uma vez que as mesmas determinam de que forma o sistema opera e evolui. Os sistemas consistem em esferas de visibilidade e influência que se intercetam, gerando necessidades de interação. A Figura 18 ilustra a arquitetura de um sistema multiagente.

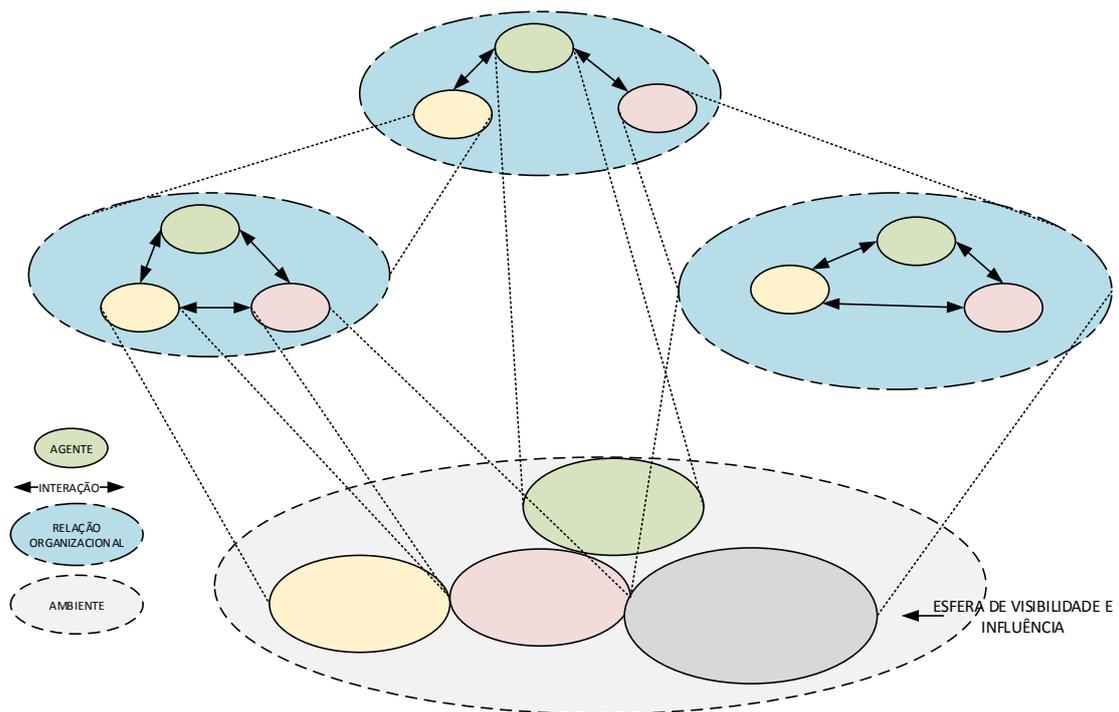


Figura 18: Arquitetura de um sistema multiagente (Jennings, 2000).

Os componentes essenciais dos sistemas multiagente são os agentes, as interações e as relações entre as organizações (Jennings, 2000). As interações entre agentes refletem as relações

entre as organizações que, em múltiplos casos, evoluem. Adicionalmente, novas relações são criadas durante o tempo de vida do sistema multiagente.

O conceito de composição de agentes está relacionado com o conceito de sistema holónico, introduzido por Koestler (1967). O autor foi inspirado pela biologia, em que entidades (seres) são compostas por múltiplas entidades mais granulares, que colaboram na sua constituição, participando a diferentes níveis de granularidade. A abordagem holónica promove o conceito de sistemas compostos por outros sistemas, sendo recursiva por natureza (Jackson & Keys, 1984). Uma “holarquia” é um sistema composta por hólons, que são entidades capazes de representar um papel como partes de um todo, e como um todo ao mesmo tempo (Koestler, 1967). Ao nível do seu interface, um hólón age como uma entidade única (por exemplo, um agente). A nível interno, pode ser decomposta noutros hólons (por exemplo, uma comunidade de agentes). Esta recursividade está ilustrada na Figura 19.

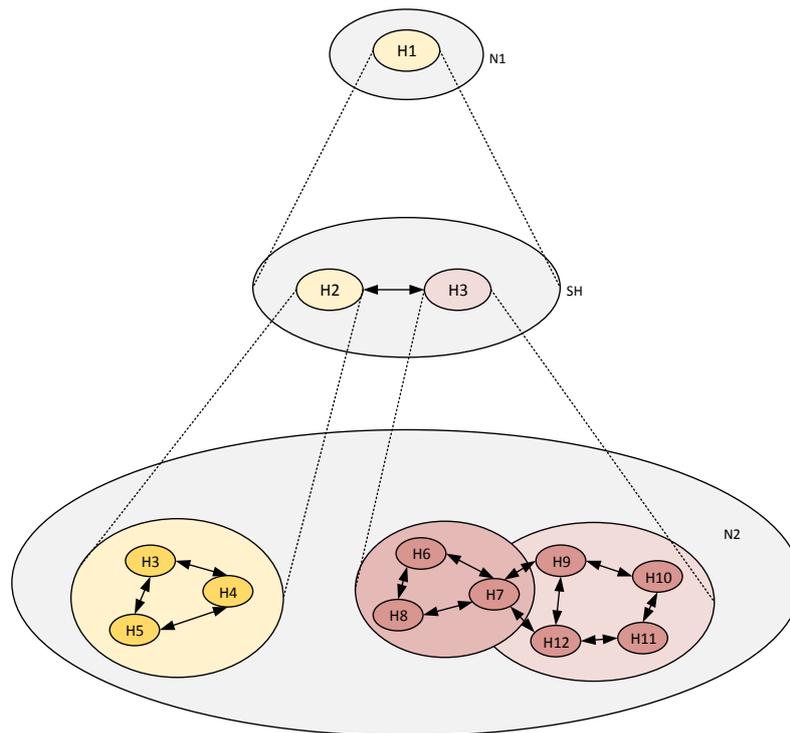


Figura 19: Estrutura hierárquica duma holarquia.

$N1$ corresponde à camada de mais alto nível da hierarquia, contendo a “holarquia”. Na prática, internamente $H1$ corresponde à “subholarquia” SH composta pelos hólons $H2$ e $H3$. Ao

nível interno, cada um destes hólons corresponde a “subholarquias”, neste caso pertencentes ao nível *N2*. Esta estrutura é recursiva, podendo ter tantos níveis quanto os necessários.

3.1.3.2 Agentes Inteligentes

Wooldridge e Jennings (1995) definiram agente inteligente como sendo um sistema computacional baseado em *hardware* ou *software* apresentando as seguintes características: (1) autonomia, operando sem necessidade de intervenção humana, e possuindo controlo sobre as ações que realizam e o seu estado interno; (2) capacidade de socializar, interagindo com outros agentes ou humanos, usando uma linguagem de comunicação para agentes; (3) capacidade de comunicar com outros agentes recorrendo a uma linguagem de comunicação de agentes; (4) reatividade, possuindo a capacidade de perceber o ambiente que os rodeia e de responder a alterações que ocorrem no mesmo, para que possam atingir os objetivos asi associados; (5) proatividade, possuindo a capacidade de realizar comportamentos, por sua iniciativa, para satisfação dos seus objetivos.

Os ambientes em que os agentes existem podem ser classificados como (1) acessíveis ou não acessíveis, sendo que um ambiente considerado acessível é aquele em que o agente tem acesso a informação completa, atualizada e precisa sobre o ambiente; (2) determinísticos ou não determinísticos, sendo determinístico o ambiente em que uma ação tem um efeito garantido, não havendo incerteza quanto ao seu resultado; (3) estático ou dinâmico, sendo estático o ambiente que só é alterado por ação direta do agente, não existindo outros processos capazes de o alterar sem a influência direta do mesmo; (4) discreto ou contínuo, sendo discreto o ambiente em que existe um número finito de estados (Russel & Norvig, 1995). Os agentes não têm tipicamente controlo sobre o ambiente, sendo apenas capazes de o influenciar.

Ambientes inacessíveis (em que o agente não consegue obter informação atualizada e completa sobre os mesmos), não determinísticos (em que a ação do agente não tem um efeito único garantido) e contínuos (em que existe um número indeterminado de múltiplos estados possíveis e dinâmicos, envolvendo vários agentes a induzir alterações simultâneas), impõem maiores exigências ao nível do comportamento dos agentes (Wooldridge, 2002).

(Kirn et al., 2006) definem agentes de *software* inteligentes como sendo agentes de *software* capazes de operar num ambiente não determinístico, interpretando de forma contínua o

seu ambiente, e respondendo atempadamente às alterações que vão ocorrendo. A resposta pode consistir num comportamento reativo, despoletado pela ocorrência de alterações de tipo específico, ou em ações orientadas a um objetivo definido. O comportamento proativo ocorre quando o agente assume a iniciativa de alterar o ambiente em que está inserido de forma a conseguir concretizar os seus objetivos.

3.1.3.3 Agentes Móveis

No que concerne à mobilidade, os agentes podem ser divididos em móveis ou estacionários. Um agente estacionário está circunscrito a um sistema, e quando precisa de consumir informação que resida noutro sistema interage com agentes que aí residam. Por oposição, um agente móvel possui a capacidade de se transferir entre sistemas, transportando consigo o seu estado e código executável (Lange & Oshima, 1999).

Esta capacidade migratória dos agentes móveis permite que estes operem no sistema mais próximo do local onde devem ser produzidos os resultados, potencialmente otimizando a rapidez de execução, diminuindo a sobrecarga na rede e minimizando a latência. Por outro lado, permitem uma adaptação rápida dos sistemas multiagente à realidade, o que é uma vantagem importante no contexto de sistemas evolutivos. Adicionalmente, as suas características de mobilidade estão associadas a um elevado encapsulamento, quer ao nível do código de execução quer ao nível da utilização de protocolos de rede. Este encapsulamento facilita a implementação de sistemas distribuídos heterogéneos.

A utilização de agentes móveis levanta algumas preocupações de segurança que motivam cuidados suplementares na definição de arquitetura onde este tipo de agentes seja necessário. Apesar de serem, na sua génese, benignos, a ideia de uma empresa externa ter agentes de *software* a entrar dentro da sua rede interna e a efetuarem pesquisas sobre as suas bases de dados localmente, assusta de forma evidente os administradores de sistemas mais cautelosos. Nwana (1996) refere esta preocupação como uma das principais limitações dos agentes móveis.

Nwana (1996), citando Wayner (1995), enumera os principais desafios que se colocam aos agentes móveis: (1) transporte, ou seja, como um agente se move de um sistema para outro; (2) autenticação, ou seja, como se pode garantir que o agente é quem afirma ser e que não está funcionalmente comprometido devido a infeções com código malicioso; (3) privacidade, ou seja,

como se garante que o agente mantém a privacidade dos dados quando passa de um sistema para outro; (4) segurança, ou seja, como conseguimos controlar um agente para garantir que ele se vai comportar de forma a não comprometer as políticas de acesso e de confidencialidade da informação; (5) transação, ou seja, como é que agente poderá pagar por serviços, e como se garante que as transações por si geradas estão sob controlo; (6) desempenho, ou seja, como se garante que a existência de centenas ou milhares de agentes não compromete os recursos computacionais e a rede; (7) interoperabilidade, nomeadamente, como se possibilita que um agente localize outros agentes, como se permite que um agente escrito com uma linguagem interaja com outro escrito numa linguagem diferente e como se publicam serviços, entre outros.

Chess, Harrison e Kershenbaun (1997) realizaram uma análise crítica da utilização de agentes em serviços de rede, comparando os benefícios potenciais associados à sua utilização com as preocupações que a mesma suscita, particularmente ao nível da segurança. Adicionalmente avaliaram a utilização de agentes móveis com a utilização de tecnologias alternativas, com vista a atingir os mesmos objetivos. Concluíram que, apesar de nenhuma das vantagens individuais associadas à utilização dos agentes ser exclusiva à própria tecnologia (e, como tal, poderem ser concretizadas recorrendo a tecnologias alternativas), o facto de os agentes móveis agregarem um leque integrado de vantagens torna-os apetecíveis e relevantes em contextos de utilização em rede efetivos sendo, portanto, uma solução interessante para estes cenários.

3.2 Comunicação entre Agentes

3.2.1 Arquiteturas de comunicação

A comunicação entre agentes de *software* baseia-se na troca de mensagens. Os agentes trocam mensagens entre si de forma a coordenarem as suas ações, com vista a conseguirem concretizar os seus objetivos. Existem várias arquiteturas de suporte à comunicação entre agentes, das quais se destacam (1) quadro negro (*blackboard*), (2) arquitetura de mensagens e (3) arquitetura de facilitação, sendo estas descritas de seguida.

Quadro Negro (Blackboard)

Um sistema de quadro negro implementa uma arquitetura genérica, orientada à resolução de problemas, que permite a integração de múltiplas fontes de conhecimento (Englemore & Morgan,

1988). O quadro negro permite que os agentes comuniquem através de um meio partilhado, onde o resultado da interação por si realizada possa ser consultado e interpretado pelos seus pares. A Figura 20 ilustra a arquitetura baseada em quadro negro.

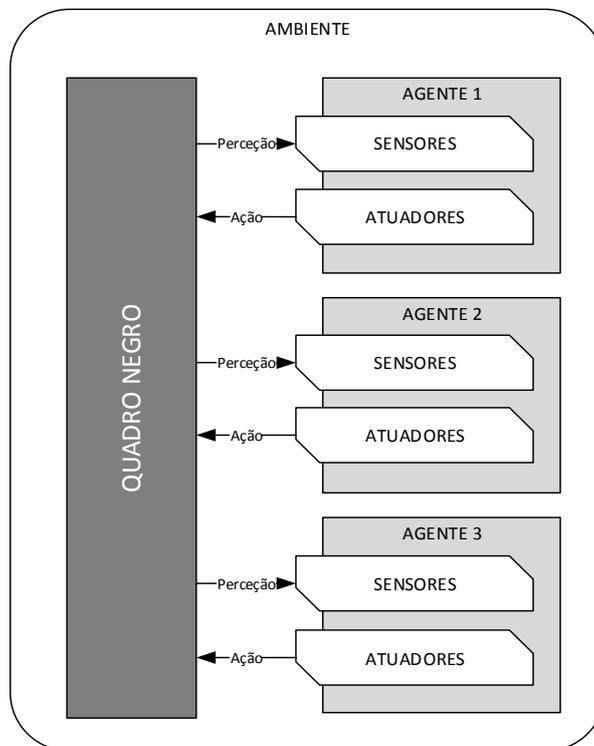


Figura 20: Modelo de comunicação baseado em quadro negro.

O quadro negro desempenha o papel de repositório central, ao qual se conectam agentes, neste contexto classificados como fontes de conhecimento. Estes agentes podem armazenar informação no quadro negro, e obter informação a partir deste. Adicionalmente, os sistemas baseados em quadro negro suportam a definição de listas de interesses, em que cada agente monitoriza e visualiza os assuntos que mais lhe dizem respeito. Por outro lado, suporta a atualização de estado por parte dos agentes, sendo-lhes permitida a adição de resultados ou consultas, que poderão depois ser consumidos por outros processos (Huns & Stephens, 1999). Existem múltiplas implementações da arquitetura de quadro negro, como, por exemplo, o FLiPSIDE (Schwartz et al., 1991) e o LINDA (Gelernter, 1985).

A principal vantagem associada à arquitetura baseada em quadro negro é a sua flexibilidade ao nível da configuração, permitindo a adição de novas fontes de conhecimento (agentes) sem impactar as existentes, sendo a sua arquitetura independente do tipo de tarefas a

executar. Uma das desvantagens dos sistemas de quadro negro é a de agirem como repositório central para todos os agentes, permitindo que estes o alterem diretamente. Este facto compromete o encapsulamento da informação e impõe condicionantes ao nível da sua segurança. Por outro lado, o quadro negro age como repositório central de hipóteses, implementando assim um recurso comunicacional centralizado, mas limitado. Um agente não pode solicitar a outro agente, de forma direta, a simples execução de uma tarefa e receber os resultados assim que estes estejam disponíveis, porque um tal pedido deve ser formulado como uma solução parcial e armazenado no quadro negro, o que muitas vezes não é adequado nem recomendável.

Arquitetura de mensagens

Num sistema baseado na arquitetura de mensagens, os agentes comunicam entre si de forma assíncrona, recorrendo a um modelo de endereçamento. Desta forma, um agente pode enviar uma mensagem a um outro agente, receber uma mensagem, e reagir em concordância, como se ilustra na Figura 21.

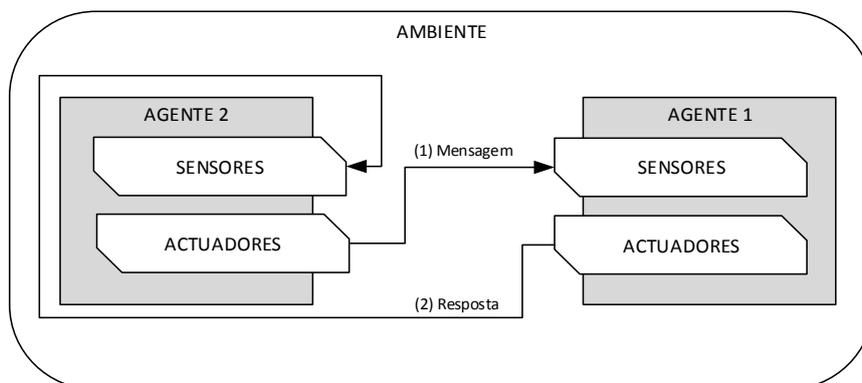


Figura 21: Comunicação direta por troca de mensagens.

As mensagens são baseadas na teoria dos atos de fala (*speech acts*) (Austin, 1962), que se baseia na interpretação e explicação de ações relacionadas com a comunicação humana. Austin notou que certas classes de expressões de fala (atos de fala) tinham características de ações, sendo capazes de alterar o mundo. O autor identificou um conjunto de verbos de ação (*performative verbs*), fazendo-os corresponder a diversos tipos de atos de fala. Segundo o autor, existem 3 aspetos relacionados com o ato de falar: (1) locutório, relacionado à construção e emissão de palavras ou frases com um determinado significado; (2) ilocutório, correspondendo à

intenção ou promessa associada à emissão; (3) perlocutório, correspondente ao resultado ou efeito desejado para a emissão.

O trabalho de Austin foi estendido por Searle (1969), que adicionou cinco classes para a classificação dos atos de fala: (1) representativos, que comprometem o recetor com a verdade de uma proposição, como, por exemplo *“informar”*; (2) diretivos, associados à tentativa de levar o recetor a fazer alguma coisa, como, por exemplo, *“requerer”*; (3) comissivos, em que o emissor se compromete com algo, como, por exemplo, *“prometer”*; (4) expressivos, em que o emissor expressa um estado psicológico, como, por exemplo, *“agradecer”*; (5) declarativos, e que se efetua uma mudança numa situação, como, por exemplo, *“declarar uma guerra”*.

A utilização de arquiteturas de mensagens está associada à utilização de protocolos de comunicação, que determinam a forma como as mensagens são construídas e transmitidas. Os protocolos KQML (*Knowledge Query and Manipulation Language*) (Finin et al., 1993; Tim et al., 1993) e FIPA-ACL (FIPA, 2002a), que se analisam na secção seguinte, são exemplos de implementação da arquitetura de troca de mensagens e são amplamente utilizados na comunidade científica. A principal vantagem associada aos protocolos de comunicação é a sua simplicidade, uma vez que incorporam uma estrutura fixa e definida. Por outro lado, os resultados da sua utilização em ambientes multiagente são facilmente verificáveis, uma vez que a linguagem usada pelos agentes é fácil de interpretar e validar, e a interoperação pode ser mais simples de concretizar, uma vez que os protocolos são conhecidos e estão bastante disseminados. A principal desvantagem associada a estes protocolos é a sua falta de flexibilidade após implementação, uma vez que a linguagem não pode ser adaptada pelos agentes quando estes enfrentam novas situações no seu ciclo de vida. Isto significa que mesmo que os agentes tenham a capacidade de aprender, não poderão enriquecer a linguagem que utilizam, por esta não ser evolutiva.

Linguagens evolutivas

As linguagens evolutivas (Bussink, 2004) são propostas como uma alternativa aos protocolos de comunicação. Baseiam-se na comunicação humana, em que diferentes gramáticas e vocabulários se desenvolvem à medida que a população evolui. No modelo evolutivo os agentes possuem um vocabulário e gramática vazios, quando iniciam a comunicação no ambiente. A linguagem é construída a partir das interações entre os agentes.

Steels (1996) sublinha o cariz evolutivo das linguagens, considerando que evoluem e se expandem de forma contínua ao longo do tempo. O autor destaca o facto dos seres humanos aprenderem as linguagens que estão disponíveis no seu ambiente e durante o seu período de vida, não as herdando como se uma dada linguagem fosse inata ao ser humano por determinação genética. O conceito de auto-organização é aplicado ao domínio das linguagens, considerando o autor que um vocabulário comum pode ser encarado como um fenómeno auto-organizado. A experiência *Talking Heads* realizada pelo autor (Steels, 1999) consistiu no desenvolvimento de um jogo da linguagem, utilizando agentes instalados em múltiplos laboratórios (Paris, Bruxelas, Amsterdão, Antuérpia, Londres e Cambridge). Em cada localização foi instalada uma “cabeça falante”, consistindo em duas câmaras interagindo com base num ambiente visual comum. Esse ambiente consistiu num quadro branco onde foram colocadas formas simples e coloridas. Cada agente associado às câmaras foi equipado por uma representação em árvore de atributos de classificação para um conjunto de indicadores visuais (espessura, níveis de cor, etc.). Dois agentes são escolhidos aleatoriamente da população, e confrontados com o mesmo ambiente visual de cerca de cinco formas. Um agente é aleatoriamente classificado como líder e o outro como ouvinte. O agente líder começa por medir a saliência dos objetos, e escolhe aquele que considera mais saliente (será o tema do jogo para a iteração em curso). Seguidamente escolhe uma característica distintiva do objeto dentro dos canais de classificação que conhece. Depois, tenta associar-lhe uma palavra, a partir do seu léxico, que tenha a associação mais forte possível à característica que identificou. Se não possuir qualquer palavra ou se nenhuma for adequada, cria uma nova palavra de forma aleatória. A palavra é partilhada com o ouvinte, que tenta mapeá-la, no contexto do léxico que conhece, com um significado que tenha a associação mais forte possível com a mesma (na prática, o inverso do que foi feito pelo agente líder). Uma vez encontrado, tenta mapeá-lo com as formas que visualiza no quadro, identificando uma das existentes. Finalmente, partilha a forma com o agente líder, a fim de avaliar se há ou não uma correspondência. Se a forma corresponder ao tópico do jogo, a iteração é classificada como sucesso, senão é classificada como insucesso. Em qualquer dos casos o ouvinte aprende uma nova associação entre a palavra e o seu significado mais forte. Este processo provoca a evolução da linguagem, permitindo a que novos agentes introduzidos na comunidade aprendam a linguagem entretanto criada, a partir de interações com os agentes existentes. O trabalho de Steels foi mais tarde estendido para suportar imagens em movimento (Steels & Baillie, 2003), para suportar diferentes modelos de aprendizagem (Vogt & Coumans, 2003) e para suportarem robots móveis dotados de maior autonomia (Nottale & Baillie, 2007).

Jim e Giles (2000) investigaram também o domínio das linguagens evolutivas, tendo recorrido a algoritmos genéticos (Mitchell, 1996) para suportar a evolução do vocabulário em comunidades de agentes que iniciam a sua vida com um vocabulário vazio, mas com uma gramática básica. Os agentes que integram a comunidade tentam usar palavras aleatórias. Os seus pares capturam estas palavras antes de executarem determinadas ações. O desempenho desses agentes é avaliado, sendo implementando o processo de seleção natural associado ao algoritmo genético. Após um elevado número de iterações, o vocabulário evolui, enriquecendo-se.

As linguagens evolutivas têm como vantagens principais a sua maior aproximação à evolução humana, e flexibilidade. No entanto levantam desafios significativos ao nível da interoperacionalidade, uma vez que diferentes comunidades de agentes podem gerar linguagens que evoluíram de forma independente, fazendo com que acabem por ser bastante diferentes entre si, o que poderá fazer com os agentes a elas pertencentes não consigam comunicar. Por outro lado, o processo evolutivo obriga a um investimento temporal que pode ser incompatível com os requisitos dos sistemas a implementar. Finalmente, a complexidade destes sistemas pode ser muito elevada, uma vez que a linguagem evolui de forma não controlada, podendo tornar-se muito difícil de interpretar e compreender. Este facto faz com que seja muito difícil verificar a linguagem produzida. Bădică (2011) defende que as linguagens evolutivas são mais adequadas para sistemas caracterizados por um elevado nível de homogeneidade dos agentes, sendo os protocolos de comunicação mais adequados nos restantes cenários, que incluem os sistemas industriais.

3.2.2 Protocolos

Como se referiu na secção anterior, as arquiteturas de comunicação baseadas em mensagens estão associadas à utilização de protocolos de comunicação. Estes definem a forma como a comunicação ocorre, bem como a linguagem de comunicação que deve ser usada. Tal pressupõe a utilização de um padrão que seja conhecido entre o emissor e recetor.

KIF

O consórcio KSE (*Knowledge Sharing Effort*) foi financiado pela ARPA nos anos 90, agregando quatro grupos de trabalho com objetivos complementares: (1) *Interlingua*, focado na tradução entre diferentes linguagens de representação; (2) *KRSS (Knowledge Representation Systems*

Specification), focado na definição dos construtores básicos comuns para famílias de linguagens de representação; (3) *SRKB (Shared, Reusable Knowledge Bases)*, focado na facilitação do consenso ao nível dos conteúdos de bases de conhecimento partilhadas; (4) *External Interfaces*, focado na definição de formas de interação, em tempo de execução, entre as bases de conhecimento e outros módulos ou agentes (Neches, 1994).

O KIF (*Knowledge Interchange Format*) (Genesereth & Fikes, 1992), formato para a troca de conhecimento, foi resultado do grupo “*Interlingua*”. Paralelamente, o KQML (*Knowledge Query and Manipulation Language*) foi criado pelo grupo “*External Interfaces*”, como sendo uma linguagem para consulta e manipulação de conhecimento.

O KIF é usado para estabelecer as propriedades das entidades de um domínio (como, por exemplo, “*o carro é azul*”), as relações entre entidades de domínio (“*o António é dono do carro*”) e as propriedades gerais do domínio (“*todos os carros devem possuir uma matrícula*”). A Figura 22 ilustra alguns exemplos de expressões KIF.

<i>Encomenda 648 necessita de mais 10 dias para ser completada</i>
(= (dias-para-conclusao order648) (dias-calendario 360 horas))
<i>Uma encomenda está em curso enquanto não entregue</i>
(defrelation em-curso (?x) := (and (encomenda ?x) (not (entregue ?x))))
<i>Todas as empresas podem ser fornecedores</i>
(defrelation empresa (?x) => (fornecedor ?x))

Figura 22: Exemplos de expressões KIF.

No primeiro exemplo serão definidas duas funções: *dias-para-conclusão*, aceitando um parâmetro com um objeto (encomenda 648 neste caso); e *dias-calendario*, aceitando dois parâmetros (uma quantidade e uma unidade, que são convertidas em dias de calendário). No segundo caso, o símbolo := significa “é” e ?x é uma variável que se comporta como parâmetro, sendo definidas duas relações (encomenda e entregue) cada uma delas aceitando um parâmetro. No terceiro exemplo são definidas duas relações, cada uma delas aceitando um parâmetro.

KQML

O KQML (*Knowledge Query and Manipulation Language*) (Finin et al., 1993; Tim et al., 1993) define um conjunto de afirmações (*performatives*), que se mapeiam em operações que os agentes realizam.

No KQML a comunicação é estabelecida com base em três camadas individuais: (1) a camada de comunicação, incluindo a sua identificação e a identificação do emissor e recetor, entre outros; (2) a camada de mensagem, estruturada de acordo com o próprio KQML; (3) a camada de conteúdo, podendo este ser codificado usando qualquer linguagem de representação.

A Figura 23 ilustra as camadas base em que se divide a comunicação no KQML.

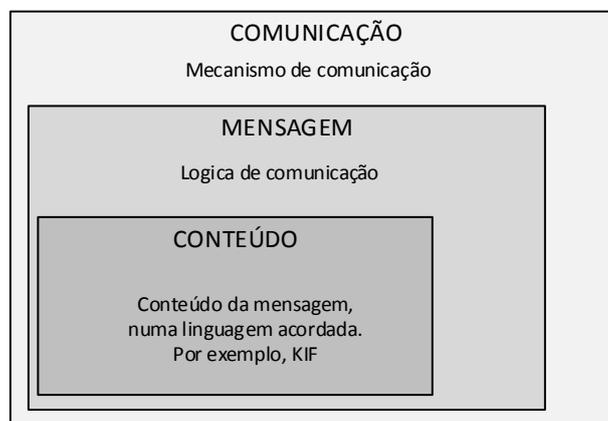


Figura 23: As três camadas em que se divide a linguagem KQML.

Uma mensagem KQML consiste numa declaração (classe da mensagem) e em dados fornecidos em pares (chave, valor), consistindo em expressões KIF.

A Tabela 14 descreve algumas das performativas previstas na linguagem KQML.

Tabela 14: Lista parcial de classes de mensagem KQML, por categoria.

Categoria	Chave/Performativa	Significado AE=emissor, AR=Recetor
Consultas básicas	evaluate	AE quer que AR simplifique a frase
	ask-if	AE quer saber se a frase está na base de conhecimento de AR
	ask-about	AE quer todas as frases relevantes na base de conhecimento de AR
	ask-one	AE quer uma das respostas do AR a uma pergunta
	ask-all	AE quer todas as respostas do AR a uma pergunta
Consultas de resposta múltipla	stream-about	Pede que conjunto de respostas múltiplas a <i>ask-about</i> sejam enviados individualmente.
	stream-all	Pede que conjunto de respostas múltiplas a <i>ask-all</i> sejam enviados individualmente.
Respostas	reply	Comunica uma resposta esperada
	sorry	AE não pode fornecer uma resposta informativa
	tell	A frase está na base de conhecimento de AE
Informativas genéricas	achieve	AE quer que AR faça algo, deseja influenciar o seu comportamento, tipicamente para que algo passe a verdadeiro no seu ambiente
	deny	A performativa incluída já não se aplica ao AE
	untell	A frase não está na base de conhecimento de AE
	unachieve	AE quer cancelar um <i>.achieve</i> anterior.
	advertise	AE está disponível para processar uma performativa
Definição de capacidades	subscribe	AE quer receber atualizações de respostas de AR a uma performativa
	monitor	AE quer as respostas do AR a um <i>stream-all</i>
Rede	register	AE pode entregar performativas a um agente com um dado nome
	unregister	AE está a negar um <i>register</i>
	forward	AE quer que AR encaminhe uma performativa
	broadcast	AE quer que AR envie uma performativa através de todas as conexões
Gerador	standby	AE quer que AR esteja pronto para responder a uma <i>performativa</i>
	ready	AE está pronto a responder à última performativa mencionada por AR
	next	AE quer a próxima resposta a uma performativa anteriormente mencionada
	rest	AE quer as restantes respostas a uma performativa anteriormente mencionada
	discard	AE não quer as restantes respostas a uma performativa anteriormente mencionada

Os parâmetros previstos para o KQML encontram-se enumerados na Tabela 15.

Tabela 15: Lista parcial de parâmetros previstos no KQML.

Parâmetro	Significado
:content	Conteúdo da mensagem
:force	Define se o emissor da mensagem irá alguma vez negar o seu conteúdo
:reply-with	Indica se o emissor espera uma resposta, e o identificador a usar nesse caso
:in-reply-to	Referência ao parâmetro: <i>reply-with</i>
:sender	Emissor da mensagem
:receiver	Recetor pretendido para a mensagem
:language	Linguagem em que o conteúdo está representado
:ontology	Ontologia associada ao conteúdo

A Figura 24 ilustra a troca de mensagens entre dois agentes, usando KQML. No exemplo apresentado, o agente emissor (AE) obtém do agente receptor (AR) informação sobre o estado da encomenda 1.

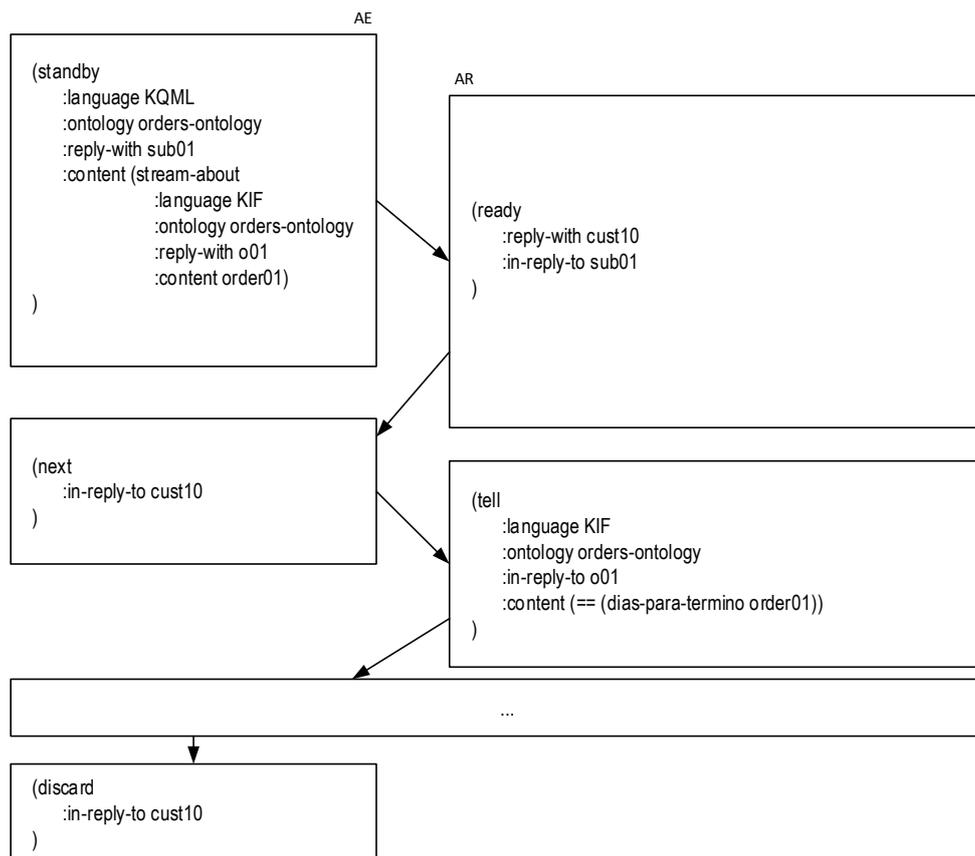


Figura 24: Exemplo de comunicação baseada em KQML.

O KQML introduz o conceito de facilitador. Este agente tem como missão manter um registo com os nomes dos serviços disponíveis, reencaminhando mensagens para os fornecedores associados. Efetua assim a ponte entre os consumidores e os fornecedores da informação, desempenhando um duplo papel de mediadores e tradutores. Estes agentes possuem encaminhadores KQML próprios, para processarem o tráfego consigo relacionado e trabalham exclusivamente com mensagens KQML. Habitualmente existe um facilitador KQML por cada grupo de agentes. No entanto, podem existir múltiplos agentes facilitadores no seio do mesmo grupo, para efeitos de redundância. Quando cada um dos agentes inicia execução, o encaminhador (router) anuncia-se ao facilitador local, ficando assim registado na sua base de dados local.

FIPA

A FIPA (*Foundation for Intelligent Physical Agents*) foi criada em 1996 como associação sem fins lucrativos para desenvolver um conjunto de protocolos relacionados com a tecnologia de agentes de *software*. Inicialmente o trabalho da FIPA focou-se na definição de áreas de aplicação referência, para lançar as bases do trabalho de normalização seguinte. Um ano após o seu lançamento propôs uma coleção de especificações, dividida num grupo normativo (tecnologias de integração/*middleware*, comunicação entre agentes e interação) e um grupo informativo (relacionado com as aplicações de agentes de software nas áreas de aplicação referenciadas).

No que concerne à comunicação entre agentes, foi feita uma avaliação entre duas linguagens de comunicação para agentes, com vista à definição do que viria a ser a FIPA-ACL: o KQML, abordado na seção anterior, e o ARCOL (Sadek, 1991), proposto pela France Télécom. Acabou por ser selecionado o ARCOL, que se viria a transformar na linguagem de comunicação para agentes FIPA-ACL ou, simplesmente, ACL (*Agent Communication Language*).

No final da década de 90 os protocolos FIPA foram estendidos de forma a suportarem o conceito de mobilidade de agentes, sendo acrescentado um serviço de ontologias para suportar a comunicação de forma eficiente. Em 2002, 25 das especificações FIPA foram promovidas a *standards*. No final de 2004 a organização foi descontinuada, devida a falta de apoios financeiros. Alguns meses depois, em meados de 2005, a FIPA foi incorporada como núcleo de atividades de normalização do IEEE, passando a designar-se FIPA-IEEE.

No que concerne à comunicação entre agentes, a FIPA introduziu várias especificações, que podem ser consultadas em (FIPA, 2000a). No que concerne ao suporte à comunicação, destacam-se as seguintes especificações:

- FIPA-ACL *Message Structure Specification* (SC00061) (FIPA, 2002a)
 - Define a forma como são construídas as mensagens, incluindo a lista de parâmetros que são admitidos.
- FIPA-ACL *Communicative Act Library Specification* (SC00037) (FIPA, 2002b)
 - Define como a comunicação se processa baseada em atos de comunicação (ou *Communicative Acts*, CA)
- FIPA-SL *Content Language Specification* (SC00008) (FIPA, 2002c)
 - Define a linguagem semântica usada para definir os atos de comunicação (*Semantic Language*, ou SL).
- FIPA *Request Interaction Protocol Specification* (SC00026) (FIPA, 2002d)
 - Define que mensagens são trocadas para a emissão de um pedido por parte de um agente emissor e a sua execução por parte dum agente participante.
- FIPA *Contract Net Interaction Protocol Specification* (SC00026) (FIPA, 2002e)
 - Define como se processa a negociação iniciada por um agente que pretende que outros agentes (participantes) lhe enderecem propostas para a execução de uma ou mais tarefas.
- FIPA *Agent Message Transport Service Specification* (SC00067) (FIPA, 2002f)
 - Especifica o mecanismo de transferência de mensagens FIPA-ACL entre agentes usando um protocolo de transferência de mensagens (MTP).

FIPA-ACL

O protocolo FIPA-ACL (FIPA, 2002a) consiste num *standard* de linguagem para comunicação entre agentes (ACL - *Agent Communication Language*) proposto pela FIPA (*Foundation for Intelligent Physical Agents*), baseada na teoria dos atos de fala (*Speech Acts*) (Austin, 1962). Derivou, como se referiu na secção anterior, do ARCOL (Sadek, 1991). O FIPA-ACL define a forma como a comunicação é implementada, partilhando uma ontologia comum entre os participantes no processo de comunicação. A sua estrutura base é similar ao KQML. As mensagens são iniciadas por um dos elementos que constam da Tabela 16.

Tabela 16: Lista de elementos que compõem uma mensagem FIPA-ACL, por categoria.

Categoria	Elemento	Significado
Tipo dos atos de comunicação	Performativa	Indica o tipo de ato de comunicação da mensagem ACL
Participante na comunicação	sender	Indica a identidade do emissor da mensagem
	receiver	Indica a identidade do recetor da mensagem
	reply-to	Indica que mensagens subsequentes devem ser enviadas para o agente indicado em <i>reply-to</i> , e não para o emissor
Conteúdo da mensagem	content	Indica qual o conteúdo da mensagem
Descrição do conteúdo	language	Indica em que linguagem o elemento conteúdo está representado
	encoding	Indica que codificação foi usada para o elemento conteúdo
	ontology	Indica qual a ontologia usada para atribuir significado ao elemento conteúdo
Controlo da conversação	conversaton-id	Expressão usada para identificar sequência de mensagens que em conjunto formam uma conversação.
	protocol	Indica qual o protocolo de interação usado com a mensagem presente
	reply-with	Indica que expressão deve ser usada pelo recetor para identificar a mensagem presente
	in-reply-to	Indica qual a expressão referência da ação anterior à qual a presente mensagem responde
	reply-by	Indica uma data e hora indicando qual o prazo limite antes do qual o agente emissor quer receber uma resposta.

As mensagens FIPA ACL baseiam-se na teoria dos atos de fala (*speech-act*) (Austin, 1962), sendo conhecidas como atos de comunicação ou *performativas*.

A Tabela 17 resume os principais atos de comunicação previstos no FIPA-ACL.

Tabela 17: Lista parcial de atos de comunicação suportados pelo FIPA-ACL.

Chave/ Ato comunicação	Significado AE=emissor, AR=Recetor
accept-proposal	AE declara a aceitação de uma proposta anterior enviada AR
agree	AE declara concordar com a execução de uma ação que tinha sido pedida pelo AR
cancel	AE quer cancelar um <i>request</i> anterior. Indica ao AR que intenção subjacente ao pedido anterior já não é válida
cfp	Agente está a emitir um pedido de propostas (call for proposals). Contém as ações a executar e condições em <i>content</i>
confirm	AE confirma ao AR que o conteúdo é verdadeiro
disconfirm	AE confirma ao AR que o conteúdo é falso
failure	AE comunica ao AR que a execução de uma ação anteriormente pedida falhou
inform	AE informa ao AR alguma coisa. AE deseja que AR acredite em algo. <i>Inform</i> e <i>request</i> são as performativas mais importantes.
inform-if	Usado tipicamente como conteúdo de <i>request</i> para pedir ao AR que indique se uma frase é verdadeira ou falsa
inform-ref	Usado tipicamente como conteúdo de <i>request</i> para pedir ao AR o valor de uma expressão
not-understood	Enviada pelo AE quando não entendeu a mensagem anterior do AR
propagate	Pede ao AR que faça a propagação da mensagem por outros agentes
propose	AE submete uma proposta para a execução e uma dada ação. Usado tipicamente como resposta a um <i>cfp</i>
proxy	AE deseja que AR selecione agentes alvo, de acordo com a descrição fornecida, e que lhes envie uma mensagem que está embebida
query-if	AE pergunta ao AR se uma determina proposição é verdadeira
query-ref	AE pergunta ao AR o valor de uma expressão ou o objeto referenciado
refuse	AE declara recusa em executar uma determinada ação, explicando as razões
reject-proposal	AE declara rejeição da proposta de execução de uma ação durante um processo negocial
request	AE solicita ao AR a execução de uma ação
request-when	AE solicita ao AR a execução de uma ação assim que a proposição indicada se torne verdadeira
request-whenever	AE solicita ao AR a execução de uma ação assim que a proposição indicada se torne verdadeira e sempre que esta se torne verdadeira
subscribe	AE declara uma intenção permanente de receber o valor de uma referência e ser notificado sempre que o objeto referenciado seja alterado

Cada um destes atos pode ser mapeado funcionalmente nas utilizações enumeradas na Tabela 18.

Tabela 18: Mapeamento entre performativas ACL e sua utilização típica.

Chave/ Ato comunicação	Negociação	Pedido de informação	Passagem de informação	Execução de ações	Gestão de erros
accept-proposal	X				
agree				X	
cancel		X		X	
cfp	X				
confirm			X		
disconfirm			X		
failure					X
inform			X		
inform-if			X		
inform-ref			X		
not-understood					X
propagate			X		
propose	X				
proxy			X		
query-if		X			
query-ref		X			
refuse				X	
reject-proposal	X				
request				X	
request-when				X	
request-whenever				X	
Subscribe		X			

O conteúdo da mensagem ACL pode ser baseado em qualquer linguagem que possibilite a sua interpretação (KIF, Prolog, objetos binários, objetos serializados, SQL, FIPA-SL, entre outras). A Figura 25 ilustra um exemplo básico de uma mensagem ACL com conteúdo em FIPA-SL.

```

(request
  :sender (:name agent01@somewhere.com)
  :receiver (:name agent02@targetlocation.com)
  :language FIPA-SL
  :ontology http://www.mydomain.com/BookingOntology
  :content
    (book-room (:startDate 01/01/2015) (:endDate 05/01/2015))
  :in-reply-to pedido01
  :reply-with reserva01
)

```

Figura 25: Mensagem FIPA-ACL exemplo.

Uma mensagem idêntica pode ser representada em XML, cumprindo o formato de definição de dados (DTD, ou *Data Type Definition*) proposto pela FIPA (2002g) como se ilustra na Figura 26.

```

<fipa-message act="request">
  <sender>
    <agent-identifier>
      <name id="agent01@somewhere.com"/>
    </agent-identifier>
  </sender>
  <receiver>
    <agent-identifier>
      <name id="agent02@targetlocation.com"/>
    </agent-identifier>
  </receiver>
  <content>
    ((action
      (book-room (:startDate 01/01/2015) (:endDate 05/01/2015))))
  </content>
  <language>FIPA-SL</language>
  <ontology>http://www.mydomain.com/BookingOntology</ontology>
  <in-reply-to>pedido01</in-reply-to>
  <reply-with>reserva01</reply-with>
</fipa-message>

```

Figura 26: Mensagem FIPA-ACL exemplo no formato XML.

Neste exemplo estamos a assumir que os agentes comunicarão entre si usando caixas de correio recorrendo a normas comuns, como o SMTP (*Simple Mail Transfer Protocol*) e o POP (*Post Office Protocol*). Esta abordagem pode facilitar a comunicação entre agentes residentes em locais

distintos, por exemplo, alojados em empresas geograficamente dispersas. Alternativamente podem ser usados outros métodos de comunicação, como http, https e CORBA, entre outros.

A linguagem de conteúdos FIPA-SL baseia-se na utilização de expressões de conteúdos de três tipos distintos, conforme se descreve na Tabela 19.

Tabela 19: Tipos de expressão previstos no FIPA-SL.

Tipo de expressão	Descrição	Exemplo
Proposição	Fórmula à qual se possa aplicar um valor de verdade num determinado contexto	(confirm :sender (agent-identifier :name a1) :receiver (set(agent-identifier :name a2)) :content ((is order01 in_production)) :language fipa-sl)
Ação	Ação a ser executada, por exemplo, a partir de um pedido/ <i>request</i>	(request :sender (agent-identifier :name a1) :receiver (set(agent-identifier :name a2)) :content ((action (agent-identifier :name a2) (deliver-available-units ord01))) :language fipa-sl :reply-with acao01)
Referência	Identificação de expressão de referência (IRE)	(request :sender (agent-identifier :name a1) :receiver (set(agent-identifier :name a2)) :content ((action (agent-identifier :name a2) (inform-ref :sender (agent-identifier :name a2) :receiver (set(agent-identifier :name a1)) :content ((iota ?x (FinishedLastOrder ?x))) :ontology orders :language fipa-sl) :language fipa-sl :reply-with acao02)

As ontologias consistem no vocabulário constituído pelas definições acordadas para o contexto de utilização, bem como as relações entre essas mesmas definições. Os agentes só conseguem comunicar sobre factos expressos numa determinada ontologia, que deve ser entendida pela comunidade de agentes. As especificações FIPA incluem uma especificação de serviços de ontologia (FIPA, 2000b), cuja implementação é opcional no contexto duma plataforma compatível com FIPA. Esta especificação propõe a existência de um agente de ontologia dedicado (OA) que assume diversas responsabilidades, nas quais se podem incluir: (1) suporte à descoberta de ontologias para acesso às mesmas; (2) apoio na seleção de uma ontologia partilhada para

comunicação; (3) manutenção do conjunto público de ontologias, incluindo o seu carregamento, descarregamento, registo, etc.; (4) tradução de expressões entre ontologias diferentes; (5) resposta a pedidos de informação sobre relações entre ontologias.

A Figura 27 ilustra um exemplo de integração entre dois sistemas, associados a bases de dados contendo produtos, que são armazenados usando atributos distintos. Por exemplo, numa das bases de dados a identificação do produto é *productref*(base de dados 1), na outra *productsku* (base de dados 2). Assumamos que está disponível um sistema multiagente baseado nas normas FIPA. Para auxiliar a sua operação, existe um agente facilitador de diretório (DF), no qual se registam todos os agentes que fornecem serviços à comunidade. Um desses agentes é o agente de ontologia (OA), que fornece os serviços mencionados no parágrafo anterior. Um agente cliente (A1) que deseje obter informação sobre produtos na base de dados 2 necessitará de traduzir a ontologia que utiliza para a ontologia adotada nessa base de dados. Para tal poderá: (1) consultar o agente de diretório para saber que agentes estão disponíveis para traduzir ontologias; (2) DF retorna-lhe o nome do agente de ontologias OA; (3) o agente A1 contacta o OA; (4) o OA traduz o termo da ontologia do servidor 1 para a ontologia do servidor 2, retornando a tradução compatível com a base de dados 2.

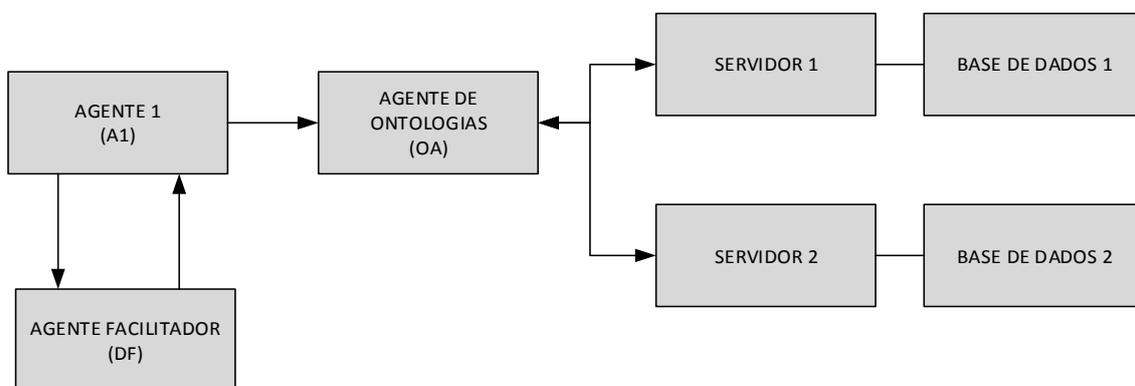


Figura 27: Cenário de utilização de agente de ontologias, baseado em FIPA (2000b).

Uma vez disponível e acessível a ontologia a utilizar, os agentes podem trocar mensagens de forma coordenada, com um entendimento mútuo sobre a informação transacionada.

A Figura 28 ilustra duas mensagens exemplo, trocadas no contexto da entrega de uma encomenda a um fornecedor candidato, e respetiva resposta de aceitação.

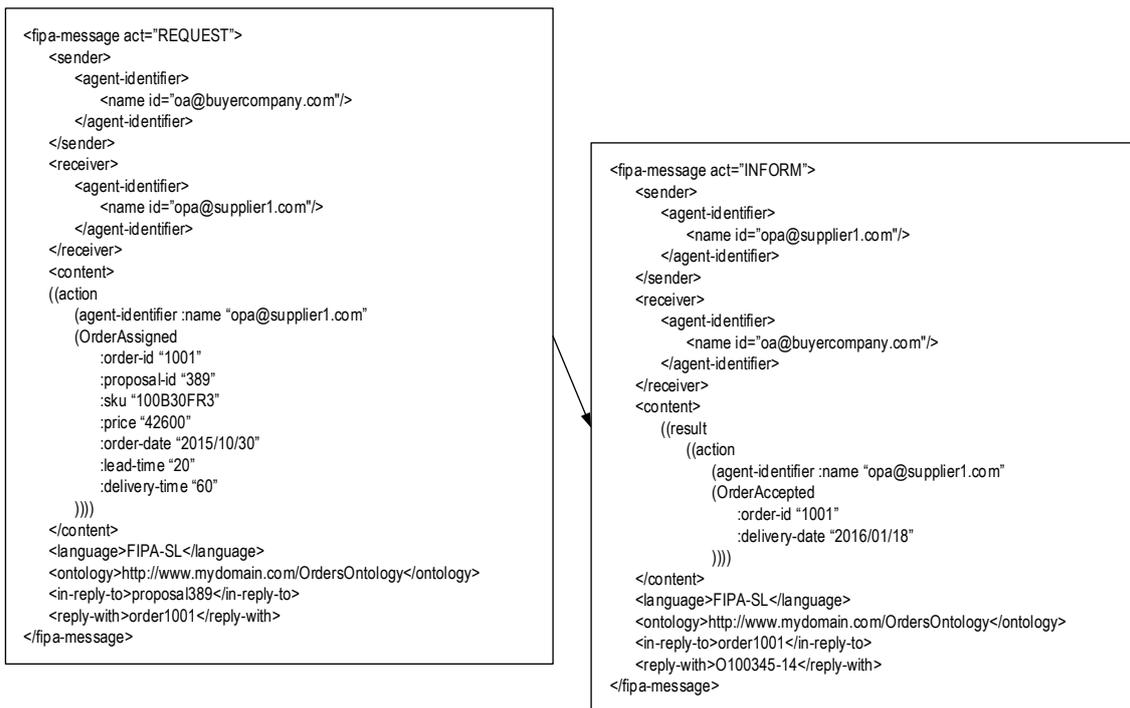


Figura 28: Exemplo de mensagens FIPA-ACL trocadas na atribuição de encomendas.

FIPA Contract Net Protocol

Um protocolo de interação define o papel de um emissor, de um ou mais recetores, da linguagem que será usada nas interações, e quais as ações a serem implementadas pelos participantes. O *Contract Net Protocol* (CNP) (Smith, 1980; Smith & Davis, 1981; Davis & Smith, 1988) foi proposto para resolver a necessidade de distribuição de alocação a tarefas no domínio da inteligência artificial. A FIPA ampliou o CNP inicial, tendo adicionado atos comunicativos para confirmação e rejeição (FIPA, 2002e). O CNP foi desenhado para suportar a interação entre um agente iniciador que necessita que um ou mais agentes (os participantes no processo negocial) executem uma qualquer tarefa, desejando otimizar uma função que caracteriza a tarefa (incindindo, por exemplo, sobre o preço, prazo de entrega, etc.). É implementado com base no *standard* para atos de comunicação FIPA-ACL (*Communicative Act Library*), sendo usado *fipa-contract-net* como valor do parâmetro *protocol* da mensagem.

O protocolo prevê a existência de dois papéis principais: iniciador e participante. Em qualquer altura um agente pode ser um iniciador, um participante ou ambos. A Figura 29 ilustra o seu papel no contexto do processo definido pelo *Contract Net Protocol*.

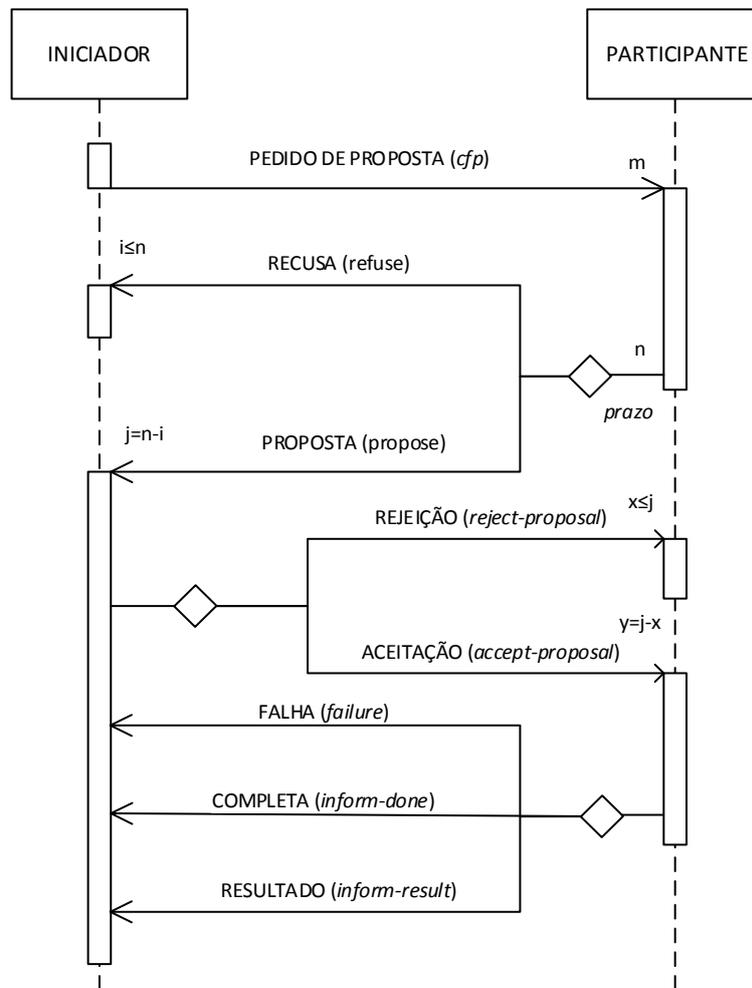


Figura 29: Protocolo FIPA Contract Net Interaction Protocol, adaptado de (FIPA, 2002).

O processo é despoletado quando o agente iniciador emite m pedidos de propostas, enviando mensagens *cfp* (*call for proposals*) a um conjunto de agentes participantes. A mensagem especifica a tarefa, bem como quaisquer condições que o iniciador deseja ver satisfeitas. O iniciador define um parâmetro *conversation-id*, que será usado em todas as mensagens trocadas no âmbito da conversação.

Os participantes irão enviar n respostas, sendo que j destas respostas irão corresponder a aceitações ($0 \leq j \leq n$), e i irão corresponder a recusas ($0 \leq i \leq n$). Associado ao pedido de propostas por parte do iniciador pode estar um prazo, findo o qual o agente avança para a fase de avaliação das mesmas. O prazo é indicado através do parâmetro *reply-by* da mensagem enviada pelo iniciador. Se todos os agentes participantes responderem, existirão $j = n - i$ propostas, e i recusas.

Uma vez recebidas as propostas, o agente iniciador avalia as respostas recebidas, e escolhe zero ou mais agentes. Seguidamente, envia aos x agentes não selecionados, uma mensagem *reject-proposal*, e envia aos y agentes selecionados uma mensagem *accept-proposal*.

Assim que os agentes, a quem foi atribuída a tarefa, concluem a sua execução, enviam uma mensagem *inform-done*, para notificar a conclusão, ou uma mensagem *inform-result*, para partilhar mais informações sobre o resultado. Se porventura o participante não conseguir concluir a tarefa com sucesso, devolve ao iniciador uma mensagem *failure*.

A FIPA prevê ainda a possibilidade de, em qualquer altura, um agente participante devolver ao agente iniciador uma mensagem *not-understood*, caso não consiga entender a mensagem que foi enviada. Como resposta, o iniciador pode cancelar todo o processo de interação emitindo uma mensagem de cancelamento, indicando o identificador da conversa em curso. Após a receção da mensagem de cancelamento, o agente participante devolve uma mensagem *inform-done* (cancelamento executado de forma normal) ou *failure*, caso algum problema o impeça de cancelar o processo.

Algumas variantes ao CNP foram sugeridas para mitigar algumas limitações que lhe foram apontadas. Uma dessas limitações é o risco de um participante com recursos limitados estar envolvido num processo de negociação, recebendo, em simultâneo, mais pedidos de cotação, no âmbito de outras consultas. Nessa altura terá duas alternativas: (1) não responder aos outros pedidos, perdendo negócios potenciais caso perca a negociação da proposta a concurso; (2) responder aos outros pedidos, arriscando-se a não ser capaz de satisfazer as duas (ou mais encomendas) no caso de vir a ganhar. As propostas de extensão ao CNP incluem o protocolo de negociação com garantia de cumprimento (AGP, ou *Acceptance-Guaranteed Protocol*), no qual o participante garante que será capaz de cumprir a encomenda quando esta lhe é atribuída, o que implica que não responderá a outros pedidos de cotação que, somados ao atual, excedam a sua capacidade. Alternativamente, foi proposta a variante sem garantia de cumprimento (NGP, ou *Nothing-Guaranteed Protocol*). Neste caso, quando a empresa compradora decide qual o fornecedor mais vantajoso, terá que enviar mensagens adicionais para confirmar se, nessa altura, esse fornecedor está em condições de cumprir com o fornecimento ou se, pelo contrário, ganhou outra encomenda num processo em paralelo e já não tem tal disponibilidade. A terceira variante proposta é a de garantia limitada (FGP, ou *Finite-time Guarantee Protocol*), significando que o fornecedor garante o cumprimento das condições da encomenda durante um determinado período

de tempo, ao fim do qual se sentirá livre de aceitar encomendas de outras empresas em processos de consulta que entretanto se iniciem.

Outros protocolos de comunicação, interação e coordenação

Existem vários protocolos de adicionais de suporte à comunicação de agentes, assumindo como objetivo definir como esta deve ser processada, nomeadamente o COOL (Omicini & Zambonelli, 1999), AgentTalk (Kuwabara et al., 1995), CoLa (Verharen et al., 1998; Cremonini et al., 1999), TuCSon (Ricci et al., 2001), LuCe (Denti & Omicini, 1999), STL++ (Schumacher et al., 1999), ICL - Interagent Communication Language (Martin et al., 1999), entre outros.

3.3 Engenharia de *software* orientada a agentes

3.3.1 Engenharia de *Software* e a evolução dos paradigmas

A amplitude de dispositivos e sistemas que são envolvidos nas atividades diárias dos indivíduos e organizações tem vindo a crescer motivando preocupações significativas ao nível da Engenharia de Software, com vista a viabilizar o desenvolvimento de sistemas de informação que os suportem e integrem. Dum modelo em que os componentes de *software* executam num ambiente estável, caracterizado pela utilização de um sistema operativo e um conjunto de tecnologias disponibilizadas a partir de localizações conhecidas, estamos a evoluir para um modelo distribuído, em que as componentes de *software* executam no âmbito de arquiteturas dinâmicas, podendo concretizar tarefas em diferentes sistemas operativos, domínios e ambientes. A localização dinâmica de serviços e sua composição, interoperacionalidade entre componentes de *software*, capacidade de planeamento, autogestão e negociação são requisitos cada vez mais frequentes nos sistemas de informação.

A criação de sistemas de *software* é um processo essencialmente complexo (Brooks, 1975). Os sistemas de *software* caracterizam-se por um elevado número de interações entre componentes externos. A complexidade dos sistemas de *software* é crescente, a par da necessidade de implementar processos que permitam não só o desenvolvimento mais rápido de soluções, como também contribuam para uma maior facilidade ao nível da manutenção dos sistemas. Esta necessidade de desenvolvimento rápido e manutenção facilitada é um desafio

clássico dos programadores (Pressman, 1997). A Engenharia de Software assume o papel fundamental de propor modelos de processos, técnicas e ferramentas que ajudem a satisfazer esta necessidade, ajudando na execução das tarefas mais típicas do ciclo de vida dos projetos de *software*, nomeadamente a conceptualização do sistema, a identificação de requisitos, o desenho do sistema, o seu desenvolvimento, integração, teste, instalação e manutenção.

Os primeiros sistemas de *software* foram desenvolvidos num modelo *ad-hoc*, inteiramente dependente do nível de conhecimentos e experiência dos membros da equipa de desenvolvimento, o que se traduziu em maus resultados ao nível da gestão do projeto de *software*, da previsibilidade e da estabilidade dos resultados (Paulk et al., 1993).

O modelo sequencial linear, conhecido por modelo de desenvolvimento em cascata (*Waterfall*), foi introduzido para estruturar o processo de gestão do ciclo de vida do *software*. É caracterizado por uma sequência de fases bem definidas (análise, desenho, desenvolvimento, teste e suporte), sendo classicamente usado em cenários em que os requisitos de desenvolvimento são estáveis e bem desenvolvidos. No entanto, a sua abordagem sequencial nem sempre é facilmente aplicável em projetos reais. O modelo assume que o desenvolvimento se segue a uma fase de definição extensiva de requisitos, não facilitando a alteração dos mesmos enquanto o desenvolvimento está em curso.

O modelo baseado em prototipagem foi introduzido para permitir concretizar mais rapidamente entregáveis passíveis de serem validados pelas pessoas envolvidas no processo (*stakeholders*), potenciando a obtenção de *feedback* mais cedo, e possibilitando a sua introdução nos processos de desenvolvimento seguintes. Perante a crescente dificuldade em obter um conjunto de requisitos bem identificado e estável durante as restantes fases do processo, foram introduzidas abordagens para permitir ciclos de desenvolvimento mais curtos, como o RAD (desenvolvimento rápido de aplicações), apostando-se de forma crescente em utilizar componentes que permitissem desenvolvimento mais rápido. No entanto, o risco associado a alterações de requisitos durante as fases de desenvolvimento e testes cresceu significativamente ao longo do tempo. A necessidade de ajustar requisitos funcionais, não funcionais ou condicionantes durante a fase de desenvolvimento é ainda mais frequente em cenários de mercado crescentemente dinâmicos, o que levanta dificuldades significativas ao nível dos processos de gestão do ciclo de vida do *software*.

Os modelos evolucionários (incremental e em espiral) foram introduzidos de forma a poderem tornar mais ágil o processo de desenvolvimento, promovendo a realização de incrementos de desenvolvimento, intercalados entre fases de validação. A introdução de novos requisitos entre incrementos de desenvolvimento é mais simples (e mais barata), tornando estes métodos mais compatíveis com cenários em que os requisitos são pouco estáveis ou pouco conhecidos.

O modelo de processos *Unified Process* foi introduzido para evitar as limitações dos modelos clássicos, baseando-se no modelo em espiral. Assume como fases principais a conceção (*inception*), a elaboração (*elaboration*), a construção (*construction*) e transição (*transition*), privilegiando a reutilização de componentes de código no processo de construção. Uma componente é uma parte não trivial, praticamente independente, e substituível, de um sistema que implementa uma função no contexto de uma arquitetura definida (Kruchten, 2003). A sua versão mais conhecida é o RUP - *Rational Unified Process*, existindo no entanto outras implementações alternativas, nomeadamente o EUP - *Enterprise Unified Process* (Ambler et al., 2005), OUM - *Oracle Unified Process* (Oracle, 2006), BUP - *Basic Unified Process* tendo sido transformando em OpenUP após a sua doação à fundação Eclipse em 2005 (Balduino, 2006; Balduino, 2007), entre outros. A necessidade de ser adaptado em função da realidade de cada projeto, tornando-se assim dependente do nível de experiência de quem o implementa, a par de uma grande ênfase na documentação e de um elevado custo temporal para implementação são reconhecidos como principais limitações do *Unified Process* (Qureshi & Barnawi, 2013).

A reutilização de componentes de *software* é considerada muito relevante desde há várias décadas. Douglas McIlroy já tinha defendido a organização do *software* em componentes no final da década de 60 (McIlroy, 1969). O modelo de desenvolvimento baseado em componentes (CBD, ou *Component Based Development*), que incorpora conceitos base da filosofia de desenvolvimento em espiral, assume como prioridade a reutilização de componentes de *software*, com o objetivo de ajudar a encurtar os tempos de desenvolvimento e de testes, bem como a facilitar o suporte e manutenção. Um componente de *software* individual pode consistir numa aplicação, num serviço, num recurso web ou num módulo que agrega e encapsula um conjunto de funções relacionadas. Os componentes comunicam entre si usando interfaces, onde publicitam que serviços disponibilizam. Assim, podemos ter componentes interoperando num contexto numa só aplicação (por exemplo, um conjunto de módulos, serviços e respetivos interfaces) ou ter aplicações

completas interoperando num ambiente de rede distribuído (comunicando entre si usando protocolos de rede).

O conceito de desenvolvimento baseado em componentes é frequentemente confundido com o modelo programação orientada a objetos. Na prática, ambos os paradigmas assumem como objetivo a reutilização de *software*, maximizada através do encapsulamento e abstração funcional. No entanto, a programação orientada a objetos está mais ligada à aproximação do modelo de programação ao mundo real, promovendo a criação de classes que se mapeiam em entidades, e a relações que implementam as dependências associadas (Meier, 1988; Cox & Novobilski, 1991). No modelo CBD, o objetivo principal é a reutilização de componentes já “fabricados”, num esforço de reaproveitamento modular menos orientado à representação lógica de um cenário real a suportar pelo *software* (Heineman & Councill, 2001; Szyperski, 1998; Szyperski, 2002).

Nos últimos anos a necessidade de maior agilidade ao nível dos processos de desenvolvimento, a par do crescente dinamismo dos mercados, e consequente acréscimo da probabilidade de alteração de requisitos durante os processos de desenvolvimento, veio privilegiar os modelos de processos de desenvolvimento que promovem o desenvolvimento iterativo e incremental. O *Agile Unified Process* (Ambler, 2002) consiste numa versão simplificada do RUP, e assume como objetivo a facilitação e agilização ao nível da modelação, incorporando também o conceito do desenvolvimento orientado a testes (*TDD – Test Driven Development*) (Fraser et al., 2003). O XP (*eXtreme Programming*) consiste numa metodologia de desenvolvimento que defende a criação de versões (*releases*) em ciclos de desenvolvimento curtos, promovendo assim o desenvolvimento incremental (Martin, 2003; Beck & Andres, 2004). O SCRUM é um processo de desenvolvimento ágil que defende a concretização de versões funcionais em incrementos (*sprints*), promovendo um conjunto de atos durante o processo para garantir o envolvimento de todos os intervenientes revelantes (equipa, dono de produto, mediador/ SCRUM master). O SCRUM não é uma metodologia, mas sim um processo, que pode ser combinado com outras metodologias, práticas e normas. Assim, o SCRUM pode ser aplicado sobre práticas de engenharia ou metodologias já adotadas nas organizações (Schwaber & Beedle, 2001).

O número crescente de trabalhos de investigação relacionados com agentes de *software* motivou o surgimento de múltiplas abordagens ao conceito da Engenharia de *Software* Orientada a Agentes (*Agent Oriented Software Engineering*, ou AOSE) (Giorgini et al. 2003; Odell et al., 2004). A programação de sistemas baseados em agentes levanta desafios adicionais motivados pela sua

elevada autonomia e potencial heterogeneidade. Ao desenhar um sistema baseado em agentes estamos a desenhar o estado inicial do sistema e a especificar os objetivos iniciais dos agentes (Lind, 2001). O sistema evolui depois com base na interação e coordenação de agentes, sem a presença de uma entidade de controlo centralizada. Estas condicionantes motivam a necessidade de adotar modelos de programação que se aproximem da realidade dos sistemas baseados em agentes e nas suas especificidades.

No que concerne ao desenvolvimento, ao longo dos últimos anos diversos paradigmas foram introduzidos na Engenharia de *Software* para permitir gerir a crescente complexidade dos sistemas. A evolução da programação não estruturada para a estruturada, e depois desta para a programação orientada a objetos (*OOP, de Object Oriented Programming*), foi causada por uma necessidade crescente de promover um encapsulamento entre as partes integrantes dos sistemas em desenvolvimento, potenciar uma maior reutilização do código produzido, e aproximar o modelo de desenvolvimento ao mundo real.

O foco na abstração, encapsulamento e reutilização de componentes resultou igualmente na introdução de vários padrões de desenho de *software (Software Design Patterns)* (Gamma et al., 1994) que foram também propostos com o objetivo de facilitar a criação, operação e manutenção de sistemas de software mais complexos.

Shoham (1989) propôs o termo Programação Orientada a Agentes (*AOP - Agent-Oriented Programming*) para descrever o paradigma de desenvolvimento baseado na visão cognitiva e social da computação. O autor caracteriza a AOP como uma especialização do paradigma de programação orientada a objetos (*OOP*). Segundo Shoham, ao contrário da OOP, que encara um sistema computacional como um conjunto de módulos que comunicam entre si, a AOP orienta o estado (*mental state*) dos agentes (módulos) para que consista em componentes chamados crenças (*beliefs*), capacidades, escolhas e outras noções similares. Os agentes interagem entre si, efetuando pedidos, aceitando, rejeitando ou informando os seus pares.

Lind (2001) estabelece um paralelo entre os elementos da programação orientada a objetos e a programação orientada a agentes, resumido na Tabela 20.

Tabela 20: Mapeamento de OOP com AOP, adaptada de Lind (2001).

	OOP	AOP
Estrutura	Classe	Papel específico no domínio
	Classe abstrata	Papel genérico
	Propriedades e variáveis	Crenças, conhecimento
	Métodos	Capacidades
Relações	Herança	Multiplicidade de papéis
	Instanciação	Papel específico no domínio + conhecimento individual
	Colaboração (<i>uses</i>)	Negociação
	Composição (<i>has</i>)	Sistemas <i>holónicos</i>
	Polimorfismo	Mapeamento (<i>matchmaking</i>)

Os padrões de desenvolvimento do *software* (Gamma et al., 1994) foram estendidos por (Aridor & Lange, 1998) para suportarem o desenvolvimento de sistemas baseados em agentes. Os autores identificaram um conjunto de padrões de desenho de agentes, que agruparam em três categorias principais: (1) viajantes (*travelling*), relacionados com o suporte a agentes móveis; (2) tarefas, relacionados com a decomposição das tarefas e sua delegação, e (3) interação, relacionados com a localização de agentes e a comunicação entre os mesmos.

Ulieru & Doursat (2011) propuseram a Engenharia Emergente (*Emergent Engineering*), para suportar a criação de sistemas baseados no comportamento que, quando confrontados com um ambiente, definem um conjunto de soluções e as selecionam de forma evolutiva, num processo de melhoria contínua. O conceito é introduzido como estratégia geral para o desenvolvimento de sistemas, e não especificamente para o domínio específico dos sistemas multiagente. De uma forma geral, a expansão acelerada de sistemas em rede complexos, que interligam múltiplos componentes de forma dinâmica, e que evoluem de forma espontânea e acelerada, motivam desafios adicionais ao nível da sua abordagem. Estes sistemas não podem ser definidos antecipadamente, uma vez que emergem das interações entre os seus componentes, nomeadamente, pessoas e máquinas. Neste contexto, o processo de desenho destes sistemas

não pode ser feito de forma global e antecipada, através de um processo de definição detalhada do sistema como um todo. A abordagem de cima para baixo, que inclui um processo de análise hierárquica do todo para as partes, torna-se inadequada para a sua análise e desenho. O nível de complexidade destes sistemas, e a sua natureza evolutiva, motiva a adoção de um processo de desenho orientado a dotar os componentes do sistema da capacidade de se acoplarem, desacoplarem e se reorganizarem, de forma evolutiva, num processo de desenho emergente (*design-by-emergence*) (Ulieru & Doursat, 2011).

As “holarquias” emergentes (Ulieru, 2004) requerem o desenho dos sistemas como composições recursivas de componentes que evoluem e se adaptam de forma contínua, sendo esta evolução uma propriedade intrínseca do sistema, e não uma forma de o otimizar (Carreras et al., 2009). Neste contexto, o sistema é desenhado para evoluir de modo a atingir, de forma dinâmica, os seus objetivos. Assim, numa abordagem holónica, o desenho do sistema é feito numa perspetiva de baixo para cima (*bottom-up*), ou seja, das partes para o todo, e não numa perspetiva de cima para baixo (*top-down*). A abordagem é ilustrada na Figura 30.

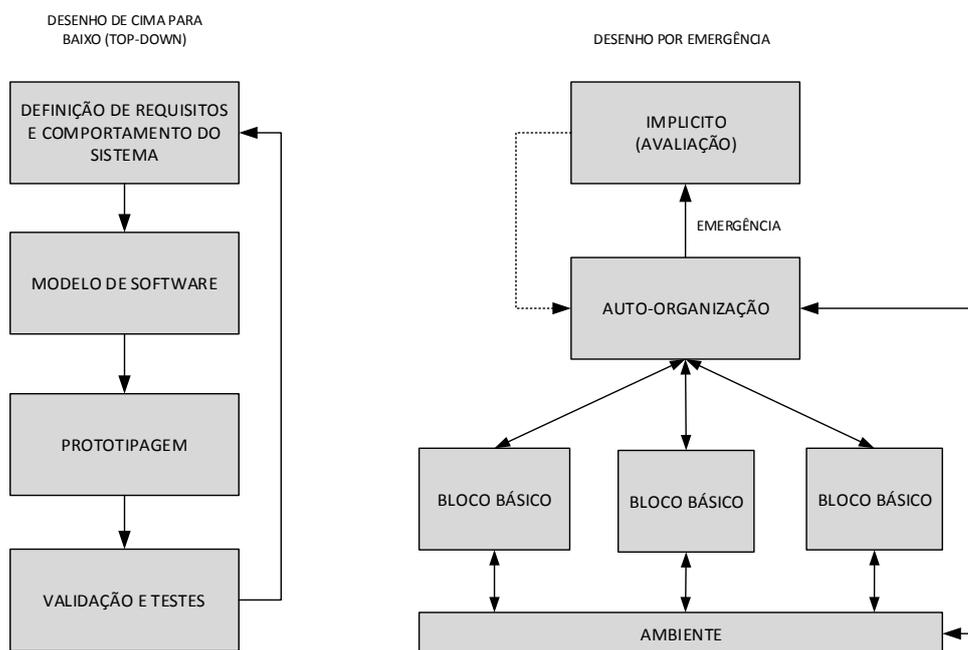


Figura 30: Mudança de paradigma no desenho de software, adaptado de (Ulieru & Doursat, 2011).

3.3.2 Metodologias orientadas a Agentes

Como resultado da investigação realizada nos últimos anos ao nível do suporte metodológico para desenvolvimento de *software* baseado em agentes, surgiram várias metodologias alternativas, que assumem um ou vários dos objetivos seguintes: (1) disponibilizar uma linguagem de modelação; (2) propor um processo de desenvolvimento; (3) disponibilizar técnicas de análise e desenho; (4) disponibilizar ferramentas de suporte. Nesta secção referenciamos alguns exemplos de metodologias que se enquadram em alguns dos pontos anteriores.

Tropos

A Tropos (Mylopoulos et al., 2000; Castro et al., 2001) é uma metodologia focada na Engenharia de Requisitos como ponto de partida para a abordagem ao desenvolvimento de sistemas utilizando agentes. É proposta pela Universidade de Trento, em Itália (Università degli Studi di Trento, 2013). Suporta as noções de agente, objetivos (*goals*), tarefas e dependências (*sociais*). Assume como objetivo suportar quatro fases distintas do ciclo de desenvolvimento de sistemas multiagente: duas fases de análise de requisitos (requisitos iniciais e requisitos finais), duas fases de desenho (desenho de arquitetura e desenho detalhado) e uma fase de implementação. Na fase de análise de requisitos iniciais é feita a identificação de intervenientes (*stakeholders*) e seus objetivos, sendo estes descritos como atores sociais que dependem de outros para a concretização dos seus objetivos. A fase de análise de requisitos finais foca-se no sistema em desenvolvimento, introduzindo o sistema como um ator capaz de acomodar os objetivos associados aos intervenientes. Sendo um ator no contexto da organização, o próprio sistema tem dependências que representam os seus requisitos funcionais e não funcionais. Durante a fase de desenho de arquitetura são detalhados os subsistemas (atores) e suas interconexões e fluxos de dados associados. Nesta fase, são adicionados novos atores com responsabilidades atribuídas. Finalmente, na fase de desenho detalhado, são especificados os atores do sistema, sendo aplicado o padrão de arquitetura BDI anteriormente referido. Nesse contexto, são identificadas as crenças, planos e objetivos associados com os agentes, bem como as relações.

De uma forma global, a metodologia Tropos propõe uma visão global sobre a forma como uma sociedade de agentes está organizada, para que cada aplicação multiagente possa ser encarada como um ator no contexto geral do sistema, onde podem estar incluídos outros atores que não sejam necessariamente agentes de *software*. A abordagem ao processo de análise e desenho é iterativa e incremental.

Os autores propuseram extensões ao UML, incluindo um conjunto de modelos associados à Tropos, para acomodar os conceitos da metodologia dentro do mesmo (Mylopoulos et. al, 2001). Já antes tinham sido propostas extensões ao UML para suportar as especificidades associadas ao desenvolvimento de sistemas baseados em agentes (Bauer, 1999; Odell et al., 2000).

GAIA

A metodologia Gaia aborda o desenvolvimento de sistemas multiagente como sendo um processo de desenho organizacional, em que a comunidade de agentes é modelada como uma sociedade constituída por agentes desempenhando papéis diversos. O foco desta abordagem são os papéis dos agentes, as suas responsabilidades e permissões, e as suas relações (Zambonelli et al., 2003).

A metodologia assume que a especificação inicial de requisitos já está disponível. A partir desta, são derivados os papéis e interações. Os papéis são descritos na forma de responsabilidades, atividades e permissões, enquanto que as interações são capturadas como protocolos que descrevem como ocorre a interação entre dois agentes com papéis diferentes, e qual o propósito associado. Os serviços são identificados após um segundo passo da análise dos papéis e interações identificadas, determinando que tipos de agentes deverão ser criados. A metodologia não abrange a fase de implementação. Cada fase da metodologia GAIA é iterativa, estando definida uma sequência de fases, por oposição ao TROPOS, que é incremental.

Prometheus

A metodologia Prometheus está baseada no padrão de arquitetura BDI, que considera ser seguido pelos agentes, e assume-se como uma metodologia eminentemente prática (Padgham & Winikoff, 2004). Tem como objetivo satisfazer a generalidade das necessidades associadas ao desenho de agentes de *software*. Contempla três níveis complementares de abstração: (1) especificação de sistema; (2) desenho de arquitetura e (3) desenho detalhado.

Durante a fase de especificação de sistema, o *interface* do mesmo com o seu ambiente é descrito em termos de ações, bem como são definidos os objetivos e cenários associados ao mesmo. Na fase de desenho de arquitetura são identificados os diversos tipos de agentes, sendo adicionalmente capturada a estrutura geral do sistema, na forma de um diagrama geral. Os cenários são entretanto trabalhados para se transformarem em protocolos de interação. Finalmente, na fase de desenho detalhado, cada um dos agentes é especificado, sendo definido

com detalhe quais as suas capacidades, dados associados, eventos e planos. Os protocolos de interação são então mapeados nos planos usando diagramas de processos.

A metodologia Prometheus abrange as fases de análise, desenho e implementação. Quando comparada com o GAIA, tem a vantagem de fornecer maior detalhe sobre a fase de implementação, disponibilizando, ao contrário deste, uma linguagem para notações. A metodologia é frequentemente associada à plataforma JACK (Howden et al., 2001) que foi usada como base para a investigação do Prometheus e seu teste.

Outras metodologias e abordagens

Existe uma grande diversidade de metodologias e abordagens de suporte ao desenvolvimento de sistemas baseados em agentes. A multiplicidade de metodologias reflete a existência de diferentes abordagens aos requisitos associados a AOSE. Muitas dessas metodologias têm raízes em conceitos relacionados com a programação orientada a objetos, outras com inteligência artificial. A Figura 31 ilustra uma árvore de influências, representativa, mas naturalmente incompleta, uma vez que a multiplicidade existente obrigaria a uma enumeração sobredimensionada para o efeito da análise presente.

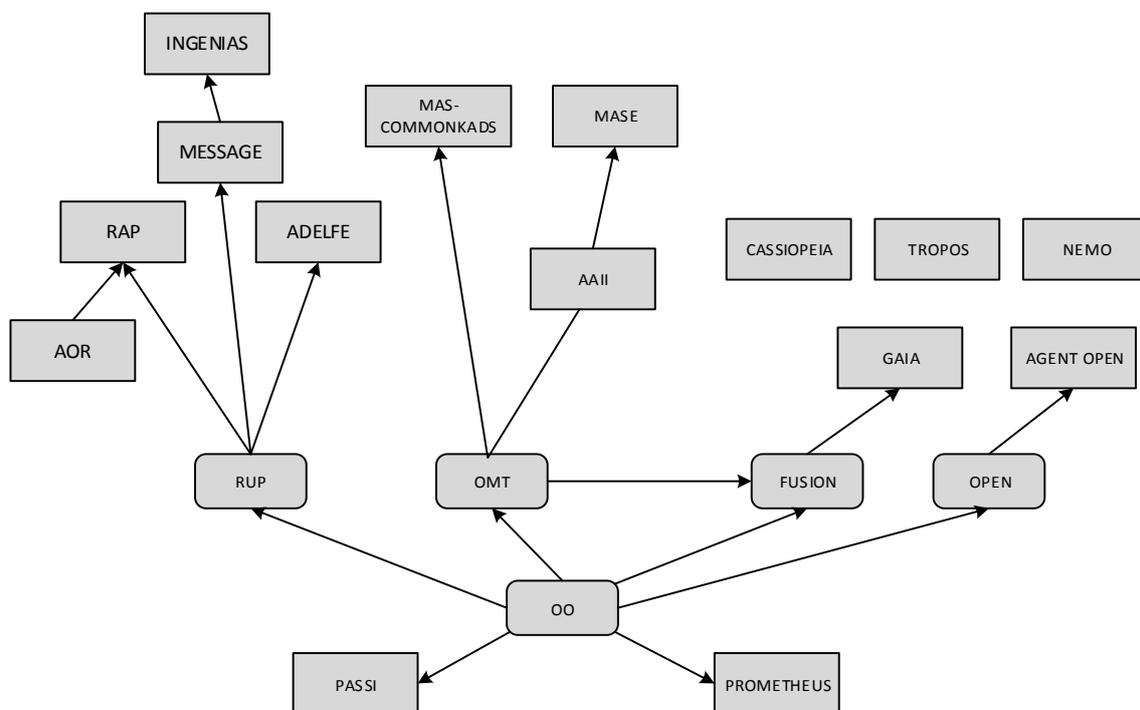


Figura 31: Influência da programação orientada a objetos em diversas metodologias AOSE (Henderson & Giorgini, 2005).

Mais informações sobre estas abordagens e sua análise comparativa podem ser obtidas em (Arora & Sasikala, 2012; Akbari & Faraahi, 2008; Parandoosh, 2007; Dam & Winikoff, 2004; Sudeikat et al, 2005; Henderson-Sellers, 2005; Wooldridge & Ciancarini, 2001; Tveit, 2001). No que diz respeito especificamente à modelação, podem ser obtidos mais detalhes em (Nikolai & Madey, 2009).

3.3.3 Desenvolvimento de Agentes

As metodologias especificamente associadas à criação de agentes (metodologias orientadas a agentes ou *Agent-Oriented/AE*) incorporam tipicamente conceitos relacionados com a Inteligência Artificial e com a programação orientada a objetos. No que concerne ao desenvolvimento, existem várias linguagens de programação criadas para suportar o desenvolvimento de agentes, algumas das quais são descritas na secção seguinte. Ao nível do suporte a agentes cognitivos, baseados na arquitetura BDI, são várias as linguagens de programação que disponibilizam as estruturas de dados necessárias para representar o estado mental do agente e instruções de programação que permitam o seu desenvolvimento. As estruturas de dados armazenam tipicamente (1) crenças, consistindo em informação que o agente possui; (2) objetivos que agente pretende atingir; (3) eventos, que consistem em observações da alteração de estado do ambiente; (4) capacidades, ou seja, as ações que o agente consegue executar; (5) planos, procedimentos usados pelo agente para atingir os seus objetivos, e (6) regras de raciocínio, que envolvem os planos e objetivos. As instruções de programação são usadas para processar os estados mentais do agente, suportando a geração de planos para objetivos, a geração de planos para reagir a eventos recebidos, a seleção de planos para execução, a execução de planos e o tratamento de erros e exceções, entre outras funcionalidades.

JADE

O JADE (*Java Agent Development Platform*) (Bellifemine et al., 2003) consiste num conjunto de ferramentas de desenvolvimento de sistemas multiagente (MAS - *Multi Agent Systems*), tendo sido criada em 2001. Teve a sua origem na Telecom Itália, em 1998, tendo sido criado para possibilitar o teste das especificações FIPA iniciais. Em 2000 passou a ser disponibilizado à comunidade como LPGL (*Lesser General Public License*, versão 2), modelo este que não impõe qualquer restrição à utilização do *software*.

O JADE suporta a criação de múltiplos agentes, que podem residir num mesmo sistema ou em sistemas distintos. Os agentes estão associados a contentores (*containers*), sendo que um conjunto de contentores define uma plataforma. Cada plataforma tem um contentor principal, que agrega o agente responsável pela gestão dos restantes pares (criação, remoção, encerramento da plataforma), designado *AMS (Agent Management System)*.

Adicionalmente, o contentor principal inclui o agente facilitador de diretório (*Directory Facilitator*, ou DF), que implementa um serviço de apoio aos restantes agentes, anunciando os serviços dos agentes existentes na plataforma. Desta forma permite aos agentes localizar fornecedores de serviços e iniciar interação com os mesmos.

Sendo totalmente compatível com os *standards* FIPA, o JADE desde cedo acompanhou o crescimento da popularidade dos mesmos, contribuindo, inclusivamente, para a disseminação dos *standards* na comunidade. Atualmente o JADE disponibiliza um conjunto de serviços e ferramentas abrangente, suportando (1) a criação de ambientes de agentes distribuídos; (2) a abstração face à localização por parte dos agentes, através dum interface de programação (API) independente da localização; (3) transporte assíncrono eficiente de mensagens, incluindo a transformação de mensagens para formatos FIPA *standard* quando estas transcendem a fronteira do sistema; (4) suporte a agentes móveis, permitindo aos agentes migrar entre máquinas ou processos (Bellifemine et al., 2005); (5) um mecanismo de subscrição, que pode ser usado por agentes e aplicações externas para receberem notificações relacionadas com os eventos; (6) o suporte a ontologias e várias linguagens para representação de conteúdo; (7) suporte à criação de novas linguagens para representação de conteúdo; (8) implementação e serviços de diretório; (9) um conjunto abrangente de ferramentas, suportando a execução e monitorização de agentes de forma simplificada; (10) o suporte a extensões. O suporte a extensões é uma característica particularmente interessante do JADE, na medida em que se traduz num acrescido potencial de evolução e adaptação da plataforma, o que tem contribuído para a sua popularidade.

O WADE (*Workflows and Agent Development Environment*) (Caire, 2013) é um exemplo de uma extensão, que permite o desenvolvimento de agentes com JADE suportando a execução de ações de acordo com um fluxo de trabalho definido. Um outro exemplo é a extensão AMUSE (*Agent-based Multi User Social Environment*), baseada no WADE, e vocacionada para o desenvolvimento de jogos multijogador. Por outro lado, a adição de ferramentas complementares, como o WS2JADE (Nguyen & Kowalczyk), uma ferramenta que permite a publicação e o controlo de serviços web como Agentes JADE, permite ampliar ainda mais o seu leque funcional.

JADEX

O JADEX é uma plataforma para o desenvolvimento de agentes baseadas na arquitetura BDI (*Belief-Desire-Intention*) e agentes orientados a objetivos (Braubach et al., 2005). Foi criada na Alemanha, em 2002, de forma a suportar a implementação de protótipos de *software* para o sistema MedPAge - *Medical Path Agents* (Kirn & Krcmar, 2006).

No JADEX as crenças (*beliefs*) são armazenados num repositório designado *belief center*, como objetos, que podem ser consultados usando uma linguagem declarativa de consulta. Para um determinado objetivo, os planos relevantes são pesquisados na biblioteca de modelos de planos. Num segundo momento são identificadas as condições aplicáveis no contexto ativo, sendo avaliadas as precondições associadas. Finalmente é selecionado um plano dentre os planos candidatos, que é executado.

JACK

A plataforma JACK permite desenhar e desenvolver agentes implementando o PRS (*Procedural Reasoning System*), baseado no modelo BDI. A plataforma consiste numa extensão ao JAVA (Howden et al., 2001), e permite o desenvolvimento de sistemas complexos em que os agentes operam autonomamente, orientados à satisfação dos objetivos a si atribuídos. Numa fase inicial, a plataforma suportava apenas o desenho dos agentes. Jennings (2000) propôs extensões ao JACK para suportar também as atividades relacionadas com o seu desenho.

Os principais construtores do JACK são agentes, eventos, planos, conjuntos de crenças (*beliefsets*) e equipas. As equipas são usadas para encapsular a coordenação comportamental de múltiplos agentes, sendo geridas como entidades separadas dos membros que as integram. Assim, cada equipa existe como uma entidade com crenças/*beliefs* independentes dos membros que as compõem. Desta forma, é possível desenvolver soluções orientadas às equipas, e definir relações entre os seus membros. Nesse contexto, podem ser atribuídas missões às equipas, sendo as ações realizadas pelos seus membros de forma coordenada.

A plataforma permite a visualização gráfica dos planos, disponibilizando um ambiente de desenvolvimento (JDE, *JACK Development Environment*). As ferramentas gráficas suportam o desenho, implementação e a depuração de soluções.

A plataforma tem sido usada em ambiente militar em países como Estados Unidos, Inglaterra, Canadá e Austrália, sendo comercializada nesse âmbito pela empresa AOS (*Autonomous Decision-Making Software*). O JACK é complementado por várias extensões, nas quais se inclui a extensão CoJACK, que adiciona uma arquitetura cognitiva aos agentes para suportar comportamento mais dinâmico e mais próximo dos seres humanos. Adicionalmente, disponibiliza a extensão FIPA-JACK, para suportar a linguagem FIPA-ACL. A extensão JACK Webot permite integrar o núcleo JACK no servidor Web Apache Tomcat, permitindo assim aos agentes receberem pedidos e devolverem as respetivas respostas via protocolo HTTP (*Hypertext Transfer Protocol*), facilitando a sua integração. A extensão EJACK (*extended JACK*) foi proposta por (KazemiFard et al., 2007) por forma a compatibilizar o JACK com todas as fases da metodologia Tropos.

RETSINA

O RETSINA (*Reusable Environment for Task Structured Intelligent Networked Agents*) é um sistema multiagente que suporta comunidades de agentes heterogéneos, desenvolvido na universidade Carnegie Mellon (Sycara, 2003). Na sua génese está a ideia de ter grupos de agentes agrupados em comunidades de pares, em que os seus membros iniciam relações entre si. Neste sentido, não há qualquer mecanismo de coordenação imposto pela estrutura. A coordenação emerge da relação entre os agentes, que é suportada pelos serviços de infraestrutura disponibilizados pela plataforma. O enfoque do RETSINA é facilitar a interação entre comunidades de agentes distribuídos, e não realizar a sua gestão.

A infraestrutura RETSINA inclui serviços de comunicação (*multicast*, para descoberta de agentes e serviços, e transferência de mensagens, para comunicação entre membros), suportando comunicação síncrona e assíncrona; serviços de descoberta, usando difusão múltipla (*multicast*) para o anúncio da presença dos agentes; serviços de gestão (*Logger*, para registo de atividade de agentes, *ActivityVisualizer*, para monitorização, e *Launcher*, para configuração e arranque dos componentes de plataforma e dos agentes); serviços de comunicação, baseados no KQML, complementados por uma ontologia para que os agentes partilhem vocabulário e conceitos; serviços de segurança, suportando a autenticação dos agentes, a confidencialidade da informação trocada entre os mesmos, e a integridade, suportado por mecanismos de controlo de acesso.

¹ <http://aosgrp.com>

A infraestrutura RETSINA Inclui também agentes intermediários (*Matchmakers*) que mapeiam os agentes e os serviços que estes providenciam, de forma a suportar a localização, uma vez que, sendo o sistema multiagente dinâmico, o conjunto de serviços disponibilizados pelos agentes não é fixo. Perante um pedido de um agente, o *MatchMaker* tenta localizar um anúncio de oferta correspondente.

AXUM

A Microsoft desenvolveu um projeto vocacionado para a computação paralela e utilização de agentes de *software* - o projeto Axum. Na prática o Axum consistiu numa linguagem .Net para o desenvolvimento de aplicações paralelas. O objetivo do Axum era permitir aos programadores desenvolver aplicações que fossem facilmente escaláveis para cenários de múltiplos núcleos de processamento. A linguagem suportava o desenvolvimento de agentes, implementados na forma de fluxos de controlo (*threads*) que processavam mensagens de forma assíncrona. Através dum modelo de bloqueio colaborativo o Axum otimizava o processamento permitindo que os agentes que esperam uma mensagem bloqueassem, deixando outros agentes tomar o seu lugar ao nível da execução.

Assumindo-se como uma linguagem para o desenvolvimento de soluções de execução paralela, o Axum assumia a concorrência como modelo padrão de execução. Adicionalmente, a linguagem permitia que os agentes ficassem alojados em máquinas separadas, ou numa mesma máquina, num único processo ou em processos separados. O Axum, sendo uma linguagem para computação paralela, suportava de forma expedita a comunicação entre agentes, permitindo a rápida utilização de canais de comunicação. Um agente podia rapidamente instanciar um canal, passando a ficar ligado a este, assumindo-se como servidor de mensagens nesse canal. Um segundo agente (cliente) usaria o canal, sendo este visível apenas para si. Os dois agentes que implementam a comunicação são independentes: um não necessita sequer de saber como o outro está implementado. O canal define o contrato entre os dois.

O projeto viria a ser abandonado em 2011 (Gustafsson, 2011), tendo a Microsoft aproveitado alguns dos conceitos associados à linguagem para a plataforma .Net 4.5 (execução assíncrona e construtores de fluxos de dados usando os padrões definidos previamente).

2APL

A 2APL (*A Practical Agent Programming Language*) (Dastani, 2008) consiste numa linguagem de programação orientada a agentes, suportando a construção de agentes cognitivos baseando-se na arquitetura BDI. É a sucessora da linguagem 3APL. A 2APL suporta a criação de agentes reativos e proativos. Disponibiliza construtores declarativos para gerir a informação dos agentes (crenças e objetivos) e construtores imperativos para a realização das ações associadas (planos, eventos). A linguagem permite também definir regras que devem ser usadas pelos agentes para reparar os seus planos, quando, por algum motivo, a sua execução falha. Adicionalmente, e à semelhança do JADEX, tem suporte à criação de planos atómicos, ou seja, planos que não podem ser executados de forma cruzada com ações relacionadas com outros planos. Ao permitir a definição de planos de ações indivisíveis, facilita o controlo sobre a forma como estas ações são executadas.

3APL

A 3APL (*An Abstract Agent Programming Language*) (Dastani et. al, 2004) consiste numa linguagem de programação criada para suportar o desenvolvimento de agentes cognitivos, baseada na arquitetura BDI, sendo a antecessora da 2APL. Foi desenhada para suportar as especificações FIPA. Contrariamente à 2APL, a 3APL não tem suporte de programação para eventos. A linguagem inclui o conceito de plano de revisão, definido com base em regras (enquadrado no mecanismo de revisão de planos). No caso da 3APL, as regras do plano de revisão dos agentes são executadas em contínuo, ao contrário da 2APL, em que as regras de revisão só são aplicadas para reparar planos de execução que tenham falhado.

AgentSpeak e JASON

O AgentSpeak (Rao, 1996) é uma linguagem de programação baseada na arquitetura BDI, e cuja semântica implementa as funcionalidades PRS (*Procedural Reasoning System*). O JASON (Bordini et al., 2007) é um interpretador Javascript para uma versão estendida do AgentSpeak. Disponibiliza um ambiente de desenvolvimento para sistemas AgentSpeak, incluindo um conjunto de ferramentas de depuração e bibliotecas de código que permitem a implementação rápida de sistemas de agentes.

Seguindo a arquitetura PRS, o agente angaria informação acerca do seu ambiente reagindo a eventos que tenta processar localizando planos que neles se mapeiem. Possui desejos, correspondentes ao conjunto de planos que se mapeiam nos eventos que deteta, e dentre os quais seleciona um plano para executar, tornando-se este uma intenção. A execução das intenções pode gerar novos eventos, que são processados em ciclo. Durante este ciclo, a informação que o agente possui sobre o seu ambiente (*beliefs*) pode ser atualizado, como resultado da sua percepção do ambiente que o rodeia, ou como consequência da comunicação com outros agentes. Por exemplo, o envio de uma mensagem do tipo "tell" a um agente gera uma nova crença (*belief*), anotado com o agente que procedeu ao seu envio. No sentido inverso, uma mensagem "untell" faz com que a crença (*belief*) seja removida.

A título ilustrativo, quando o agente master envia ao agente worker a mensagem seguinte:

```
.send(worker,tell,available(product1))
```

É adicionado à base de *beliefs* do agente worker a entrada seguinte:

```
available(product1) [source(master)]
```

Da mesma forma, a mensagem abaixo ilustrada remove o *belief* anterior:

```
.send(worker,untell,available(product1))
```

Os planos incluem a referência ao evento no qual podem ser mapeados (*triggerCondition*), o contexto associado (as condições mediante as quais o plano pode ser usado), e o seu corpo (que inclui as ações que devem ser realizadas quando o plano é selecionado).

Aglets System Development Kit (ASDK) e J-AAPI+

Um Aglet é um agente móvel, desenvolvido em Java, que tem a capacidade de migrar, de forma autónoma, entre nodos que integrem um sistema distribuído. Derivam da classe abstrata JAVA com o mesmo nome.

A *framework* para desenvolvimento de Aglets - Java Aglet API (J-AAPI) - resulta duma iniciativa da IBM, tendo sido criada nos laboratórios de pesquisa da IBM em Tóquio, com o objetivo de suportar a criação de sistemas multiagente baseados em agentes móveis. Inicialmente era designada de ASDK - *Aglet System Development*.

À semelhança das Applets java, os Aglets processam eventos implementando código de resposta - *event handlers* - podendo reagir aos eventos seguintes: (1) criação (*Creation*), (2)

remoção (*Disposal*), (3) replicação com uma nova identidade (*Cloning*), (4) envio para uma máquina remota (*Dispatch*), (5) recuperação de um envio anterior (*Retract*), (6) desativação com persistência de dados (*Deactivation*), (7) iniciação com recuperação de dados (*Activation*).

Antes de cada um destes eventos ocorrer o *handler* definido pelo Aglet é invocado, permitindo assim executar ações de preparação para cada uma das ocorrências.

Os Aglets são executados dentro de uma aplicação *host* (*Aglet Workbench*), podendo migrar entre diferentes máquinas. A migração é feita recorrendo à funcionalidade de serialização de objetos do JDK, que possibilita a criação de fluxos de bytes gerados a partir do Aglet e dos objetos relacionados, sua transferência através da rede e reconstrução na máquina destino.

Os Aglets comunicam entre si recorrendo a objetos *AgletProxy*, que funcionam como intermediários no processo de comunicação. Adicionalmente, interagem com o sistema onde estão alojados recorrendo a um objeto *AgletContext*.

SAM (Semantic Agent Model) e SWRL (Semantic Web Rule Language)

Desenvolvida sobre o JADE, consiste numa implementação do modelo de agentes semânticos (SAM, ou *Semantic Agent Model*) (Subercaze & Maret, 2010), e permite criar sistemas multiagente usando tecnologias relacionadas com a *Web Semântica*. A Web Semântica assume como objetivo facilitar a partilha de dados através de sistemas e aplicações, suportando a atribuição de significado a conteúdos e aos relacionamentos (W3C, 2009), propondo um modelo normalizado para a troca de dados na Web (o RDF – *Resource Description Framework*). O modelo SAM foi desenhado com SWRL (*Semantic Web Rule Language*), linguagem proposta para a Web Semântica com o objetivo de suportar a definição de regras e lógica, cuja definição foi submetida à W3C (W3C, 2004). A arquitetura SAM inclui um motor JAVA, que disponibiliza os interfaces de programação de *software*, que executam sobre JADE, iniciando ações e recebendo mensagens da plataforma. A base de conhecimento que permite, em resposta a eventos, definir, com base em mensagens recebidas, que sequências de ações devem ser implementadas, é feita em SWRL. O motor JAVA faz a ponte entre a plataforma multiagente JADE e as regras contidas na base de conhecimento SWRL, despoletando, por exemplo, a execução de ações ao nível do JADE após a sua sequência ter sido obtida a partir da base de conhecimento.

S-APL

A linguagem S-APL (*Semantic Agent Programming Language*) (Katsanov & Terziyan, 2008) baseia-se no JADE e no motor de regras CWM (*Closed World Machine*). O motor de regras CWM é usado para suportar o raciocínio, baseando-se no conceito "*closed world assumption*" fazendo com que tudo o que não seja conhecido pelo agente como sendo verdadeiro seja assumido como falso. Este conceito é oposto ao de "*open world assumption*", em que tudo o que não é conhecido é considerado indefinido, mas não falso. Assumir que a verdade se circunscreve ao conhecimento existente e ao que dele pode ser inferido é limitativo em vários cenários de utilização de agentes, uma vez que o conhecimento que estes detêm é frequentemente incompleto. A característica de assunção de um mundo fechado acaba por limitar o leque de cenários de aplicação da linguagem.

ZEUS

O ZEUS *Agent Toolkit* (Nwana et al., 1998) foi proposto para facilitar a construção de sistemas multiagente distribuídos, permitindo a implementação de agentes colaborativos. O sistema recorre ao KQML para comunicação entre agentes (Finin & Labrou, 1997), e foi desenvolvido pela British Telecom.

Os agentes ZEUS contêm várias camadas: (1) definição, que implementa o raciocínio e aprendizagem; (2) interface de programação, que age como interface para a interação com o agente; (3) organização, que gere e mantém o relacionamento com outros agentes; (4) coordenação, que suporta a negociação e organiza a interação sincronizada com outros agentes; (5) comunicação, que disponibiliza as funcionalidades que suportam a comunicação com outros agentes.

A plataforma disponibiliza um conjunto de editores para suportar a criação e gestão de agentes (editor para a definição de agentes, editor de condicionantes, editor de organização, editor de geração de código, editor de ontologia, entre outros) e ferramentas complementares de suporte ao desenvolvimento e execução, incluindo a visualização (ferramenta *visualizer*), monitorização (*society tool*) e depuração.

O sistema prevê a definição de quatro níveis de relação entre os agentes. (1) superior e (2) subordinado definem as ligações de autoridade entre os agentes; (3) colegas de trabalho (*co-workers*) são agentes que fazem parte da mesma organização mas não têm qualquer relação de

autoridade definida entre ambos; (4) pares (*peers*) são agentes pertencendo a diferentes organizações.

A gama de ferramentas disponibilizadas é abrangente, incluindo um editor de ontologias, um editor visual de descrições de tarefas, um editor de tarefas sumário (compostas por uma ou mais subtarefas), um editor da organização, um editor para definição de agentes, um editor para definição de protocolos de coordenação, um editor de factos e variáveis, um editor de condicionantes e o editor de geração de código no qual são gerados os agentes selecionados.

Apesar da abrangência em termos de ferramentas disponibilizadas, a principal lacuna do ZEUS é o facto de condicionar o desenvolvimento ao não suportar múltiplas arquiteturas de agentes.

Swarm Toolkit

O *Swarm Toolkit* (Hiebeler, 1994; Minar et al., 1996; Burkhart, 1997) consiste um conjunto de ferramentas de suporte à simulação, escritas em *Objective C*. É mantido pelo *Swarm Development Group* (SDG) um organização sem fins lucrativos, formada em 1999. Este grupo deu continuidade ao esforço de desenvolvimento que tinha sido iniciado no Instituto de Santa Fé, nos Estados Unidos da América.

As unidades básicas do Swarm são os agentes e os eventos por eles gerados. Os agentes trocam entre si agendas de eventos (*schedule*). Um *swarm* consiste numa coleção de agentes e respetivas agendas de eventos (*schedules*). Os *swarms* são organizados em hierarquias, de forma recursiva.

Através das ferramentas disponibilizadas, o utilizador pode definir a estrutura hierárquica dos *swarms* e definir que eventos podem gerar. É disponibilizada uma biblioteca de simulação (oferecendo as classes que são usadas para descrever os objetos, agendamento e suporte à execução), uma biblioteca de suporte ao *software* (incluindo suporte a programação orientada a objetos, estruturas de dados e visualização) e uma biblioteca de especificação do modelo (incluindo classes para domínios aplicativos específicos, incluindo suporte a redes neuronais e algoritmos genéticos, entre outros).

Uma das principais vantagens do Swarm é o seu suporte abrangente e flexível à modelação hierárquica de sistemas multiagente, e o facto de ter sido concebido para suportar a simulação de sistemas multiagente com um grande número de objetos.

Cougaar (Cognitive Agent Architecture)

Proposto por Heksinger, Thome e Wright (2004), Cougaar é uma plataforma para a construção de sistemas multiagente distribuídos, baseada em Java. Foi concebido para ser utilizado em projetos de larga escala, complexos e com processamento intensivo de dados. A plataforma é constituída por vários níveis funcionais, consistindo em sistemas multiagente, partilhando estes a plataforma para comunicação e gestão do ciclo de vida.

A plataforma implementa um modelo de componentes CCM (*Cougaar Component Model*) que interagem entre si recorrendo a serviços. Os componentes que compõem um agente interagem através dum mecanismo de publicação/subscrição de informação, enquanto que os agentes comunicam entre si trocando mensagens. Para promover uma maior abstração e escalabilidade, a plataforma usa componentes específicos (*Binders*) que encapsulam um componente e gerem a comunicação que este estabelece com os serviços com que interage.

A plataforma Cougaar integra o seu próprio mecanismo de resolução de nomes, com uma implementação e interfaces semelhantes ao *DNS – Domain Name System (Cougar White Pages)*. Este serviço é complementado por um serviço de diretório - *Cougar Yellow Pages* - que suporta o registo e descoberta de agentes, baseado no protocolo UDDI (*Universal Description, Discovery and Integration*).

HDS

O HDS – Sistema Distribuído Heterogéneo (*Heterogeneous Distributed System*) é uma *framework* de *software* baseada em JAVA, que assume como objetivo a simplificação do desenvolvimento de aplicações distribuídas multiagente, facilitando a integração das mesmas com sistemas não baseados em agentes (Franchi et al, 2011). Incorpora dois conceitos fundamentais: atores e servidores. Os atores são proativos, os servidores são reativos, respondendo apenas a pedidos de outros processos. Atores e servidores podem estar alojados em nodos computacionais dispersos numa rede.

O HDS agrega os paradigmas cliente servidor e *peer-to-peer* e implementa todas as interações entre processos de sistema usando mensagens, de forma a suportar os atores e servidores e sua distribuição em nodos de execução. Usa duas camadas principais: camada de

execução, que abstrai as tecnologias usadas para suportar as aplicações distribuídas e fornece os serviços necessários à sua execução; camada de concorrência, que define o processo (ator ou servidor), a descrição (identificador do processo, tipo, dados usados para a sua inicialização), o seletor (que define que requisitos a descrição de processo deve satisfazer, nomeadamente que tipo de processo é admitido), as mensagens (que são trocadas entre processos, podendo ser FIPA, KQML ou ser baseadas noutras normas), e os filtros de conteúdos (que determinam que mensagens são recebidas). O serviço de registo disponibilizado no módulo de execução permite validar se um identificador está associado a um processo, obter a lista de todos os identificadores de processos que estejam a correr no mesmo nodo, ou obter os identificadores de processos cuja descrição satisfaça determinados critérios.

O foco do HDS na realização de sistemas distribuídos, potencialmente heterogéneos, usando diferentes protocolos de comunicação, e o seu suporte à integração com sistemas não baseados em agentes, usando mensagens *tipadas*, são as suas principais vantagens.

AgentService

O projeto AgentService (L.I.D.O., 2005) assume como objetivo desenvolver e manter uma *framework* para o desenvolvimento de agentes que possibilite portabilidade para vários sistemas operativos, sendo baseados numa infraestrutura linguística comum (CLI – *Common Language Infrastructure*) (ISSO, 2012), tornando-o compatível com Microsoft.Net, Mono e SSCLI (*Shared Source Common Language Infrastructure*). Adicionalmente, segue as linhas de orientação da FIPA.

O projeto é promovido pela Universidade de Génova. O componente AgentService Mobile assume como objetivo a execução de agentes de *software* em dispositivos com recursos limitados, como os dispositivos móveis (Passadore et al, 2008)

Agent-0

Shoham, o criador do termo *Agent Oriented Programming*, esteve também associado à implementação da linguagem AGENT-0 (Shoham, 1993). Esta linguagem nasceu com o objetivo de permitir, rapidamente, criar programas, que permitissem avaliar, na altura, os pontos fortes e fracos da programação orientada a agentes. Em linha com esse objetivo, privilegiou-se a criação

de um interpretador inicial simples (Torrance, 1991). Mais tarde foi desenvolvido um interpretador mais complexo, em colaboração com a empresa HP - Hewlett Packard (Shoham, 1993).

GOAL - Agent Programming Language

GOAL é uma linguagem de programação baseada no modelo BDI, para a criação de agentes dedutivos. Os agentes GOAL definem as suas ações com base nas suas crenças e objetivos, que são definidos usando uma linguagem simbólica. Os agentes assumem um compromisso de só manterem objetivos que ainda não tenham atingido, e de garantirem que só anulam os objetivos assim que estes sejam concretizados. Assim, sempre que um agente concretiza um objetivo de forma completa, remove-o, focando-se nos que ainda não atingiu. Esta estratégia, designada compromisso cego (*blind commitment*), garante o foco dos agentes na execução dos objetivos ainda não consumados. O processo de seleção de regras proposto pelo GOAL admite que, com base nas suas crenças e objetivos, um agente tenha múltiplas ações que satisfazem as regras de seleção quando tenta avaliar o que executar. Diz-se nestes casos que as regras de seleção de ações especificaram de forma insuficiente a escolha da ação a executar. Nesta situação o agente GOAL irá escolher uma ação arbitrária para execução.

Os objetivos de um agente GOAL são declarativos, uma vez que descreve o que é que o agente quer atingir, mas não como o pode fazer. Os agentes GOAL têm um compromisso absoluto com os seus objetivos, uma vez que os mesmos só são removidos quando forem plenamente atingidos.

Grasshopper

O Grasshopper (Magedanz et al., 1999) é uma plataforma para o desenvolvimento e execução de agentes, desenvolvida em JAVA, compatível com as normas *MASIF - Mobile Agent System Interoperability Facility*, do Object Group, e com o FIPA (*Foundation for Intelligent Physical Agents*). Disponibiliza um ambiente para a gestão de agentes de *software* organizado em regiões, locais e agências. Um local suporta a definição de grupos dentro duma agência. Uma região agrupa agências e locais, facilitando a gestão dos componentes distribuídos. As agências albergam os agentes e atuam como fornecedores de serviços para os mesmos. Os principais serviços prestados são (1) comunicação, sendo suportada a comunicação síncrona e assíncrona; (2) gestão, suportando o controlo e monitorização dos agentes, bem como a interação com o utilizador; (3)

segurança, suportando segurança interna (impede que os recursos internos das agências sejam acessados por agentes não autorizados) e externa (protege trocas de informação entre agências e regiões, suportando certificados X509 e SSL); (4) persistência, suportando o armazenamento da informação interna aos agentes de forma persistente e permitindo a recuperação de informação em caso de interrupção do agente; (5) registo, sendo que cada agente deve ser registado na agência e, por sua vez, o registo da agência está conectado com o registo da região para que, a partir desta, se possa aceder a informação sobre os agentes nela enquadrados. Os agentes, que podem ser estacionários ou móveis, executam no contexto de uma agência, que lhes fornece serviços.

DAML - DARPA Agent Markup Language e OWL – Web Ontology Language

O DAML (*DARPA Agent Markup Language*) foi um programa fundado nos Estados Unidos em 2000 com objetivo de criar representações para a Web passíveis de serem lidas por máquinas. Tim Berners-Lee, o criador da *World Wide Web*, esteve envolvido no programa. Este trabalho pode ser considerado a génese do que hoje chamamos de Web Semântica. A Web Semântica pode ser considerada uma extensão à *World Wide Web*, na medida em que adiciona camadas sobre os conteúdos existentes, permitindo aos dispositivos uma melhor compreensão sobre os conteúdos que estão a processar (W3C, 2009), incluindo um modelo normalizado para a troca de dados na Web (o RDF, ou *Resource Description Framework*) e uma norma para a definição de ontologias (OWL, ou *Web Ontology Language*). As ontologias são usadas para criar modelos de dados, representando os conceitos dentro de um domínio e as suas inter-relações (McGuinness & Harmelen, 2004).

Na génese do programa DAML esteve o objetivo de permitir às máquinas fazerem inferências simples sobre os dados, avançando-se do paradigma da simples exibição da informação para um paradigma em que os dispositivos podem entender o seu significado, podendo processar com base na informação e nas ilações que realizam a partir da mesma. Um dos resultados do programa foi a linguagem DAML, desenvolvida como extensão ao protocolo RDF (*Resource Description Framework*) e XML. Mais tarde a DAML evoluiu para a linguagem DAML+OIL, permitindo a criação de ontologias para representação de conceitos e relações.

A W3C criou um grupo de trabalho focado nas ontologias para a Web (o *Web Ontology Working Group*), em 2001. Este grupo criou o primeiro rascunho da OWL (*Web Ontology*

Language), com base na linguagem (DAML-OIL). A proposta veio a tornar-se recomendação formal da W3C em 2004, sendo a OWL promovida a linguagem recomendada para a criação de ontologias e de informação de marcação, para que a mesma seja percebida por máquinas (McGuinness & Harmelen, 2004).

Soar e Visual Soar

O SOAR é uma plataforma vocacionada para a criação de sistemas multiagente, suportando agentes reativos e dedutivos. O seu desenvolvimento foi guiado por um foco na arquitetura cognitiva (que define como as percepções são transformadas, elaboradas, armazenadas, recuperadas e usadas) como suporte da inteligência, tendo sido motivado pelo desejo de criar sistemas computacionais com mesmo nível cognitivo que os seres humanos (agentes de nível humano, segundo a terminologia dos autores). O desenvolvimento foi iniciado em 1983, tendo resultado numa plataforma que se caracteriza pelo suporte à utilização de diferentes formas de conhecimento para a resolução de problemas, sendo o comportamento dos agentes resultado da combinação dinâmica entre o conhecimento existente e o conhecimento adquirido pelos mesmos num processo de aprendizagem. A plataforma admite a utilização de conhecimento procedimental/ implícito, passível de ser usado diretamente na execução de tarefas (*saber como*); declarativo, expressado na forma de proposições (*o quê*); e episódico, decorrente de experiência prévia (*saber que*).

Agent Dev Kit (Tryllian)

A plataforma de desenvolvimento da *Tryllian* designada *kit* de desenvolvimento de agentes (*Agent Development Kit*, ou ADK) foi lançada em 2011, assumindo o propósito de permitir aos programadores desenvolverem agentes móveis inteligentes e aplicações distribuídas (Tryllian, 2013). Os agentes móveis podem executar em diferentes computadores, dependendo do problema que está a ser resolvido. O ADK inclui um conjunto de modelos reutilizáveis, que permitem desenhar um agente de forma rápida. Primeiramente o *habitat* do agente é definido usando XML. Um *habitat* consiste numa coleção de quartos. Os agentes visualizam apenas os quartos, mas não os *habitats*. Os agentes têm um corpo, conhecimento e comportamento. O corpo é responsável pela execução de tarefas, o conhecimento contém a informação que o agente possui acerca de si próprio e do ambiente que o rodeia, e a componente comportamental específica que ações o agente executa.

As ferramentas disponibilizadas reduzem-se ao inspetor, que permite avaliar como está a decorrer a execução de uma aplicação, e ferramentas de segurança. A ausência de ferramentas de edição, obrigando ao carregamento de ficheiros de forma paralela, como, por exemplo, os ficheiros XML que são usados para definir o ambiente de um agente, é limitativa no que concerne à facilidade de utilização do ADK.

SIF

O conjunto de ferramentas para interação social SIF (*Social Interaction Framework*) foi criado para suportar o teste de aplicações multiagente (Funk et al., 1998; Schillo et al., 1999). Disponibiliza um ambiente aberto de simulação que permite a integração de agentes com arquiteturas diversificadas, em contexto distribuído. É compatível com diversas plataformas computacionais, disponibilizando ferramentas, componentes e algoritmos que suportam a prototipagem rápida.

Mobile-C

A plataforma Mobile-C (Chen et al., 2006) é uma plataforma multiagente vocacionada para o desenvolvimento de agentes móveis em C/C++. É compatível com os *standards* da FIPA-IEEE. Foi especificamente desenhada para aplicações com foco na execução continuada em tempo real, eventualmente condicionadas pelas limitações do Hardware que as suporta.

A-globe

A plataforma A-globe (Unland et al., 2005; Sislak et al., 2004) está vocacionada para o suporte ao desenvolvimento de agentes móveis, assumindo-se como uma plataforma leve. Foi criada para suportar a prototipagem rápida e desenvolvimento de sistemas multiagente. A plataforma privilegia as componentes de simulação, escalabilidade e migração de agentes. Ao nível dos seus componentes, inclui suporte à comunicação entre agentes, serviços de diretório, serviços de migração e serviços de publicação, entre outros. A plataforma é compatível com FIPA-ACL ao nível da comunicação entre agentes, mas, no que concerne a arquitetura, usa um mecanismo de endereçamento e de transporte de mensagens simplificado. Ao privilegiar a operação em sistemas

que não requerem a interoperacionalidade com sistemas externos (sistemas fechados), o A-globe tem o seu universo de aplicação possível mais reduzido face a linguagens mais generalistas.

3.4 Trabalho relacionado

Existe uma grande diversidade de aplicações de sistemas baseados em agentes em diversos setores de atividade. Nesta seção são referidos alguns exemplos, de cariz diversificado, com o objetivo de ilustrar a aplicação do conceito de sistemas baseados em agentes em múltiplos ambientes. Não se pretende incluir uma lista completa de implementações existentes, que seria, naturalmente, imensa e desproporcionada.

Um dos projetos pioneiros ao nível da utilização industrial dos Agentes Colaborativos pertenceu à NASA. Michael Georgeff foi responsável pelo desenvolvimento dum sistema inteligente, baseado em agentes, para controlar o sistema de controlo de reações (*RCS - Reaction Control System*) integrado no vaivém espacial *Discovery*, em 1997 (NASA, 2006). O sistema baseado em agentes foi integrado com os sistemas informáticos do *Discovery*, procedendo à monitorização em tempo real e executando ações com base nos dados recolhidos. Curiosamente, o mesmo sistema foi usado por Georgeff para alimentar um motor de mapeamento de interesses relacionais de adultos (*Matchmaking*) chamado *weAttract.com*. O cientista referiu a propósito que a necessidade de modelar atitudes emocionais e cognitivas eminentemente humanas, requisito necessário para prever comportamentos ou avaliar compatibilidades ao nível dos executantes, eram necessárias tanto no âmbito do sistema da NASA como do motor base do *weAttract*.

Para o *weAttract* a empresa desenvolveu um modelo das atitudes cognitivas e emocionais subjacentes ao comportamento humano, baseando-se em estudos de psicologia, refletindo-os sobre os agentes de *software* implementados. Na prática, o sistema modela o perfil do utilizador que procura alguém, bem como o perfil tipo da pessoa desejada. Implementando os dois modelos (recetivo e parceiro potencial) o sistema pode prever como os modelos se comportarão em conjunto, identificando oportunidades, ameaças e fatores críticos para "um bom relacionamento".

O *software* da *weAttract* veio a ser adotado pelo portal de encontros "Match.com", em 2003. Mais tarde, em 2004, uma nova geração do Software foi adotado pela *Yahoo! Personals*. Adicionalmente, o trabalho de Georgeff foi utilizado noutros domínios, como, por exemplo, o militar. A força área australiana, por exemplo, utilizou igualmente agentes de *software* (Georgeff, 1996)

para implementar o seu simulador. Michael Georgeff era já bastante conhecido pelo seu trabalho anterior na criação da arquitetura BDI para a modelação de agentes (Rai & Georgeff, 1991).

Os agentes de *software* encontram igualmente potencial de utilização em ambientes de automação. Agentes distribuídos podem ser usados para controlar o ambiente numa residência, implementando um ambiente de casa inteligente (SHE, *Smart Home Environment*) ao permitir que dispositivos diversificados e independentes possam interagir entre si para suportar objetivos e tarefas associadas ao bem-estar do utilizador (Cavone et. Al, 2011). O modelo proposto inclui a figura do "Mordomo", que se assume como o agente responsável pela coordenação das tarefas associadas aos restantes executantes. Trata-se assim de um sistema centralizado. O "Mordomo" pode identificar situações associadas ao utilizador residencial através da interação com um Agente sensor. A partir dessa interação, o agente "Mordomo" seleciona um fluxo de trabalho mais adequado perante a avaliação feita às necessidades do utilizador do sistema. Os passos definidos no fluxo de trabalho são concretizados por agentes operacionais (*Effector Agents*).

A saúde é um dos setores em que os sistemas multiagente apresentam maior potencial. O dinamismo associado aos ambientes de suporte à prestação de serviços de saúde torna-os particularmente adequados à utilização de sistemas multiagente flexíveis e evolutivos. Um dos problemas clássicos em ambiente hospitalar é o agendamento, que deve ser feito de acordo com regras de alocação bem definidas e que, paralelamente, deve ser otimizado de forma contínua, reagindo aos constantes requisitos de adaptação impostos pelo dinamismo do ambiente. O problema de agendamento logístico de pacientes requer a avaliação de prioridades relacionadas com tratamentos, que deve ser cruzada com disponibilidade de recursos, como pessoal médico, de enfermagem e técnicos complementares. Eymann, Müller e Strasser (2006) propuseram a plataforma multiagente EMIKA, implementando um sistema de agendamento baseado em negociação. No contexto da plataforma, os agentes indicam quais as suas preferências usando critérios derivados de conceitos económicos e operacionais, e negociam com vista a concretizar o agendamento. A plataforma foi concebida para suportar a auto-organização de tarefas complexas, permitindo a sua adequação dinâmica à realidade através dum processo de captura e processamento de dados.

O projeto MedPAge (*Medical Path Agents*) integrou o programa alemão 1083 *Intelligent Agents in Real-World*, focando-se no contexto de suporte à logística hospitalar através de um grupo de trabalho dedicado (Kirn et al., 2006). Este projeto viria a dar origem a plataforma JADEX, criada para dar suporte aos protótipos de *software* desenvolvidos (Braubach et al., 2005). Os grupos de

trabalho envolvidos no projeto reconheceram que os sistemas multiagente desenvolvidos baseavam-se em diferentes representações do conhecimento, usando termos diferentes, o que impedia a interoperabilidade entre sistemas. Face a essa necessidade, criaram uma ontologia para o domínio hospitalar (OntHoS), modelada usando Protégé, permitindo a conversão da ontologia para código Java (Kirn et al., 2006). Para possibilitar o desenvolvimento e teste dos sistemas concebidos foi criada a plataforma *Agent.Hospital*, que fornece padrões de arquitetura, ferramentas e serviços de infraestrutura para sistemas multiagente, suportando igualmente a sua integração. Por sua vez, os sistemas multiagente desenvolvidos estão focados no fornecimento de serviços para suporte aos processos administrativos, de diagnóstico, terapêuticos e de gestão.

Itabashi, Chiba, Takahashi e Kato (2005) propõem um sistema baseado em múltiplos agentes para suportar e otimizar a prestação de serviços de apoio domiciliário no Japão. A central de prestação de serviços de apoio define o plano inicial para prestação dos serviços a um determinado utente, de acordo com as suas necessidades e condicionantes. Uma vez carregado no sistema, o agendamento é negociado pelos agentes de *software* que o integram. Uma vez negociado o agendamento, os agentes propõem-no aos prestadores de serviços, que têm a opção de o aprovar ou rejeitar. Uma vez aprovado, o plano é apresentado ao utente que, por sua vez, o deve aprovar ou rejeitar. Se o agendamento negociado for rejeitado quer pelo prestador de serviços, quer pelo utente, o agendamento é reconstruído e é encetada nova ronda negocial. A interação entre os utilizadores (prestadores de serviços e utentes) e o sistema é feita através de dispositivos móveis (*PDA*s), para simplificar a sua utilização por utilizadores menos ambientados a plataformas tecnológicas. Ao nível da arquitetura, o sistema integra três tipos de agentes: (1) agentes de interface, que implementam o interface entre um utilizador (prestador de serviços ou utente) e o sistema; (2) agentes de agendamento, que gerem o processo de agendamento da prestação de serviços; (3) agentes de apoio, que suportam a atividade dos prestadores de serviços, armazenando os agendamentos e informação associada aos mesmos, e participam nas atividades de agendamento, interagindo com os agentes respetivos. A comunicação entre os agentes baseia-se no *standard* FIPA-ACL (FIPA, 2002a)

Uma outra aplicação interessante de agentes de *software* é proposta por Domnori, Cabri e Leonardi (2011), para gestão de situações de emergência. Após terem estudado a complexidade inerente a situações de emergência, caracterizadas por um elevado número de variáveis que devem ser rapidamente avaliadas e refletidas em decisões, os investigadores propõem a utilização de agentes de *software* para apoiar na tomada de decisão, na forma de um sistema multiagente

que designaram de Ubimedic2 (Domnori et.al, 2011a; Domnori et.al, 2011b). Na prática o trabalho proposto estende o anteriormente realizado ao nível do sistema *Ubimedic*, que criou um conjunto de ferramentas para suportar a comunicação entre dispositivos num ambiente cliente-servidor distribuído (Cabri et al, 2006; Mola et al, 2006).

Num domínio substancialmente diferente, o das tecnologias de informação, podemos identificar o SUMPY, um agente de *software* proposto por Song, Franklin e Negatu (1996) que reside no sistema de ficheiros UNIX. Assume como missão a realização de operações para tornarem o sistema de ficheiros mais eficiente, incluindo a realização de cópias de segurança e compactação de ficheiros. Implementando uma arquitetura evolutiva, permite a adição de novas funcionalidades, nomeadamente novas tarefas de administração do sistema de ficheiros, de forma continuada. O *Sumpy* é um exemplo de um sistema baseado na arquitetura de subsunção de Brooks (1986). Implementa quatro níveis de competência, ordenados inversamente por prioridade: (1) adormecido (*Sleepy*), que suspende a execução do Agente; (2) a fazer cópias de segurança (backup) conforme necessário; (3) compressor, a comprimir os ficheiros conforme necessário; (4) a percorrer as pastas existentes no sistema de ficheiros (*Wanderer*). Na prática, cada um dos níveis de competência pode ser encarado como um agente, que executa a sua missão específica. A comunicação entre os níveis de competência consiste em comandos de supressão/ cancelamento de supressão e de inibição/ desinibição, e podem apenas ser emitidos dos níveis superiores de competência para os mais baixos. Por exemplo, enquanto o agente está em navegação no sistema de ficheiros, o agente de compressão pode suspender o agente de navegação (*Wanderer*), para verificar os ficheiros encontrados na pasta e avaliar se devem ou não ser comprimidos. A avaliação sobre se um ficheiro deve ser comprimido é realizada com recurso a controlador de lógica difusa (Zadeh, 1965). De igual forma, o agente de *Backup* pode suprimir o compressor e suspender o *Wanderer*, para avaliar se os ficheiros encontrados devem ou não ser arquivados. Finalmente, o agente *Sleepy* monitoriza a carga do processador, e suprime os agentes abaixo de si caso a carga seja considerada elevada, retomando-os assim que baixe.

Os agentes são muitas vezes propostos para suportar a pesquisa e recolha de informação a partir da Internet. Um sistema multiagente foi proposto para a pesquisa e recolha de informação em múltiplas fontes na Web (Sousa et al., 2004). O sistema usa agentes de interface portáteis (*Portable Interface Agents*, ou PIA) para interagir com os sítios Internet dos fornecedores de produtos. Os agentes coletores interagem com os agentes de interface para recolherem a informação. O sistema usa ainda agentes para a descoberta de sítios Internet (*Web Crawler*

Agents), cujas descobertas são analisadas por agentes de mineração (*Miner Agents*) que decidem se a informação incluída merece ou não ser armazenada. Paralelamente, um agente Tutor mantém as regras usadas pelos agentes de mineração e pelos agentes de descoberta para suporte a decisão, entre outras funções. O sistema proposto foi enquadrado no projeto DEEPSIA (UNINOVA, 2002). Anteriormente, (Klusch, 2001) tinha já proposto a utilização de sistemas multiagente para filtragem e pesquisa de informação na Internet.

A simulação é outra das áreas em que os sistemas multiagente encontram terreno fértil para utilização. O sistema BaSI (Molesini et al., 2011) é um sistema multiagente para a simulação de batalhas medievais, incorporando a componente de análise social. O sistema tira partido de duas metodologias: SODA (*Societies in Open and Distributed Agent spaces*; Omicini 2001) e TuCSON (*Tuple Centres Spread Over Networks*; Omicini & Zambonelli, 1999). O OASIS - sistema para a sequenciação otimizada de aeronaves usando agendamento inteligente (*Optimal Aircraft Sequencing using Intelligent Scheduling*) consiste num protótipo para a gestão de tráfego aéreo baseado em BDI (Ljungberg et al., 1992; Lucas et. al; 1995; Lucas; 1997). O sistema foi testado com sucesso no aeroporto de Sidney em 1995. Incorpora agentes representando as aeronaves, e agentes globais, representando campos de vento, trajetórias e implementando coordenação. Foi testado com mais de 100 agentes aeronave e 10 agentes globais com resultados satisfatórios. O sistema conseguiu calcular com precisão o horário de chegada previsto, bem como a sequência de aterragens de forma a minimizar o atraso total, e foi também capaz de gerar recomendações para controladores de tráfego aéreo quanto às ações a executar para conseguir implementar a sequência determinada. Adicionalmente, monitorizou a evolução do tráfego real, comparando-o com a sequência prevista e gerou recomendações de intervenção para corrigir a discrepância. A utilização de agentes foi adotada para permitir ao sistema reagir rapidamente a alterações no ambiente, como sejam a alteração das condições meteorológicas, e alterações nos objetivos, como sejam procedimentos de emergência. Anteriormente, a arquitetura BDI tinha sido já usada no sistema baseado em agentes para simulação de missões áreas SWARMM (Lucas et.al, 1992; Rao et al., 1993; Tidhar, et al. 1995).

No ambiente empresarial, e focado na área industrial, Jennings (1994) propôs a adoção de agentes para controlo de processos, no sistema ARCHON (*ARchitecture for Cooperative Heterogeneous ON-line systems*). O sistema inclui um conjunto de ferramentas descentralizado para a criação de sistemas distribuídos para aplicações industriais. Adicionalmente é disponibilizada uma metodologia criada com o objetivo de guiar os utilizadores no processo de

integração de uma aplicação no sistema. O ARCHON inclui múltiplos agentes autónomos, que cooperam e comunicam com os seus pares no sentido de resolverem os problemas. Cada agente decompõe-se em duas partes: uma camada aplicacional (*Intelligent System*, ou IS) e uma camada Archon (AL). Não existindo uma entidade central de controlo, os agentes têm objetivos individuais, e interagem recorrendo à camada AL, para perseguirem os seus objetivos, que estão inter-relacionados no contexto da comunidade. Parunak (1998) tinha já explorado a utilização de sistemas baseados em agentes no contexto industrial, tendo proposto a adoção de sistemas multiagente para controlo da produção nestes ambientes.

Neagu et al. (2006) propõe o sistema multiagente *Living Systems Adaptive Transportation Networks* (LS/TS) para gestão de logística no ramo dos transportes. O sistema foi construído para suportar a minimização dos custos de transporte recorrendo à otimização de percursos para frotas de diversas dimensões. A natureza altamente dinâmica do ambiente, para além da complexidade associada à operação comercial, motivaram a abordagem baseada em agentes, promovendo a cooperação e a interação entre estes para o cálculo de agendamentos que otimizem o uso dos recursos e minimizem os custos de operação associados. O autor reporta a utilização efetiva do sistema no terreno, gerindo um volume de encomendas significativo diariamente (40000 encomendas por dia, processadas por 15000 viaturas, à data da publicação).

Camarinha-Matos e Afsarmanesh (2001) propuseram a utilização de sistemas multiagente para a modelação e desenho de sistemas para gestão de processos de negócio para empresas virtuais. Os autores consideram que os sistemas multiagente são adequados ao suporte das atividades relacionadas com empresas virtuais uma vez que (1) uma empresa virtual é constituída por componentes autónomos, heterogéneos e distribuídos, o que corresponde à natureza da arquitetura de sistema multiagente; (2) as empresas virtuais necessitam de resolver problemas de coordenação e distribuição, à semelhança do que acontece na generalidade dos sistemas multiagente; (3) a tomada de decisão com base em informação incompleta sobre o ambiente e a utilização da interação e colaboração para atingir um objetivo é uma característica comum entre as empresas virtuais e os sistemas multiagente; (4) o foco crescente nas empresas virtuais na atribuição de papéis aos participantes, num processo de distribuição de responsabilidades, encaixa-se igualmente bem nos sistemas multiagente; (5) as empresas virtuais têm necessidade evidente de reconfiguração dinâmica e escalabilidade, o que é muito bem suportado pelos sistemas multiagente. Como desafios essenciais, associados à utilização dos sistemas multiagente, os autores sublinham a necessidade de integração simplificada com sistemas

externos, a implementação de mecanismos de segurança, a interoperacionalidade entre protocolos e ontologias comuns e a necessidade de ambientes de desenvolvimento robustos.

A utilização de agentes para suportar a negociação entre entidades é uma área fértil de pesquisa científica. A comunidade produziu um leque abrangente e variado de abordagens alternativas para a negociação entre pares, que podem ser mais ou menos eficazes dependendo do cenário que está a ser suportado e das próprias variáveis que estão a ser usadas (Sierra et. al, 1997; Chen et al., 1999; Homburg et Schneeweiss, 2000; Ito & Salleh, 2000; Ertogral & Wu, 2000; Oliveira e Rocha, 2001; Fink, 2004; Dudek & Stadtler, 2005; Jiao et al., 2006; Beaudoin et. al, 2007; Xue et al, 2007; Khouider et. al, 2008; Nagarajan & Bassok, 2008; Yu et. al, 2012; More et al., 2014). Matos et. al (1998) estudaram a adaptação de diferentes métodos de negociação em diferentes ambientes, dependendo da disponibilidade de recursos e tempo. O impacto das variáveis no processo negocial foi avaliado por Krovi et.al (1999). Faratin (2000) e Forget et al. (2008) compararam diferentes abordagens para a negociação entre agentes.

Os trabalhos de investigação relacionados com a utilização de sistemas baseados em agentes para implementação de serviços na nuvem (*cloud*) têm vindo a aumentar nos últimos anos. A *cloud* pode ser considerada um sistema paralelo e distribuído, constituído por uma coleção de computadores virtualizados e interconectados, disponibilizados por um fornecedor a um cliente de acordo com um nível de serviço (Buyya et al., 2009). Gutierrez-Garcia & Sim (2010) focam-se na utilização de um Sistema multiagente para a composição dinâmica de serviços na *cloud*, a partir dos requisitos apresentados pelo cliente. Thorat e Sarje (2011) propõem o MobilLim, um Sistema de licenciamento baseado em agentes para a computação móvel baseada na *cloud*. Han e Sim (2011) propõem um sistema baseado em agentes para a descoberta de serviços na *cloud*. González et al. (2013) propõe o Sistema +Cloud, uma plataforma baseada em agentes para o armazenamento de ficheiros e informação na *cloud*. Babu et al. (2014) propõem uma arquitetura baseada em agentes para suportar a aprendizagem à distância (*e-learning*) usando agentes e a *cloud*.

3.5 Conclusão

Neste capítulo foram analisados os principais tópicos relacionados com a modelação e o desenvolvimento de sistemas baseados em agentes de *software*.

O paradigma dos sistemas multiagente, ao se basear no conceito de comunidades de indivíduos ou grupos de indivíduos, que realizam tarefas relacionadas com objetivos definidos, e que interagem entre si, de forma colaborativa, para os atingir, revela-se particularmente adequado para suportar a virtualização de empresas, que podem ser representadas por agentes autónomos.

O desenvolvimento de sistemas multiagente levanta, como se apresentou, novos desafios ao nível da gestão do ciclo de vida do *software* baseado em agentes, desde a fase de definição inicial de requisitos até à sua instalação e manutenção. O conceito de Engenharia de *Software* Orientada a Agentes (AOSE) é desafiante na medida em que os sistemas de *software* deixam de ser entidades previsíveis, que podem ser bem definidas em cada instante, passando a ser entidades dinâmicas, que evoluem com base na interação e na coordenação dos agentes que os integram. A programação orientada a agentes (AOP), ao basear-se não nos componentes (objetos) e suas características (propriedades) e capacidades (métodos) mas sim no papel dos agentes, suas crenças e conhecimento, e suas capacidades evolutivas, é uma abordagem essencial para a implementação de sistemas multiagente com manutenção e evolução facilitadas. As atualizações dos padrões de desenho de *software* para suportarem a realidade específica dos agentes são igualmente ferramentas relevantes para a conceção de sistemas multiagente.

A arquitetura holónica, com os diversos níveis de abstração que proporciona, e a sua estrutura recurso, é uma abordagem interessante para suportar as organizações virtuais, na medida em que cada uma destas organizações se mapeia no conceito de holarquia, com holons a serem mapeados em subholarquias ou empresas integrantes.

Ao nível da modelação, o AUML é uma especificação interessante, pois baseia-se num *standard* de indústria, com ampla penetração na comunidade científica e empresarial. Por outro lado, as extensões criadas ao UML permitem a sua utilização no JADE, o que se traduz num ciclo de desenvolvimento e implementação dos sistemas multiagente otimizado.

Ao nível da comunicação entre agentes, as normas propostas pela FIPA para suportar a comunicação, nomeadamente o FIPA-ACL, FIPA-SL, e o FIPA *Contract Net Interaction Protocol Specification*, revelam-se maduras e com ampla utilização na comunidade de investigação.

No que concerne às plataformas, o JADE apresenta características que o tornam interessante para suportar organizações virtuais distribuídas. Ao ser compatível com as normas FIPA, suporta a comunicação de agentes, sua interação, gestão e execução de forma padronizada e escalável. Por outro lado, ao se basear em JAVA, não obriga à utilização de linguagens de âmbito mais restritivo, e facilita a sua evolução.

O JACK, devido à sua maturidade e foco pragmático na utilização comercial, para além da variedade de extensões que disponibiliza, apresenta-se também como uma boa alternativa para o desenvolvimento de sistemas multiagente. O conceito de equipas agregadoras permite facilitar o processo de gestão dos sistemas multiagente. A possibilidade de utilizar o FIPA-ACL permite adotar a linguagem de comunicação de agentes mais difundida atualmente, promovendo um maior potencial de integração. Adicionalmente, a disponibilização da extensão WebBot JACK permite criar pontos de conexão via Web/ HTTP com serviços externos. O suporte opcional ao modelo cognitivo, através da extensão CoJACK, é também uma mais-valia.

No que diz respeito ao processo de desenvolvimento, a metodologia Prometheus revela-se interessante por fornecer um bom nível de detalhe ao nível da especificação para desenvolvimento, suportando o desenho de agentes baseados em objetivos, estando bem integrada com o JACK e JADE.

Parte 2

Trabalho Realizado

Capítulo 4 – Plataforma proposta

Neste quarto capítulo é apresentada a arquitetura da plataforma proposta para suportar o ciclo de vida de organizações virtuais. É inicialmente apresentada uma visão geral do seu funcionamento, enquadrada no ciclo de vida das organizações virtuais. Seguidamente são descritos os principais processos suportados pela plataforma, de modo a fornecer uma visão estruturada do seu modo de operação.

4.1 Introdução

Assumiu-se como objetivo do trabalho de investigação a conceção uma plataforma flexível e adaptável, que permita suportar a instanciação, operação e dissolução de organizações virtuais, suportando a abordagem proposta para seleção e classificação de parceiros no momento da sua criação (parceiros fundadores) e para a seleção e classificação de fornecedores ao longo do seu ciclo de vida.

A plataforma proposta deve satisfazer um conjunto alargado de requisitos de forma a suportar, de modo adequado, a operação colaborativa por parte das empresas integrantes da rede colaborativa. Desde organizações/ empresas virtuais, que requerem uma plataforma de *software* ágil para suportar a sua operação, até redes de suporte a parcerias de negócio, focadas na automação e na otimização das relações entre os seus membros, são diversos os requisitos relacionados com os múltiplos cenários de colaboração implementáveis.

A Tabela 21 sumaria os requisitos gerais associados à plataforma proposta.

Tabela 21: Requisitos para uma plataforma ágil de software para suportar organizações virtuais.

Requisito	Descrição
Capacidade de reconfiguração	O Sistema deve suportar a sua própria reconfiguração, de forma automática ou mediante a intervenção de um operador, baseado na informação que tem sobre a operação e o ambiente, de forma a suportar a natureza evolutiva do modelo ou modelos de negócio que suporta.
Escalabilidade	O Sistema deve ser capaz de rapidamente crescer ou encolher, adaptando-se a alterações no ambiente de negócio e na realidade das empresas e organizações que o compõem.
Agilidade	O Sistema deve suportar a integração de novas empresas de forma fácil e rápida, sem obrigar a investimentos elevados nos sistemas internos das empresas, permitindo desta forma um intervalo de tempo reduzido entre a admissão de uma nova empresa e a sua operação no contexto da rede.
Transparência	O Sistema deve suportar o processamento automático de um conjunto relevante de operações, promovendo a transparência ao nível operacional.
Encapsulamento	O Sistema deve ser baseado em componentes de <i>software</i> especializados, que reagem a entradas implementando operações focadas, e produzindo as saídas resultantes. A utilização de componentes de <i>software</i> facilitará a manutenção do Sistema, uma vez que estes poderão ser atualizados ou substituídos sem afetar a operação dos restantes componentes
Flexibilidade	O Sistema não deve ser baseado num modelo de negócio específico. Pelo contrário, deve ser adaptável e configurável para operar em modelos de negócios diversificados. Adicionalmente, o sistema deve suportar a sua integração com sistemas externos, que operem no contexto das organizações (<i>Customer Relationship Management</i> ou CRM, <i>Supply Chain Management</i> ou SCM, <i>Enterprise Resource Planning</i> ou ERP, <i>Automated Production Systems</i> ou APS), entre outros.
Robustez	O Sistema deve operar com elevada disponibilidade, devendo ser implementada redundância e mecanismos que suportem a distribuição de carga. Adicionalmente, procedimentos de salvaguarda e recuperação de dados devem ser implementados.
Segurança	O Sistema deve disponibilizar funcionalidades de controlo de segurança, de forma a garantir que a informação das diversas empresas integrantes não poderá ser acedida por entidades não autorizadas. Adicionalmente, as funcionalidades de controlo de segurança devem garantir que o acesso aos dados é feito de acordo com perfis de utilizador ou entidade, geridos de forma consistente entre os vários participantes
Ubiquidade	O Sistema deve ser acessível a partir de um conjunto alargado de dispositivos heterogéneos.

Estes requisitos são essenciais para suportar uma interação fluida entre uma empresa e os seus parceiros. Uma oportunidade de negócio deve ser rapidamente capturada e processada no contexto da rede colaborativa. Isto significa que uma empresa necessita de (1) rapidamente selecionar parceiros de negócio de forma a reagir a uma oportunidade identificada; (2) estabelecer, de forma célere, uma organização, selecionando os parceiros adequados de acordo com as suas características e capacidades, que possam contribuir para aumentar o potencial de concretização do negócio (Camarinha-Matos & Afsarmanesh, 2006); (3) rapidamente selecionar os melhores fornecedores para satisfazer uma determinada necessidade de produtos e/ ou serviços.

De forma a satisfazer os requisitos previamente apresentados, foi definida uma arquitetura de sistema baseada em agentes de *software* especializados. Estes agentes são responsáveis por executar operações focadas e bem definidas no contexto do sistema. Um agente de *software* consiste num sistema de software encapsulado, operando num ambiente computacional, sendo capaz de realizar ações de forma autónoma, e de modo flexível, de forma a atingir os seus objetivos (Jennings, 2000). O sistema proposto usa múltiplos tipos de agentes de *software*, sendo classificado como um sistema baseado em agentes heterogéneo. Sendo baseado numa arquitetura multiagente, cumpre os requisitos associados a este tipo de sistemas: (1) cada agente tem capacidades limitadas e, como tal, possui apenas uma fração da informação ou uma parte das capacidades necessárias para a resolução de um problema; (2) cada agente tem apenas uma visão parcial das tarefas globais que devem ser executadas; (3) os dados estão descentralizados, não havendo um sistema central de controlo; (4) as tarefas computacionais são realizadas de forma assíncrona.

De forma a serem capazes de tomar iniciativas e perseguir os seus objetivos, os agentes precisam de ter habilidade social. A arquitetura proposta contempla uma comunidade de agentes na qual cada agente membro interage com os seus pares. Apesar de estarem focados nos seus objetivos individuais, os agentes dependem de outros agentes para realizar parte dos processos suportados, comunicando e negociando de forma a melhorar os resultados obtidos.

4.2 Cenários de utilização suportados

A plataforma proposta é compatível com cenários em que as empresas ou organizações estejam motivadas para o estabelecimento de parcerias de negócio que tenham o potencial de gerar mais-valias para os seus membros. Esta motivação leva frequentemente à agregação de competências distribuídas por várias empresas para que, de forma agregada, possam satisfazer necessidades do mercado. Esta agregação pode assumir diferentes formas. Neste capítulo são apresentados cenários típicos nos quais a plataforma proposta pode ser usada.

As pequenas e médias empresas (PMEs) possuem frequentemente recursos humanos e físicos limitados, sendo obrigadas a recorrer a fornecedores de produtos e serviços externos. Suponhamos que a empresa X interage com uma rede de n fornecedores. Quando a empresa recebe encomendas dos seus clientes, contacta os seus fornecedores, emite pedidos de cotação ou de proposta (RFQs/RFPs), analisa as respostas recebidas, eventualmente negocia os termos associados, atribui encomendas aos fornecedores mais interessantes e monitoriza a sua entrega. As atividades que compõem cada um destes passos consomem uma quantidade significativa de tempo, estando associadas tipicamente a janelas temporais condicionadas. Atrasos na sua execução podem comprometer o potencial de negócio, resultando em evidentes perdas de oportunidade. Esta empresa pode beneficiar substancialmente do usufruto de um canal otimizado para suportar a interação com os seus parceiros e fornecedores, com vista à captura de oportunidades, orçamentação e processamento de encomendas. A plataforma proposta pode ser usada num cenário idêntico ao descrito, no qual uma empresa age como um consumidor e agregador de serviços, materiais, componentes e produtos fornecidos por outras empresas. Numa forma mais simples, a empresa X pode, por exemplo, possuir clientes próprios e deter a posse da plataforma, convidando fornecedores e parceiros a aceder à mesma quando necessário. Neste caso, temos uma empresa colaborando com outras empresas para concretizar objetivos comuns ou compatíveis, usando redes de computadores para suportar a interação. Como tal, este cenário caracteriza uma organização colaborativa em rede (CNO, do inglês *Collaborative Network Organization*) (Camarinha-Matos & Afsarmanesh, 2006), conforme ilustrado na Figura 32.

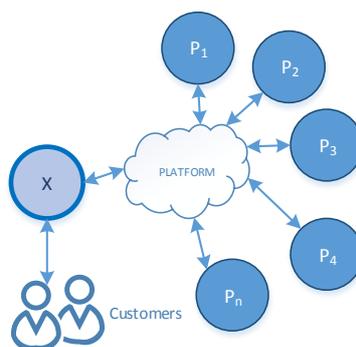


Figura 32: Otimização da cadeia de fornecimento usando uma CNO.

Quando a empresa X e os seus parceiros de negócio assumem um relacionamento mais próximo, optando por abordar oportunidades de negócio como uma empresa única, disponibilizando aos seus clientes um ponto de contacto unificado, podem optar pela criação de uma empresa virtual (EV). Uma EV pode ser definida como uma aliança temporal entre uma empresa e os seus parceiros, que se juntam para partilhar competências, capacidades e recursos. Por exemplo, ao se organizarem como uma empresa ágil virtual (A/EV), um grupo de empresas de desenvolvimento de *software* e de agências de marketing digital pode apresentar-se ao mercado como uma única organização, com a capacidade de fornecer soluções integradas aos seus clientes. Neste cenário, todas as empresas serão donas da plataforma, agregando as suas competências com vista à disponibilização de um ponto de contacto unificado para os seus clientes. Os clientes, por seu lado, beneficiarão do facto de não terem que lidar com múltiplas empresas independentes. A empresa virtual tratará internamente de todos os detalhes associados aos processos de consulta e fornecimento. Este ponto de contacto único vai permitir uma interação mais simples e melhorada entre clientes e as empresas que integram a EV. Cada uma das empresas participantes poderá disponibilizar produtos, componentes ou serviços que serão integrados no produto ou solução final. Adicionalmente, dispõem de uma oferta integrada de produtos e serviços que, de outra forma, estariam acessíveis de forma fragmentada.

Para suportar uma organização como a descrita podemos seguir duas abordagens distintas. A primeira opção é atribuir o papel de angariador de negócios a uma das empresas, ou inclusivamente criar uma nova empresa para esse fim. Esta empresa irá assumir a responsabilidade de deteção, angariação e captura de oportunidades de negócio (Camarinha-Matos & Afsarmanesh, 2006). Tipicamente as empresas restantes não irão interagir, de forma direta, com os clientes, recebendo oportunidades de negócio da empresa angariadora (empresa

broker), sendo-lhes atribuídas as encomendas associadas dependendo do processo negocial. Este cenário é ilustrado na Figura 33.

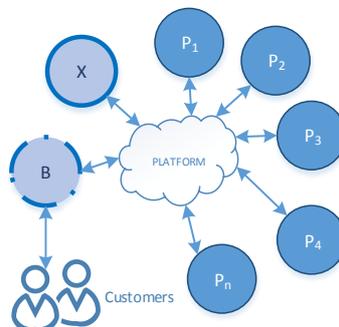


Figura 33: Empresa virtual com uma empresa mediadora (*broker*).

A segunda opção para a organização de empresas virtuais será permitir que todas as empresas integrantes interajam com clientes, tentando capturar oportunidades de negócio e gerar novas encomendas. Estas encomendas podem incluir serviços ou componentes que serão fornecidos pelas empresas participantes remanescentes. A empresa que detetou a oportunidade e capturou a encomenda associada assume a responsabilidade de interagir com o cliente e disponibilizar os entregáveis agregados. Desta forma concretiza um ponto de contato único para o cliente, facilitando a sua relação com a EV enquanto comprador. Este cenário está ilustrado na Figura 34.

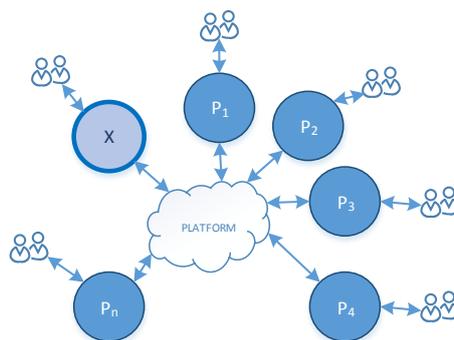


Figura 34: Empresa virtual sem empresa mediadora (*broker*).

Os *clusters* de negócio são criados para maximizar as oportunidades de negócio para as empresas existentes, estimular novos negócios, potenciar a inovação e aumentar a produtividade

(Porter, 1998). *Clusters* geográficos e setoriais são uma forma comum de agregar competências que se pode tornar atrativa para pequenas e medias empresas. Um *cluster* representa a associação de empresas com um potencial de cooperação efetivo, que manifestam a vontade de cooperar com os seus pares com base num acordo de longo prazo (Romero, et al., 2008). Quando aplicados ao conceito das empresas virtuais, os *clusters* são classificados como ambientes para a criação de empresas, ou VBEs (*Virtual Organization Breeding Environments*), representando uma estrutura em rede de longo prazo, caracterizada pela partilha de infraestruturas e por uma elevada confiança entre os participantes (Camarinha-Matos & Afsarmanesh, 2003b). Mais do que uma simples rede hierárquica, um VBE é caracterizado por numerosas e repetitivas conexões entre empresas, que constantemente evoluem e se expandem (Irigoyen et al., 2006). Adicionalmente, suporta a existência de diversas organizações virtuais no seu meio. Na prática, um VBE é um tipo de organização em rede colaborativa (CNO), representando uma associação de organizações que aderem a um acordo de longo prazo e aderem a um conjunto comum de princípios de operação (Camarinha- Matos & Afsarmanesh, 2003a).

Habitualmente um VBE inclui uma empresa mediadora (*broker*), que assume a responsabilidade de identificar e processar as oportunidades de negócio. Em resposta a estas oportunidades podem ser criadas novas empresas virtuais (EVs) criadas no contexto do VBE, para explorarem o potencial de negócio associado. Estas EVs podem ser terminadas assim que a oportunidade tenha sido capturada e processada. Este cenário está ilustrado na Figura 35.

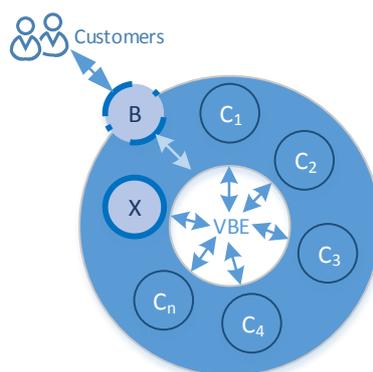


Figura 35: VBE com uma empresa broker.

4.3 Arquitetura

4.3.1 Arquitetura geral

Cada empresa que integra a CNO estará associada a uma comunidade de agentes que a representará no contexto das interações a realizar. Entre os agentes que integram essa comunidade estão (1) agentes de encomenda (OA), que coordenam os processos nos quais a empresa age como compradora; (2) agentes de processamento de encomendas (OPA), que coordenam os processos nos quais a empresa será fornecedora; (3) um ou mais agentes de tradução (TA), que assumirão o papel de interligar sistemas de informação internos à organização com o sistema multiagente que suporta a rede colaborativa; (4) agentes de produção (PA), responsáveis pela avaliação dos planos produtivos, pelo acompanhamento da execução das encomendas, e pela determinação dos valores de tempo de entrega e de preparação de encomendas para novos pedidos de proposta; (5) agentes de gestão da produção (PMA), que interagem com os agentes de produção das empresas que estão a trabalhar como fornecedoras num determinado período de tempo; (6) agentes financeiros (FA), que despoletam a emissão de documentos financeiros e gerem os processos associados. As diversas comunidades de agentes serão alojadas numa plataforma compatível com as normas FIPA, descritas no capítulo anterior. As múltiplas comunidades interagirão entre si, reproduzindo a dispersão geográfica das empresas que integram a rede colaborativa, na medida em que teremos uma comunidade de agentes representando cada uma das entidades participantes.

Paralelamente às comunidades representantes de cada uma das empresas participantes, existem comunidades de agentes prestando serviços transversais à rede colaborativa, incluindo (1) serviços de diretório, disponibilizados por agentes de facilitação de diretório (ou DF), que suportam a pesquisa de recursos, produtos, competências, empresas e serviços registados na plataforma; e (2) agentes de ontologia (OTAs), que serão consultados pelos agentes residentes nas várias comunidades para mapearem ontologias associadas aos sistemas específicos que as empresas utilizem nas ontologias comuns, acordadas como base para a organização virtual. A Figura 36 ilustra a visão geral da arquitetura da plataforma multiagente proposta.

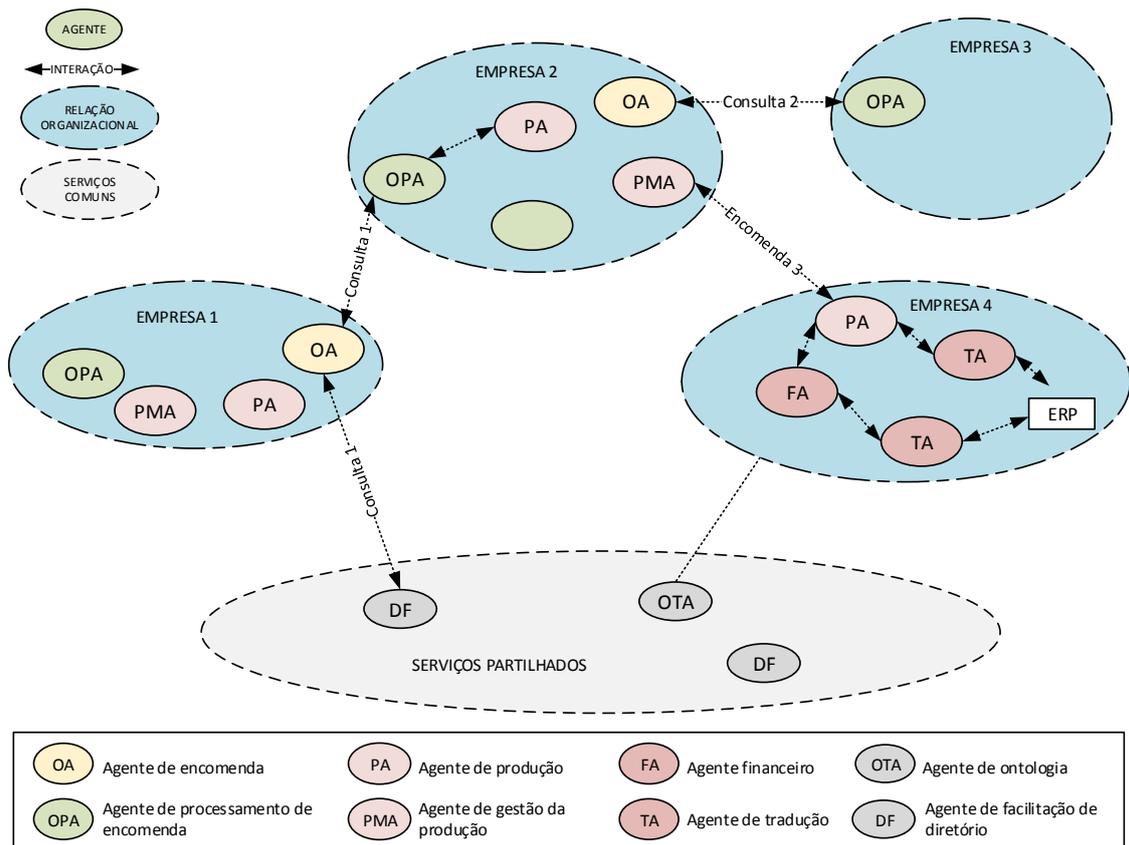


Figura 36: Arquitetura geral da plataforma multiagente proposta.

No que concerne à localização das comunidades de agentes, podem ser implementados dois cenários principais: centralização e distribuição.

Cenário 1: centralização

Neste cenário, as comunidades de agentes que representam uma empresa residem num ou mais *clusters* de servidores centrais. É um cenário particularmente útil nos casos em que se pretende evitar as dependências de requisitos computacionais nas empresas participantes, bem como evitar potencial indisponibilidade dos mesmos devido a problemas de conectividade que possam ser sentidos pelas mesmas.

As empresas participantes podem usar o interface de utilização da plataforma a partir da Web, recorrendo a um navegador Internet comum. As ações que realizem sobre esse interface são processadas pelos agentes associados à empresa, que a representam no contexto do sistema global. Opcionalmente, podem integrar os seus sistemas internos com a comunidade de agentes central, instalando localmente na sua rede um ou mais agentes de tradução (TAs). Cada um destes

agentes assumirá a responsabilidade de receber pedidos para consultas ou atualizações do sistema que representa, processando esses pedidos de acordo com os parâmetros de segurança definidos pela empresa.

No caso em que se estejam a implementar interfaces com múltiplos sistemas locais, é instanciado um agente local de interface (*broker* local), que age como mediador para dados, assumindo-se como interface entre os agentes da plataforma central e os agentes de tradução de dados instalados na empresa.

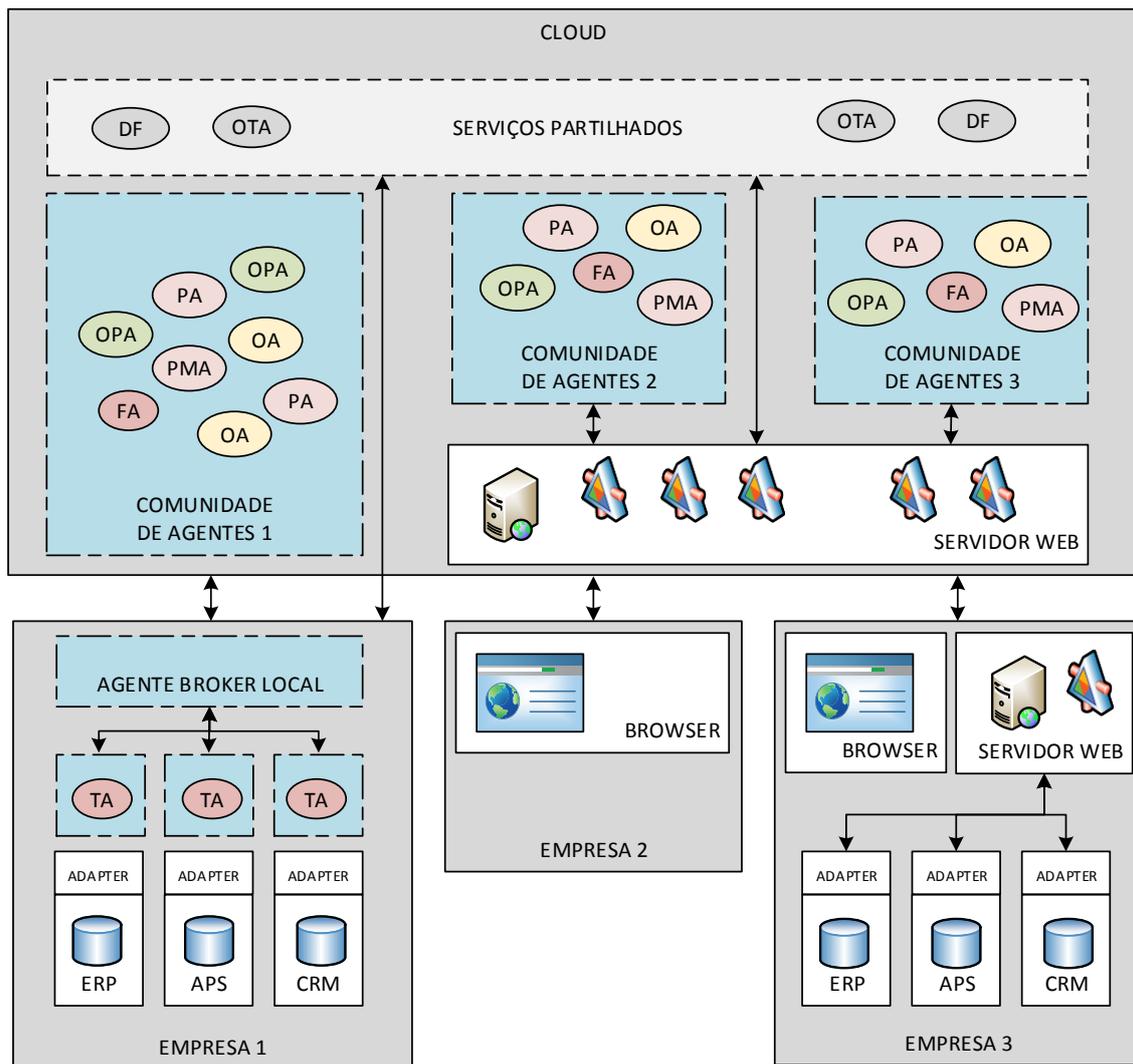


Figura 37: Plataforma multiagente com arquitetura centralizada.

A Figura 37 ilustra o cenário de centralização na ótica da empresa participante. Estão representadas três opções distintas de integração. Na primeira, a empresa tem instalada uma comunidade de agentes locais na sua rede, tendo sido configurados três agentes de tradução, que efetuarão a interligação entre os seus servidores internos - gestão de recursos (ERP), gestão da

produção (APS), gestão de relacionamento com o cliente (CRM) - e a plataforma central de agentes. Como foi referido antes, esta ligação é feita através de um agente mediador (*broker*) local. No caso da empresa 2, não foi efetuada interligação com sistemas internos, sendo que a empresa interagirá com a comunidade de agentes central através de um navegador Internet, num processo manual. No caso da empresa 3, ilustra-se outro cenário alternativo: a integração através de serviços *web*. Neste cenário, serviços *web* disponibilizados através de um servidor local respondem a pedidos da plataforma central, sendo os pedidos feitos no sentido inverso através dos servidores *web* disponíveis no *cluster* central.

Cenário 2: distribuição

Neste segundo cenário, as comunidades de agentes que representam cada uma das empresas são instaladas pelas empresas participantes, passando a ser um recurso local por si administrado. Na prática, poderão ser instaladas em máquinas físicas, existentes dentro da rede das próprias empresas, ou instaladas em máquinas virtuais, geridas pela empresa participante, das quais é utilizadora exclusiva. As máquinas serão configuradas para responderem exclusivamente ao endereço correspondente ao *cluster* onde está instalada a plataforma central. A Figura 38 ilustra o cenário de distribuição.

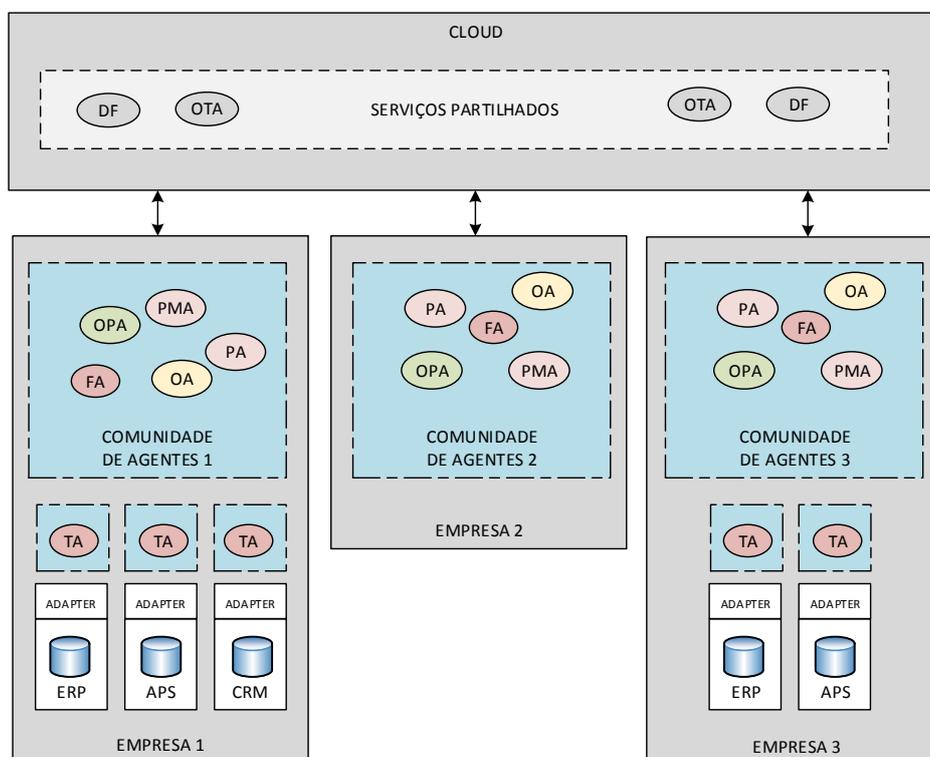


Figura 38: Plataforma multiagente com arquitetura distribuída.

4.3.2 Computação baseada na nuvem

A plataforma utilizará serviços baseados na nuvem (*cloud*) para maximizar disponibilidade, escalabilidade e ubiquidade. A *cloud* pode ser definida como um sistema paralelo e distribuído, consistindo numa coleção de computadores virtualizados e interconectados, disponibilizados por um fornecedor a um cliente de acordo com um nível de serviço (Buyya et al., 2009). Existem quatro tipos distintos de modelos de disponibilização de serviços baseados na nuvem, de acordo com a forma como os serviços são distribuídos: (1) *clouds* comunitárias, nas quais a posse é partilhada por um grupo constituído por várias organizações, sendo o acesso às mesmas bloqueado a qualquer organização que não integre esse mesmo grupo; (2) *clouds* públicas, que disponibilizam acesso generalizado aos recursos que publicam; (3) *clouds* privadas, nas quais o acesso é restrito a uma entidade ou organização, que assume a responsabilidade pela sua gestão e operação; (4) *clouds* híbridas, consistindo numa combinação de dois ou mais tipos de *clouds*. A Gartner, empresa especializada em estudos de mercado, prevê que pelo menos metade das grandes empresas tenham *clouds* híbridas, combinando, a nível operacional, *clouds* privadas e *clouds* públicas, sendo que, ao longo dos últimos três anos a maior parte das empresas que aderiram à utilização de *clouds* adotaram *clouds* privadas (Bittman, 2013).

As *clouds* comunitárias satisfazem os requisitos de um sistema baseado na disponibilização de serviços na nuvem para utilização por parte organizações ou empresas virtuais, uma vez que permitem: (a) democratizar o acesso a recursos às empresas integrantes; (b) disponibilizar espaço de armazenamento de forma escalável; (c) minimizar custos associados com o armazenamento de informação; (d) otimizar a utilização da camada de armazenamento permitindo diminuir a redundância; (e) permitir a mitigação de centros de armazenamento de dados fragmentados; (f) minimizar custos de processamento; (g) suportar o ajuste flexível da infraestrutura, permitindo o seu crescimento ou redução de acordo com necessidades efetivas do negócio; (h) permitir a redução ou mesmo a eliminação das infraestruturas de processamento locais às empresas ou organizações. Os modelos híbridos podem ser usados em cenários de colaboração, caracterizados pela necessidade de existência de segmentos de infraestrutura privados, enquanto que, paralelamente, outros serviços são disponibilizados de forma pública. Uma *cloud* híbrida permite às organizações participantes beneficiar de uma infraestrutura comum partilhada, enquanto que, ao mesmo tempo, beneficiam de uma *cloud* privada e dedicada, usada

para suportar as suas operações individuais. A plataforma proposta é baseada numa *cloud* híbrida, incluindo uma componente comunitária, à qual apenas as organizações integrantes da organização virtual podem aceder, bem como uma componente pública, através da qual serão disponibilizados recursos a parceiros externos e clientes.

Existem três categorias principais de sistemas computacionais baseados na *nuvem*, de acordo com a sua forma de disponibilização: Infraestrutura como serviço (IaaS, do inglês *Infrastructure as a Service*), Plataforma como serviço (PaaS, do inglês *Platform as a Service*), Software como serviço (SaaS, do inglês *Software as a Service*) (Sabharwal & Shankar, 2013). Estas categorias estão descritas na Tabela 22.

Tabela 22: As três categorias principais de serviços baseados na *nuvem*.

Categoria	Descrição
IaaS Infraestrutura como serviço	<p>No modelo IaaS, o fornecedor de serviços disponibiliza a infraestrutura que suportará os sistemas de <i>software</i>, incluindo recursos computacionais, de rede, armazenamento e tecnologias de virtualização. Os serviços IaaS podem incluir os sistemas operativos, integrados nos recursos computacionais disponibilizados, mas a sua configuração é tipicamente responsabilidade do cliente.</p> <p><i>OpenStack, CloudStack, Eucalyptus e Ubuntu Cloud Infrastructure</i> são exemplos de tecnologias que se enquadram nesta categoria.</p>
PaaS Plataforma como serviço	<p>No modelo PaaS o fornecedor disponibiliza não só a infraestrutura como também a plataforma utilizada para o desenvolvimento de <i>software</i>. As funcionalidades desta plataforma incluem tipicamente a disponibilização automática de aplicações, teste de <i>software</i> e sua execução, entre outros serviços. A plataforma inclui componentes como os sistemas operativos, sistemas intermediários de integração (<i>middleware</i>) e plataformas de desenvolvimento, entre outras. O fornecedor é responsável pela configuração, manutenção, otimização e atualização destes componentes.</p> <p><i>Cloud Foundry da VMWare, OpenShift da RedHat, Heroku e Engine Yard</i> são exemplos de produtos PaaS.</p>
SaaS <i>Software</i> como serviço	<p>No modelo SaaS, o fornecedor disponibiliza as aplicações que o cliente utiliza, sendo responsável pela instalação, configuração, manutenção, otimização e atualização da infraestrutura, plataforma e aplicações. O cliente tem acesso a uma solução chave na mão, não tendo que se preocupar com qualquer um dos detalhes mencionados nas duas alternativas anteriores.</p> <p>O <i>Salesforce, Office365 e Google Apps</i> são exemplos bem conhecidos de produtos SaaS.</p>

Podemos usar uma pirâmide para representar as diferentes categorias de serviços baseados na nuvem, de acordo com o nível de controlo que proporcionam, e a simplicidade da sua utilização (Figura 39). O nível mais elevado da pirâmide representa o fornecimento de todos os serviços referenciados nos níveis inferiores. Os níveis de abstração e de facilidade de utilização crescem quando chegamos aos níveis mais altos da pirâmide. No sentido oposto, o nível de controlo é maior nos níveis mais baixos.

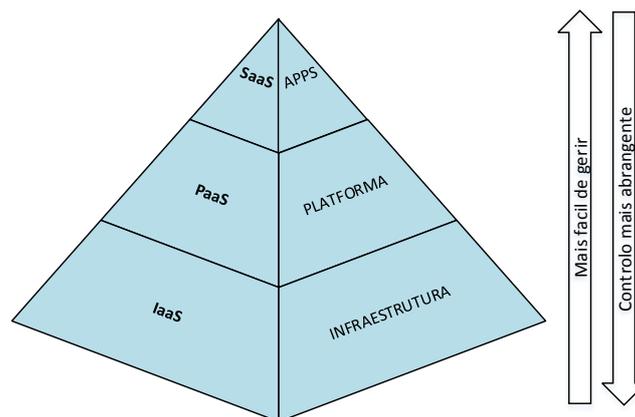


Figura 39: Categorias principais de sistemas computacionais baseados na nuvem.

A competição crescente entre os maiores operadores no mercado da *cloud*, incluindo Amazon, Google, Microsoft, VMWare, Rackspace, entre outros, tem gerado um número crescente de oportunidades de poupança para soluções que necessitem de tirar partido da flexibilidade dos serviços baseados na nuvem. A possibilidade de dinamicamente acrescentar ou remover recursos computacionais e serviços, em função das efetivas necessidades dos clientes, tornam os servidores baseados na nuvem particularmente apetecíveis em mercados caracterizados pela mudança.

Os agentes de *software* podem ser usados nos três tipos principais de sistemas *cloud*. Nos sistemas IaaS, os agentes podem ser usados para disponibilizar recursos às aplicações dos utilizadores, de forma inteligente. Nos sistemas PaaS, podem ser usados para disponibilizar e executar, de forma otimizada, ambientes de programação. Nos sistemas SaaS, os agentes podem ser usados para otimizar a utilização das aplicações disponibilizadas, bem como para otimizar a plataforma que as suporta (Talia 2011).

Adicionalmente, os sistemas baseados em múltiplos agentes (MAS, do inglês *Multi Agent Systems*) podem necessitar de elevada capacidade de processamento, bem como consumir grande quantidade de espaço de armazenamento. Por este motivo, as infraestruturas baseadas na *cloud*, com flexibilidade ao nível da configuração e elevada elasticidade ao nível da adição ou remoção de capacidades, são uma boa solução para suportar sistemas MAS. Os recursos de processamento e de armazenamento podem ser atribuídos de acordo com a dimensão do sistema baseado em múltiplos agentes, e com a sua evolução, de forma dinâmica.

Os componentes principais da plataforma proposta serão disponibilizados numa infraestrutura baseada na *cloud*. Cada organização ou empresa que integre a rede colaborativa terá agentes a si atribuídos, que irão integrar os seus sistemas de gestão locais com os agentes que compõem o sistema MAS alojado na nuvem. Estes agentes poderão ser instalados localmente, dentro da rede da organização ou empresa, ou residir numa máquina virtual, alojada na nuvem, que se conectará à rede da empresa usando uma rede privada virtual (ou VPN, do inglês *Virtual Private Network*), como se ilustrou na secção anterior.

4.4 Ciclo de vida da plataforma

4.4.1 Visão geral

O primeiro passo no estabelecimento de uma parceria estratégica entre várias empresas é a identificação de uma oportunidade de negócio, seguida da tarefa de identificar potenciais parceiros e de proceder à sua seleção (Bremer et al, 1999). Estas tarefas fazem parte do ciclo de vida da plataforma, ilustrado na Figura 40.

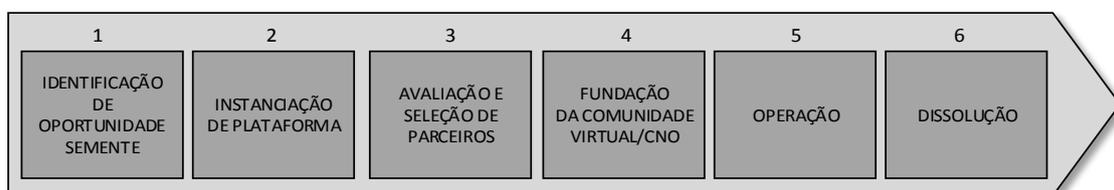


Figura 40: Ciclo de vida da plataforma e principais processos associados.

Aquando da identificação duma oportunidade semente (1), uma empresa fundadora confirma a necessidade de criar uma rede colaborativa para melhorar a sua competitividade,

particularmente no contexto de novas oportunidades, que provavelmente não irá conseguir aproveitar de forma isolada. Uma vez identificada essa oportunidade, e existindo a motivação da criação de uma rede colaborativa, é instanciada a plataforma (2), procedendo-se à sua configuração inicial. Uma vez disponível, a empresa fundadora procede ao carregamento de informação preliminar sobre parceiros potenciais para ingresso na rede colaborativa, procedendo à emissão de convites de participação através da mesma (3). Estes convites não irão, numa vasta maioria dos casos, dispensar contactos directos entre as empresas, para discussão e balizamento de expectativas, enquadramento de estratégias e motivações, e para alinhamento contratual e normativo, quando necessário. Uma vez selecionados os parceiros que se juntarão à empresa fundadora, procede-se à fundação da organização virtual (4), que seguidamente entra em operação (5). Durante este período irão ser identificadas, capturadas e processadas oportunidades de negócio, que poderão motivar a criação, operação e dissolução de empresas virtuais, para lhes dar seguimento. Uma vez cessado o potencial de mais-valia proporcionado pela rede colaborativa para as empresas participantes, a rede será dissolvida, terminando assim a sua operação (6). Nas próximas secções serão abordadas com mais detalhe as fases principais do ciclo de vida da rede.

4.4.2 Identificação de oportunidade semente

A oportunidade semente é o catalisador inicial da plataforma. Uma empresa (fundadora) deteta uma ou mais oportunidades de negócio, e constata que, de forma isolada, não será capaz de a capturar na sua plenitude (1.1). Este é o primeiro processo representado na Figura 41.



Figura 41: Fluxo de trabalho associado ao processo de identificação de oportunidade semente (1).

Apos identificar a oportunidade (1.1), procede à avaliação do potencial de negócio associado (1.2). Com base nessa avaliação, constrói a base do caso de negócio (*business case*). Seguidamente, avalia que capacidades são necessárias para a concretização da oportunidade, e

avalia em que medida as possui, procedendo à identificação das principais lacunas de capacidade (1.3). Uma vez identificadas essas lacunas, avalia se seria viável recorrer a parcerias de negócio, por forma a mitigar as lacunas e maximizar o potencial concretizável.

Mesmo que não necessite de parceiros de negócio com uma relação empresarial mais próxima, a empresa poderá necessitar de fornecimentos externos (componentes, produtos, serviços, matérias primas). Efetivando-se essa necessidade, a empresa pode optar por dar os passos seguintes com vista à criação de uma comunidade virtual que optimize a sua relação com os seus fornecedores. Se a empresa não necessitar quer de parceiros de negócio, mais próximos, quer de fornecimentos externos, não terá vantagem significativa em usar a plataforma, pelo que processará a oportunidade de negócio autonomamente.

A Figura 42 ilustra o fluxo de trabalho associado ao processo de identificação de oportunidade de negócio inicial (1.1).

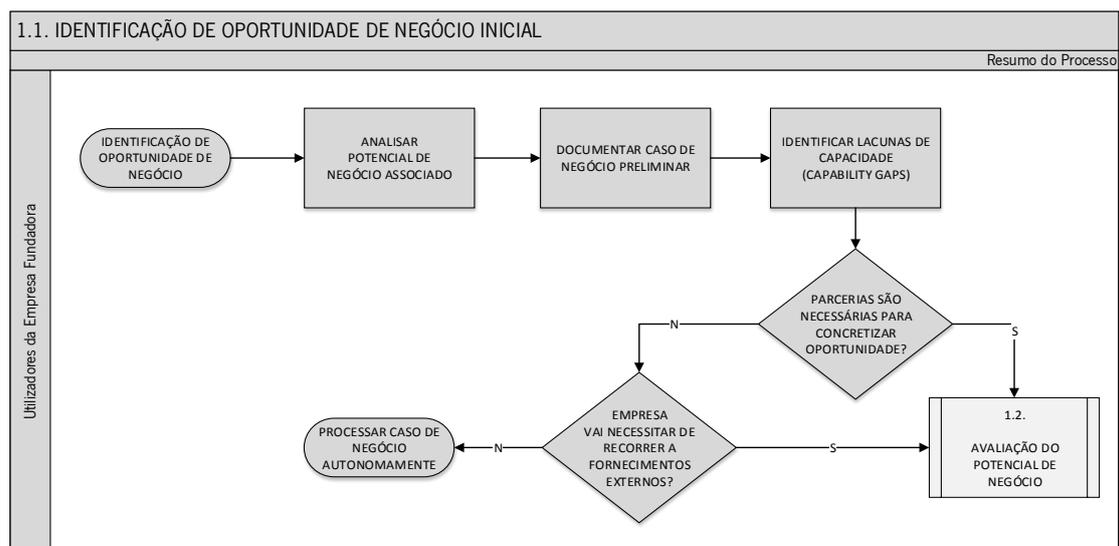


Figura 42: Fluxo de trabalho associado ao processo de identificação de oportunidade de negócio inicial (1.1).

Existindo oportunidade inerente ao estabelecimento de parcerias de negócio mais fortes e à implementação de uma relação otimizada com fornecedores, a empresa fundadora avança para o processo de avaliação do potencial de negócio (1.2). Este processo inicia-se com o refinamento do caso de negócio (*business case*). Primeiramente, o seu âmbito é definido e documentado. Seguidamente, são identificados os setores de mercado associados à atividade a desenvolver. Depois, é iniciada uma fase de identificação dos riscos, envolvendo, sempre que possível, a sua

análise quantitativa e qualitativa. A avaliação de necessidades de fornecimentos externos é feita a seguir, bem como a avaliação de oportunidades de parceria e seu enquadramento. O caso de negócio é depois refinado, sendo adicionado detalhe suficiente para permitir à empresa tomar a decisão de avançar ou não com a sua implementação. No final deste processo, é feita nova avaliação ao caso de negócio, levando em consideração a análise realizada. Se for considerado que o potencial, após uma avaliação mais detalhada, apresenta risco excessivo ou não gera mais-valias tão significativas quanto inicialmente previsto, a oportunidade pode ser descartada, não se avançando para as fases seguintes de criação da comunidade virtual. A Figura 43 ilustra as principais etapas associadas a este processo.

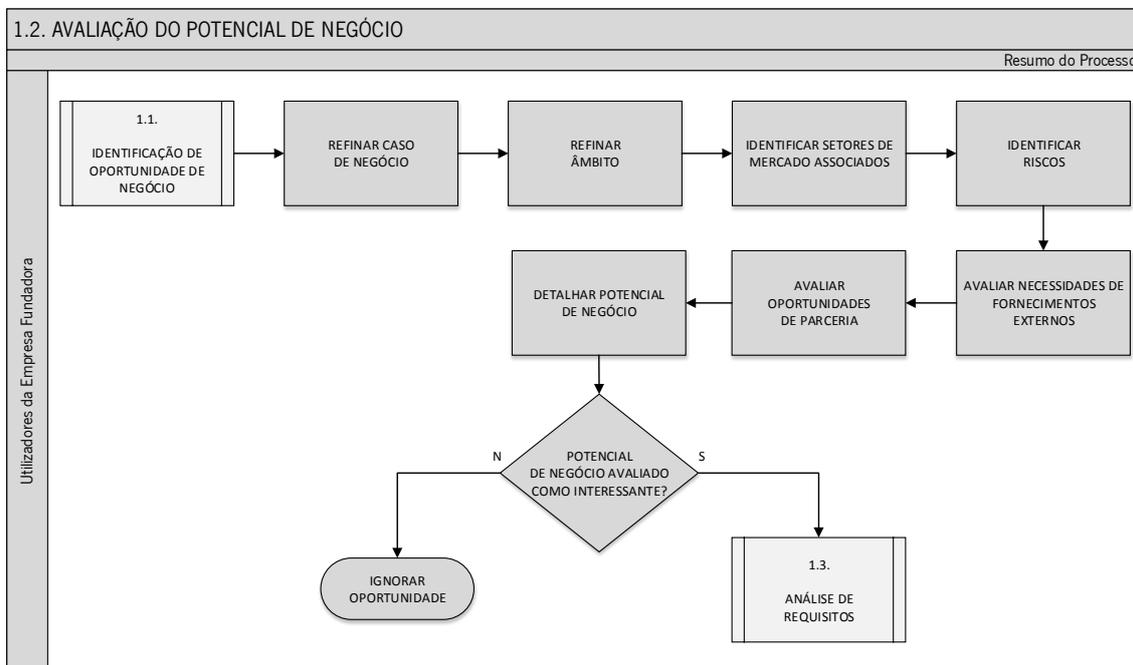


Figura 43: Fluxo de trabalho associado ao processo de avaliação do potencial de negócio (1.2).

O processo de análise de requisitos (1.3) é implementado em seguida, caso a oportunidade não seja descartada. Este processo tem como objetivo a identificação de necessidades e eventuais condicionantes que possam impactar a seleção de parceiros de negócio para a integração na organização virtual. O fluxo de trabalho associado ao processo de análise e requisitos está ilustrado na Figura 44.

Primeiramente, são identificados os produtos, componentes, matérias-primas e serviços necessários para concretizar os fornecimentos inerentes ao caso de negócio. Este processo de

identificação tem como objetivo a tipificação dos perfis de parceiro ou de fornecedor que são necessários. Seguidamente, são identificadas as normas aplicáveis às áreas de atividade ou aos fornecimentos subjacentes. São depois tipificados os componentes e entregáveis que podem ser entregues pela empresa fornecedora, bem como quais terão que ser assegurados por parceiros ou fornecedores externos. Finalmente, são catalogados e sistematizados os perfis de parceiro e fornecedor, avançando-se para a fase de Decisão de Negócio (1.4).

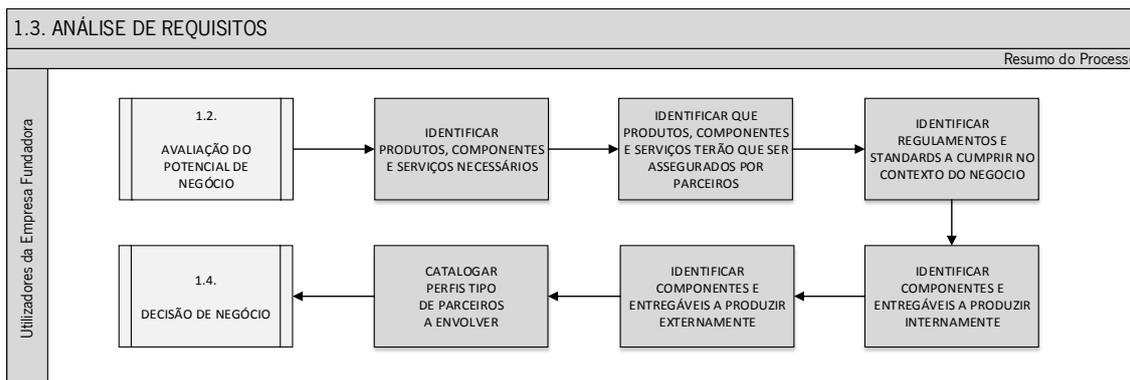


Figura 44: Fluxo de trabalho associado ao processo de análise de requisitos (1.3).

A etapa final da fase de identificação de oportunidade semente é a decisão de negócio (1.4), onde são analisados, com mais detalhe, os riscos associados ao caso de negócio (inicialmente identificados em 1.2), sendo refinada a sua documentação. Adicionalmente, é avaliado o enquadramento das atividades associadas ao caso de negócio nas operações correntes da empresa, sendo assinalados eventuais pontos de conflito e fatores críticos de sucesso. O caso de negócio refinado é submetido para aprovação.

A decisão de avançar ou não para a implementação do caso de negócio é tipicamente assumida pela administração/ gestão sénior da empresa, que o avalia apos submissão, como ilustrado na Figura 45.

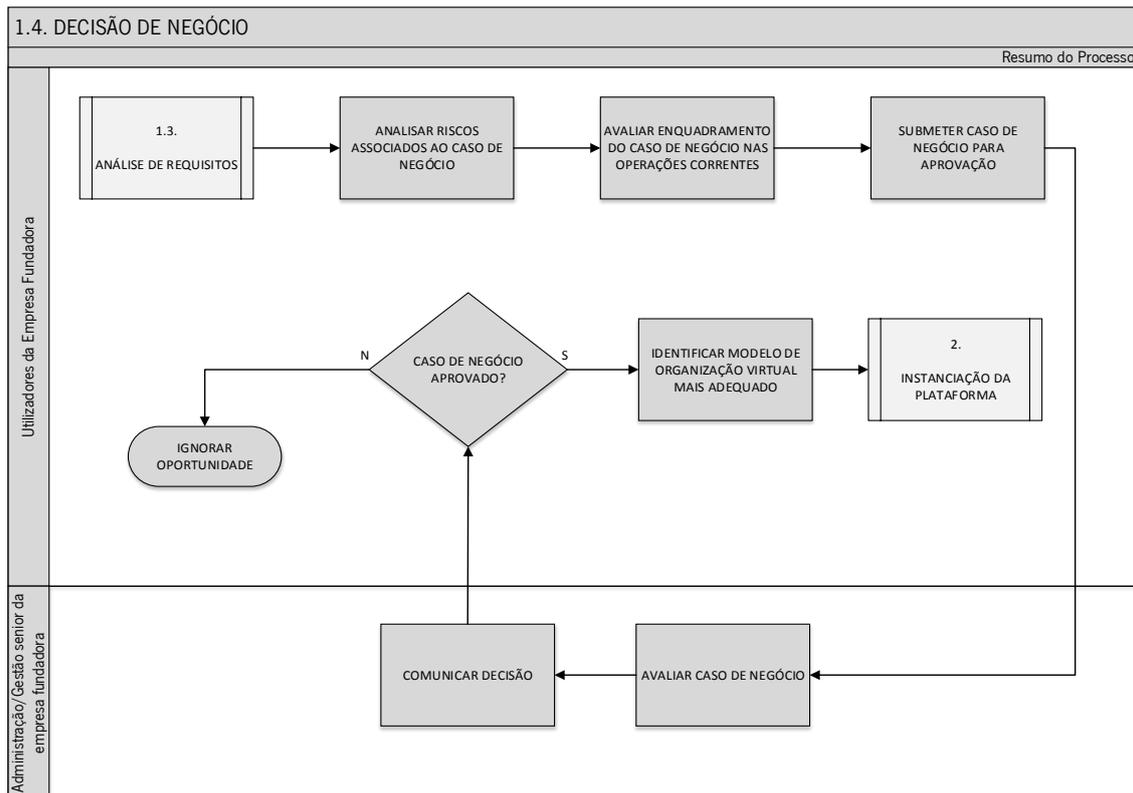


Figura 45: Fluxo de trabalho associado ao processo de decisão de negócio (1.4).

4.4.3 Instanciação da plataforma

Após a identificação da oportunidade semente, é instanciada a plataforma base. Este processo corresponde à distribuição e instalação dos componentes principais da plataforma (2.1). Primeiramente, é necessário decidir de que forma a plataforma estará disponível para os participantes. Apesar de esse processo poder estar intimamente dependente da realidade da empresa fundadora, os passos mais habituais serão (1) instalação da comunidade de agentes cliente num servidor da empresa fundadora; (2) seleção do fornecedor de serviços *cloud* e configuração das instâncias iniciais para albergar a comunidade de agentes de coordenação; (3) configuração das instâncias e instalação da comunidade de agentes de coordenação; (4) configuração das integrações com sistemas externos que sejam relevantes para a operação da rede colaborativa (por exemplo, através da ativação de funcionalidades de acompanhamento de encomendas, disponibilizados em servidores externos, de terceiros). Os principais processos associados à instanciação da plataforma encontram-se resumidos na Figura 46.

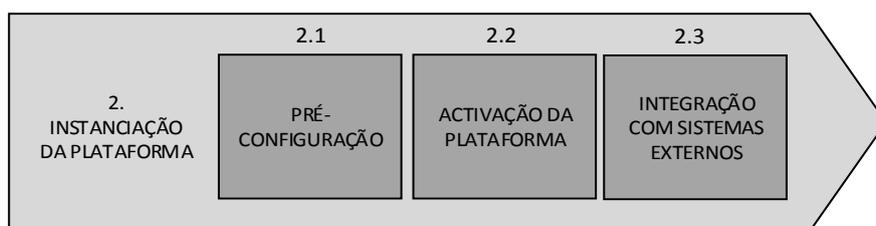


Figura 46: Fluxo de trabalho associado ao processo de instanciação da plataforma (2).

Para facilitar as etapas de configuração irá recorrer-se à virtualização. Por exemplo, poderão ser usadas imagem AMI (*Amazon Machine Image*), pré-carregadas com o sistema operativo, serviços complementares (incluindo servidor *web* para acesso aos serviços partilhados) e uma instância genérica da comunidade de agentes, podendo esta imagem ser associada a uma instância Amazon AWS (*Amazon Web Services*) residente na *cloud*, e iniciada sem esforços de configuração inicial relevantes. De uma forma geral, a empresa pode optar por (1) instalar e configurar as componentes de *software* num servidor próprio; (2) usar uma máquina virtual, com os componentes necessários, que poderá executar num dos seus servidores internos; (3) usar uma imagem com uma máquina virtualizada (imagem AMI), que poderá ficar alojada na nuvem (por exemplo, na *Amazon Web Services*).

Uma vez configurada a plataforma (incluindo a comunidade de agentes do lado da empresa, a comunidade de agentes de coordenação na nuvem) e definidos os pontos de integração com eventuais sistemas externos, a empresa avança para o processo de avaliação e seleção de parceiros.

4.4.4 Avaliação e seleção de parceiros

Após a sua fundação, a rede colaborativa requer a seleção dos parceiros iniciais que a integrarão. A empresa fundadora usará a plataforma como ferramenta de apoio para a identificação de potenciais parceiros para a rede colaborativa, usando-a para a emissão de convites para participação, sua filtragem, avaliação e seleção de candidatos, procedendo no final à atribuição de eventuais papéis específicos no contexto da CNO. A Figura 47 resume os principais componentes do processo de avaliação e seleção de parceiros.

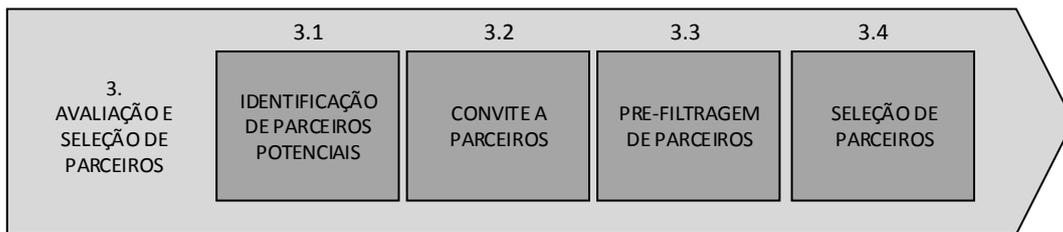


Figura 47: Fluxo de trabalho associado ao processo de avaliação e seleção de parceiros (3).

Uma vez instanciada a rede, torna-se necessário criar, no contexto da mesma, uma lista dos parceiros potenciais que sejam conhecidos. Para tal, a empresa fundadora revê a informação de que dispõe relativa a parceiros efetivos ou com potencial de o vir a ser. Essa lista irá ser depois dividida em duas partes: (1) parceiros integrantes da CNO ou (2) seus fornecedores externos. Uma vez atualizada, a lista poderá ser importada para a plataforma, ficando disponível no seu repositório. Se a plataforma for instanciada no contexto de um *cluster* ou VBE, poderão já existir empresas registradas no seu diretório geral, e cujos dados possam ter sido classificados pelas empresas fundadoras de outras organizações virtuais como sendo partilháveis fora do seu âmbito. Neste caso a empresa pode optar por reutilizar a informação existente.

Após a atualização da informação sobre as empresas mais relevantes importa definir o conjunto inicial de critérios que serão usados para avaliar quais dessas empresas serão compatíveis com o propósito subjacente à rede. Por exemplo, a empresa pode optar por criar a rede colaborativa apenas com empresas com que tenha relações há mais do que um determinado número de anos, ou com quem tenham transacionado bens e serviços acima de um determinado volume financeiro, ou até que tenham alguma relevância estratégica ao nível da complementaridade de negócio ou potencial de alargamento de mercados. Uma vez definidos os critérios, são procuradas no diretório as empresas que os satisfaçam. Essas empresas serão selecionadas para serem parceiros potenciais, sendo adicionadas à lista respetiva, com o estado inativo. De forma complementar, poderão existir empresas que, apesar de não satisfazerem os requisitos para serem parceiros membros da CNO, possam ser relevantes como potenciais fornecedores externos. Neste caso, as empresas são adicionadas a uma lista de fornecedores potenciais, que serão consultados pelos membros da CNO quando estes necessitarem de adquirir materiais, componentes, produtos ou serviços que não estejam incluídos no seu portefólio conjunto. A Figura 48 resume os principais passos associados ao processo de identificação de parceiros potenciais.

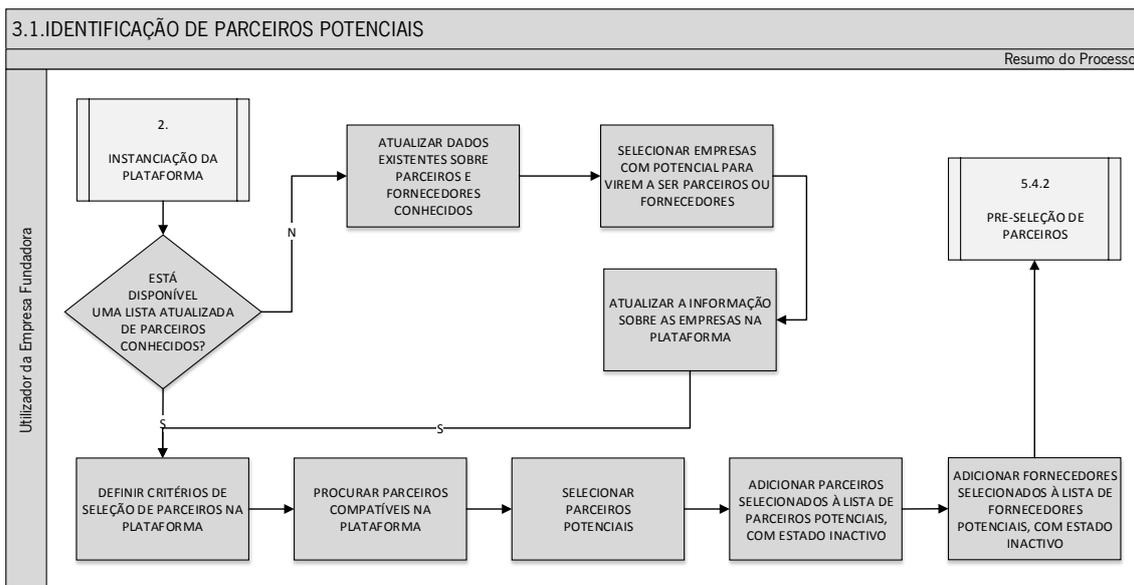


Figura 48: Fluxo de trabalho associado ao processo de identificação de parceiros potenciais (3.1).

Uma vez conhecidos os parceiros potenciais, é iniciado o processo de convite para que os mesmos possam integrar a CNO. O caso de negócio é carregado para a plataforma, para ser partilhado com os parceiros candidatos selecionados. Adicionalmente, são identificados os requisitos iniciais, de alto nível, que devem ser satisfeitos pelos mesmos. Seguidamente, são enviados convites de participação, despoletados por agendamento na própria plataforma. Paralelamente, é definido um prazo máximo de resposta, ao fim do qual todas as empresas que não tenham respondido ficam excluídas do processo.

Cada uma das empresas selecionadas irá receber um convite de participação, com o caso de negócio e os requisitos de compatibilidade em anexo. Na sua forma mais simples, este convite consiste num formulário incorporado numa mensagem de correio eletrónico, no qual a empresa convidada pode escolher participar ou não na rede. Após a sua receção, e tendo interesse no caso de negócio apresentado, a empresa avalia se cumpre os requisitos iniciais apresentados. Por exemplo, a empresa emissora dos convites pode ter imposto um requisito de capacidade mínima de produção mensal de x . Se a empresa convidada não satisfizer os requisitos, ou não estiver interessada no caso de negócio, notifica a sua indisponibilidade respondendo no formulário. Se, pelo contrário, deseja participar e cumpre com os requisitos apresentados, responde afirmativamente no mesmo formulário. Estas respostas despoletam pedidos HTTP (*Hypertext Transfer Protocol*) que são enviados aos servidores onde a plataforma está alojada. Ao receber

este pedido HTTP, a plataforma extrai o identificador associado ao convite, bem como a resposta selecionada, e atualiza o estado do fornecedor no repositório em concordância. Assim que todas as respostas tenham sido recebidas, ou que tenha sido atingido o tempo espera limite para a sua receção, avança-se para o processo seguinte. A Figura 49 resume o fluxo de trabalho associado ao processo de convite a parceiros (3.2).

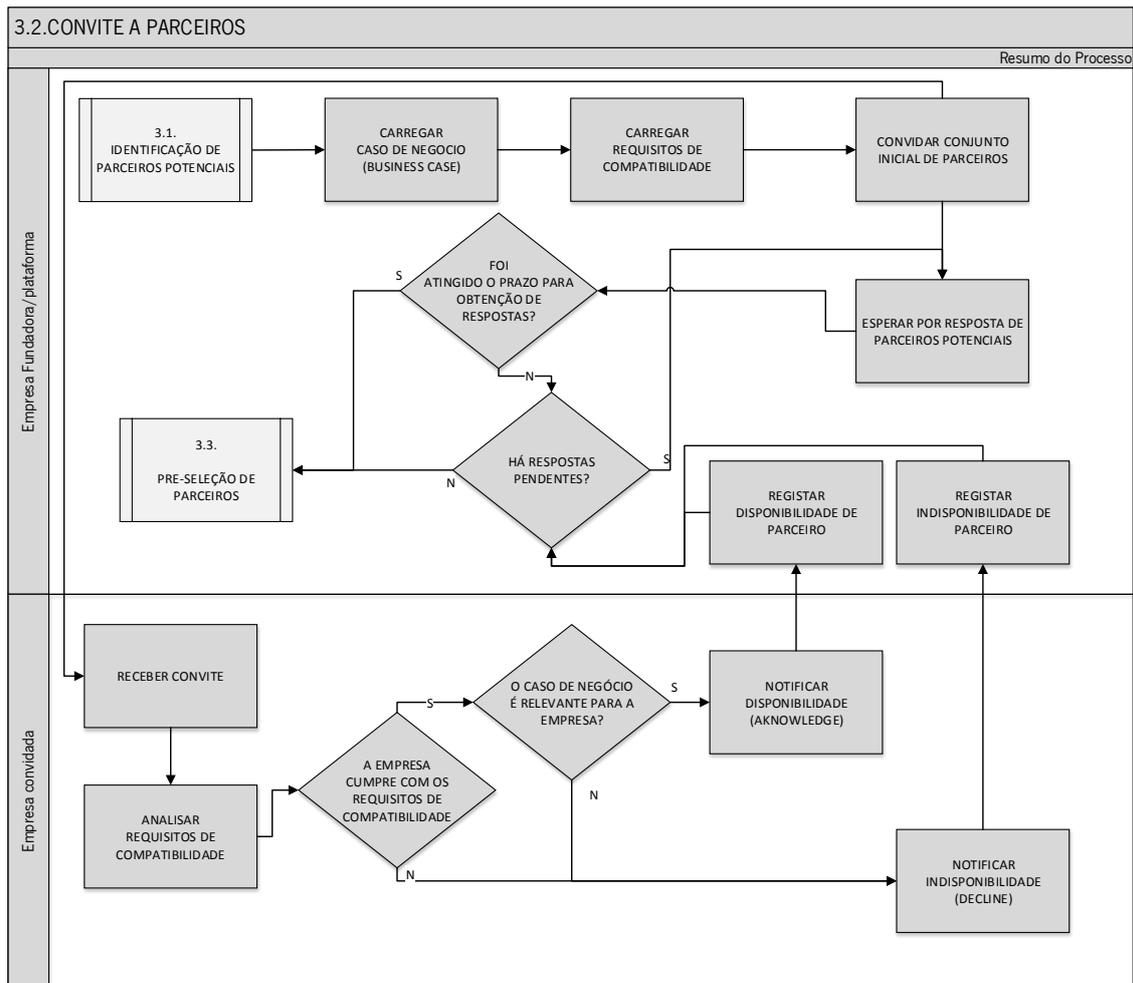


Figura 49: Fluxo de trabalho associado ao processo de convite a parceiros (3.2).

Uma vez definido o conjunto inicial de parceiros que (1) satisfazem os requisitos iniciais de alto nível e (2) manifestaram interesse em participar na rede colaborativa, segue-se um processo mais detalhado de avaliação de qualificações, a fim de determinar, com mais detalhe, a compatibilidade dos parceiros candidatos com as necessidades específicas da rede. Nesta fase o nível de conhecimento sobre os objetivos da rede, bem como o nível de compatibilidade inicial

entre os parceiros candidatos, está mais aprofundado, pelo que a informação partilhada pode ser mais detalhada e abrangente.

Para avaliar a compatibilidade do leque de parceiros atual (ainda em estado inativo), a empresa fundadora define um conjunto de requisitos mandatários e opcionais, bem como requisitos de certificação, regulamentos ou normas que as empresas parceiras devem satisfazer. Uma vez definida a lista de requisitos mais detalhados, é enviado aos parceiros potenciais um pedido de qualificações, sendo avaliadas as respostas recebidas. Cada uma das empresas inquiridas avalia a lista de requisitos, identificando aqueles que são mandatários. Para cada um deles avalia se a empresa está em condições de o satisfazer ou não. Caso um deles não seja cumprido, a empresa candidata notifica o incumprimento e o processo é terminado. Perante esta indicação, a empresa que emitiu o pedido de qualificações retira a empresa da lista de selecionadas.

Se a empresa candidata cumpre todos os requisitos obrigatórios, a empresa fundadora examina de seguida a lista de normas e regulamentos a que deve obedecer, bem como eventuais certificações que tenha que possuir. Se empresa não cumprir com todas as normas e regulamentos necessários, ou não possuir as certificações obrigatórias, notifica à empresa inquiridora o seu incumprimento, sendo removida da lista de seleção. Se, pelo contrário, todos forem cumpridos, a empresa analisa depois a lista de requisitos opcionais. Para cada um deles, assinala o cumprimento ou incumprimento. Esta lista vai incluir requisitos desejáveis ou valorizados, mas que não são obrigatórios, pelo que não são fatores de exclusão. No final, a empresa informa o nível de cumprimento de requisitos à empresa que emitiu o pedido de qualificações. Esta informação fica registada no repositório da plataforma, sendo depois reutilizada durante o seu ciclo de vida.

A Figura 50 ilustra o fluxo de trabalho do processo de pré-seleção de parceiros.

Uma vez concluído o processo de pré-seleção de parceiros, a lista resultante do processo 3.3 é verificada, sendo tomada a decisão final de inclusão dos seus membros na rede (processo 3-4). A empresa fundadora pode optar por excluir alguns dos parceiros pré-selecionados, em função dos seus objetivos ao nível da dimensão da rede, por exemplo. Os parceiros que sejam excluídos serão contactados, sendo com eles partilhado o motivo da não inclusão. Os parceiros selecionados para inclusão são igualmente contactados pela empresa fundadora, no sentido de serem alinhados procedimentos de atuação, de serem igualmente assinados acordos ou contratos, e serem esclarecidos os papéis que cada entidade vai desempenhar.

4.4.5 Fundação da comunidade virtual/CNO

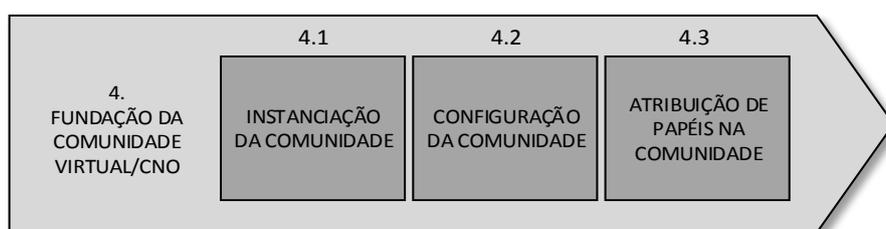


Figura 51: Fluxo de trabalho associado ao processo de fundação da CNO (4).

Após ter avaliado e selecionado os parceiros de negócio, a empresa fundadora usa a plataforma para criar a rede colaborativa (4.1). Seguidamente, procede à configuração da comunidade, incluindo a sua definição operacional, atualizando o caso de negócio e potencial associado, revendo os requisitos obrigatórios e opcionais de participação. Adicionalmente, define que papéis existirão no contexto da rede, mapeando-os em ações a partir da biblioteca de ações conhecidas. O processo de configuração inclui também a definição de opções de segurança (nomeadamente, que nível de replicação de dados entre os agentes de tradução e a plataforma é permitido, qual o nível de encriptação a aplicar aos dados transacionados, que utilizadores têm acesso ao sistema de controlo central da plataforma, etc.). Depois, a empresa configura o tipo de rede colaborativa a partir dos modelos existentes, que incluem: (1) VBE com empresa mediadora (*broker*); (2) Empresa virtual com empresa mediadora (*broker*); (3) empresa virtual sem empresa mediadora; (4) rede de fornecimento colaborativa.

Uma vez configurada a plataforma, a empresa fundadora procede à atribuição de papéis a cada um dos parceiros integrantes (4.3), mapeando-os nos perfis de segurança definidos, bem como associando as empresas ao perfil operacional correspondente (cliente, fornecedor, cliente e fornecedor, mediador/*broker*, administrador).

Ao longo do seu ciclo de vida, novos membros podem ser admitidos para integrarem a rede colaborativa. A admissão de novos membros pode ser despoletada por (1) convite de membros existentes, ou (2) mediante inscrição voluntária dos candidatos, a partir do portal público da rede colaborativa, se ativado. No segundo caso, as empresas candidatas podem registar-se, preenchendo um conjunto de dados obrigatórios sobre a sua área de negócio e operação (podendo o âmbito deste conjunto ser parametrizado), sendo depois sujeitas a aprovação. Esta aprovação pode ser feita pela empresa fundadora da rede colaborativa, pela empresa mediadora, ou por um conjunto das empresas participantes, de acordo com as configurações estabelecidas para a plataforma. Uma vez aceites, as novas empresas integrantes da rede procedem à instalação de *software* cliente, que integra a comunidade de agentes que representará a empresa no contexto da rede colaborativa, e que pode ser integrado com os seus sistemas locais.

4.4.6 Operação

Uma vez criada, a rede colaborativa inicia a sua operação, promovendo uma abordagem agregada ao mercado, baseada do modelo adotado ao nível da sua configuração.

4.4.6.1 Operação: Visão geral

A Figura 52 resume os principais processos associados à operação da rede, sendo que estes se repetem continuamente, num ciclo que permanece ativo enquanto a rede estiver operacional.

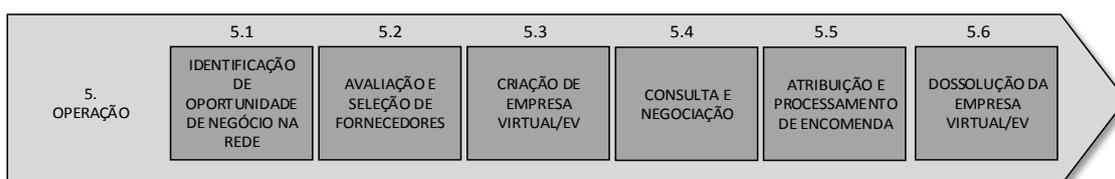


Figura 52: Fluxo de trabalho associado ao processo de operação da CNO (5).

Quando uma das empresas integrantes identifica uma oportunidade de negócio (ou a empresa mediadora/*broker*, se a CNO tiver sido assim configurada), procede à sua avaliação a fim de determinar se a mesma deve ser capturada para seguimento no contexto da rede (5.1). As oportunidades de negócio podem ser detetadas de diferentes formas: (1) manualmente, quando a empresa mediadora deteta uma oportunidade externa, através de contactos formais ou informais com um potencial cliente, ou através do contacto com mercados físicos ou virtuais, capturando esta oportunidade para dentro da rede; (2) automaticamente, através da emissão de pedidos de proposta por parte de clientes conhecidos, que podem fazer os seus pedidos através de serviços *web*, possibilitando a integração dos seus sistemas com a plataforma; (3) automaticamente, através da emissão de pedidos de proposta por novos clientes potenciais ou clientes já existentes, que recorrem a um portal público disponível na Web, e caracterizam através deste a sua necessidade concreta; (4) automaticamente, através da pesquisa e navegação automatizada na web, realizada por agentes de informação da plataforma, em busca de oportunidades de negócio, procedendo à avaliação de ofertas em repositórios ou sítios web considerados relevantes. Os processos de consulta automatizada de pesquisa são regidos através da definição, na plataforma, do tipo de oportunidades que se adequam à rede colaborativa, para que a empresa mediadora (*broker*), se existente, ou as empresas participantes, caso contrário, sejam alertadas para novas oportunidades que de facto possam ser relevantes para o seu contexto de operação. Tal é relevante para evitar o custo de oportunidade de tentar seguir oportunidades que a organização virtual não conseguirá satisfazer (Demšar et al. 2007).

Uma vez identificada a oportunidade, a empresa avalia até que ponto vai necessitar da intervenção de parceiros para a sua concretização (conforme se detalha na Figura 53). Se a empresa entender que possui as capacidades necessárias para realizar o fornecimento sem recorrer ao apoio de outras empresas, pode optar por processar a oportunidade autonomamente. Se, pelo contrário, perceber que só conseguirá concretizar a oportunidade com o apoio de parceiros da rede ou mesmo de empresas externas, inicia o processo de avaliação de competências necessárias (5.1.2) para depois as tentar localizar no contexto da rede.

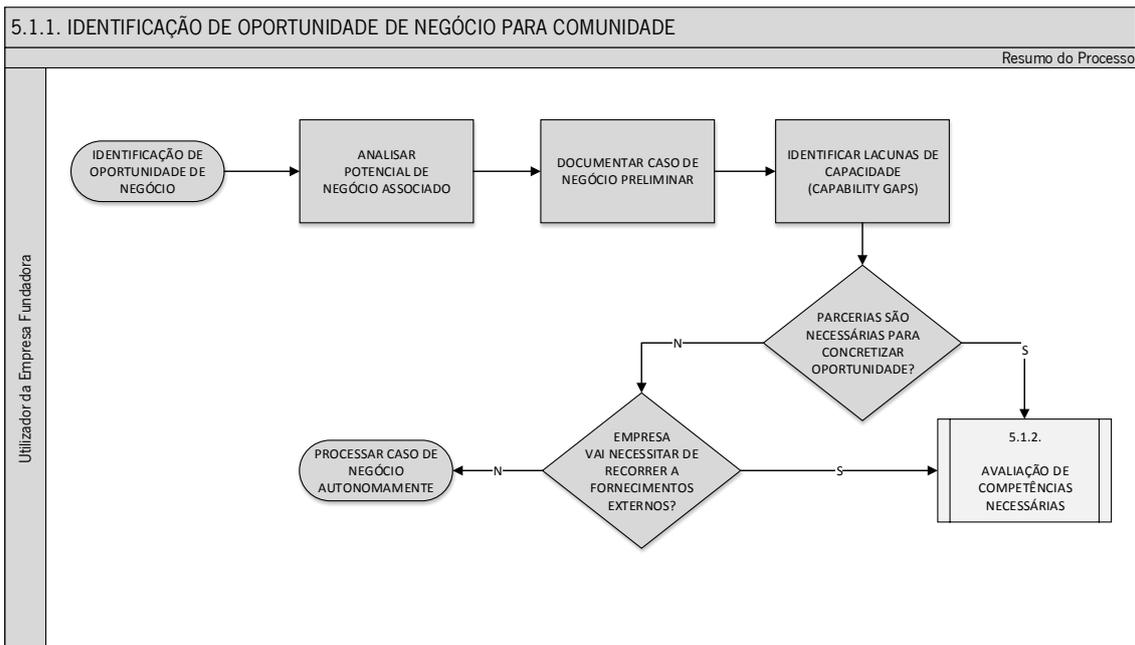


Figura 53: Fluxo de trabalho associado ao processo de identificação de oportunidade de negócio para comunidade (5.1.1).

No contexto do processo 5.1.2, a empresa vai identificar que competências são necessárias para concretizar a oportunidade. Uma vez identificadas, analisa que parceiros na rede as possuem (processo 5.1.3). Por exemplo, perante uma oferta que pressupõe o fornecimento de um conjunto alargado de produtos, a empresa analisa que capacidades produtivas existem na rede que possam viabilizar a produção e entrega dos mesmos, podendo concluir que um subconjunto dos produtos ou componentes necessários terá que ser adquirido a empresas externas à CNO (processo 5.1.4).

No final do processo 5.1, mais concretamente no final do processo de decisão de negócio (5.1.5), a empresa terá tomado uma de quatro decisões: (1) concretizar a oportunidade no seio da rede colaborativa, criando uma EV para o efeito; (2) concretizar a oportunidade autonomamente, por possuir as competências necessárias; (3) concretizar a oportunidade recorrendo a fornecedores externos, sem envolver parceiros, por falta de qualificações dos mesmos; (4) não avançar com a concretização da oportunidade.

A Figura 54 resume o fluxo de trabalho associado ao processo de identificação de oportunidade de negócio.

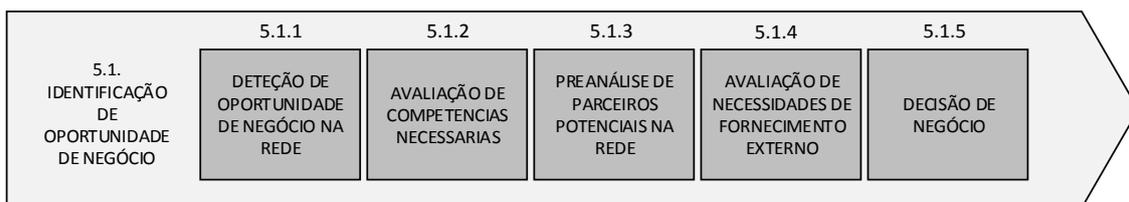


Figura 54: Fluxo de trabalho do processo de identificação de oportunidade de negócio (5.1).

Concluído o processo de identificação de oportunidade de negócio, procede-se à avaliação e seleção dos parceiros necessários para a sua exploração (5.2), conforme ilustrado na Figura 55. Estes parceiros potenciais serão empresas que já fazem parte da rede colaborativa. O processo inicia-se com a seleção dentre os parceiros da CNO daqueles que satisfazem os requisitos associados à concretização da oportunidade identificada (5.2.1). Os serviços de diretório da plataforma são usados para localizar as empresas mais adequadas, em função do seu portefólio de produtos e serviços, do seu perfil de empresa, da sua compatibilidade com normas e regulamentos, das certificações que possuem, ou até em função do historial de relações prévias com a empresa que está a tentar capturar a oportunidade. Seguidamente, é emitido um convite de participação às empresas candidatas (5.2.2). À medida que forem sendo recebidas respostas ao convite, serão atualizados os registos das empresas potenciais, sendo a lista filtrada de forma a incluir o número de empresas pretendido (5.2.3). As empresas são depois avaliadas de acordo com os critérios escolhidos com a empresa fundadora. À semelhança do que acontece para a avaliação dos parceiros que integraram a CNO, as empresas candidatas podem ser avaliadas em função dos critérios base sugeridos pela plataforma (a partir do seu repositório de informação), ou, alternativamente, em função de critérios específicos que a empresa fundadora deseja adicionar (e que deverão estar indexados à informação existente sobre as empresas pré-selecionadas). A avaliação é realizada no processo 5.2.4. Finalmente, as empresas com melhor classificação serão selecionadas para participarem na EV, sendo-lhes este facto confirmado através da plataforma (5.2.5).

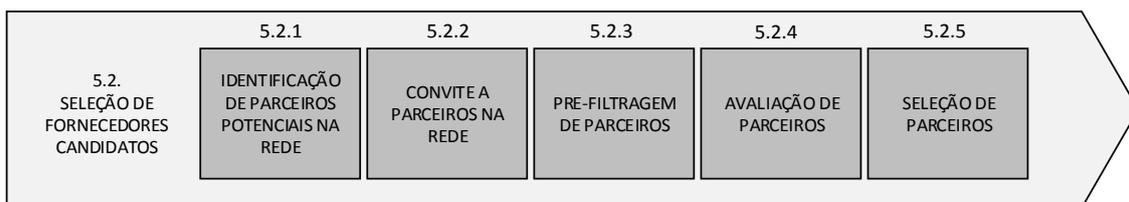


Figura 55: Fluxo de trabalho associado ao processo de seleção de fornecedores candidatos (5.2).

Uma vez identificados e selecionados os melhores parceiros, pode optar-se pela criação de uma nova empresa virtual, para maximizar a probabilidade de sucesso na exploração da oportunidade (5.3), cujos passos se ilustram na Figura 56. A criação de uma nova empresa virtual é opcional, na medida em que a empresa fundadora pode optar por criar apenas uma rede colaborativa de fornecimento, usando a plataforma para agilizar as interações associadas.

A empresa virtual é primeiramente instanciada, utilizando os serviços de administração da plataforma (5.3.1), uma vez que até ao momento apenas se realizou um processo de seleção prévia de parceiros (5.2). Uma vez instanciada, procede-se à sua configuração, que é iniciada com a definição do âmbito da EV e caso de negócio associado (5.3.2). A definição de âmbito pode incluir a tipificação dos produtos, componentes, matérias-primas e serviços necessários para concretizar os fornecimentos associados ao caso de negócio, bem como normas, regulamentos e certificações consideradas importantes para futuros membros (como já se fez para a própria rede colaborativa em geral).

Após a configuração inicial, a empresa fundadora decide que modelo de EV deseja criar a partir dos modelos base existentes na plataforma. Estes modelos incluem empresa virtual com empresa mediadora (*broker*), nas quais apenas esta interage com os clientes finais, ou empresa virtual com múltiplas empresas mediadoras, em que cada participante pode identificar e capturar oportunidades e interagir com os clientes, como se descreveu na seção 4.2.

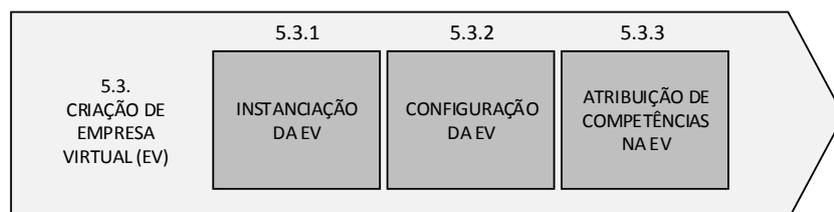


Figura 56: Fluxo de trabalho associado ao processo de criação de empresa virtual (5.3).

Finalmente, os papéis previstos na EV, que são dependentes do modelo escolhido, são atribuídas às empresas entretanto convidadas para a integrar a mesma (5.3.3). Os papéis atribuídos condicionam a forma como as empresas poderão operar no contexto da EV. Por exemplo, uma empresa mediadora (*broker*) terá privilégios mais alargados do que uma empresa não mediadora. O fluxo de trabalho associado ao processo de criação de empresa virtual está ilustrado na Figura 56.

Esta nova EV irá focar-se na maximização do potencial associado com a oportunidade, podendo integrar um subconjunto das empresas que são parte da rede colaborativa. Se os membros da EV reunirem as competências necessárias para concretizar a oportunidade, serão integrados num processo de consulta e negociação (5.4), que se analisa com maior detalhe na secção seguinte. Este processo pode envolver fornecedores externos, caso não existam de forma integral na EV as competências necessárias para a satisfação integral das necessidades.

Finalmente, as encomendas para cada produto ou serviço considerados necessários são atribuídas às empresas vencedoras de cada consulta (5.5), sendo as mesmas executadas e entregues. Uma vez concluído todo o processo de produção e entrega, os membros da EV avaliam se a oportunidade de negócio se mantém. Caso a oportunidade de negócio tenha expirado, a empresa virtual pode ser dissolvida (Camarinha-Matos e Afsarmanesh, 1999) (5.6). As empresas que eram parte da EV podem continuar como membros da rede colaborativa (CNO), podendo ser envolvidas noutros processos de criação de EVs mais tarde. Na prática, uma empresa membro da CNO pode participar na composição de várias EVs em simultâneo. Cada EV pode, alternativamente, ter membros distintos, sendo que em ambos os casos as EVs podem operar de forma concorrente.

A Figura 57 fornece uma visão geral dos principais processos e subprocessos associados ao ciclo de operação da CNO.

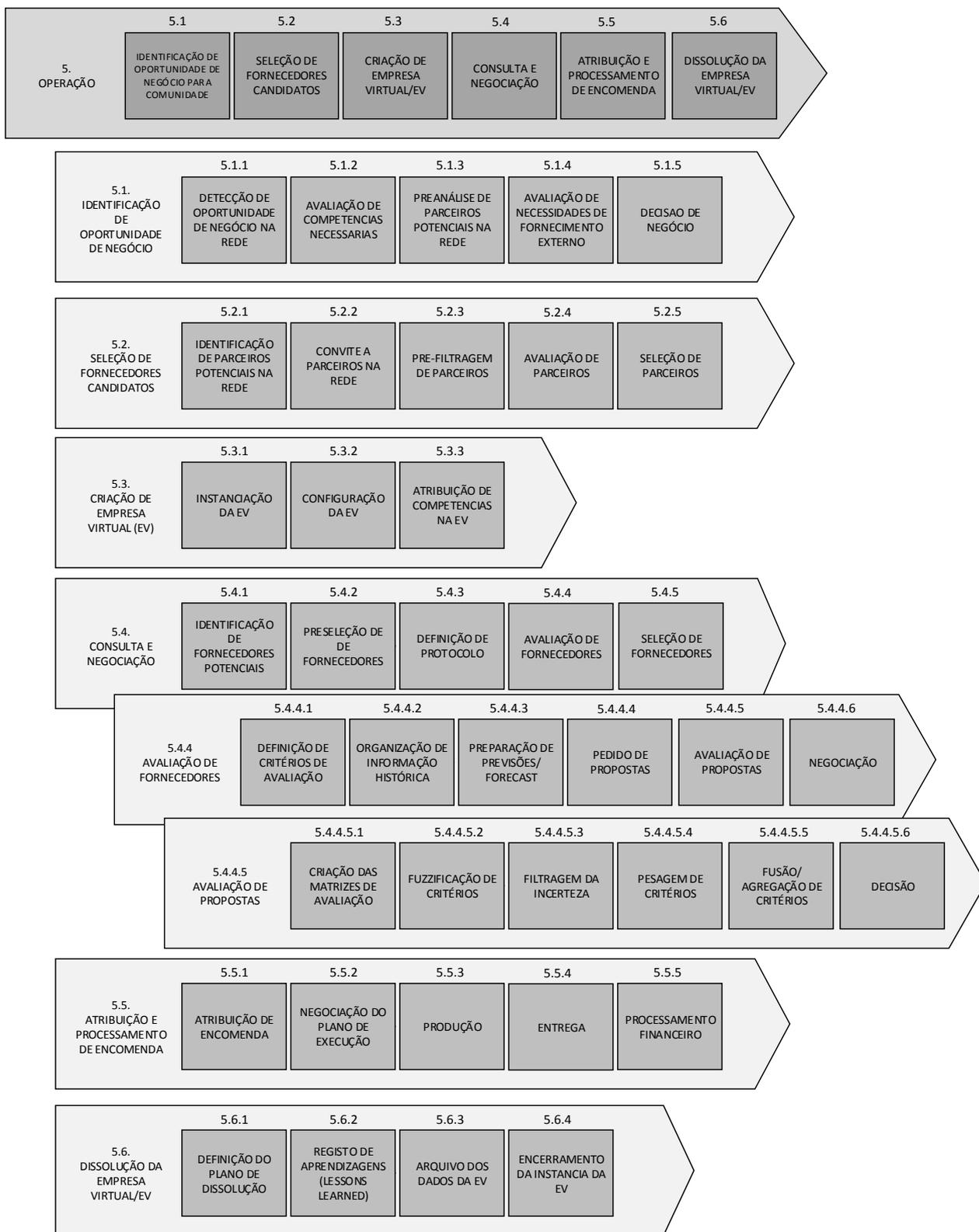


Figura 57: Visão geral dos fluxos de trabalho associados aos processos de operação da CNO (5).

4.4.6.2 Consulta e negociação

O processo de consulta e negociação é despoletado no contexto duma empresa virtual (EV), ou da própria CNO se não foi criada uma EV para exploração duma oportunidade de negócio. A Figura 58 resume os principais subprocessos associados.



Figura 58: Processo de consulta e negociação e subprocessos associados (5.4).

A rede colaborativa suportada pela plataforma pode ter um número indefinido de empresas membro. Quando uma das empresas necessita de consumir produtos ou serviços de uma das empresas parceiras, pode iniciar um processo de consulta e negociação (5.4) usando a plataforma.

O primeiro processo a executar será a identificação de fornecedores potenciais para serem incluídos na consulta (processo 5.4.1). Esta identificação pode ser feita de duas formas distintas: (1) através do agente de encomenda associado à empresa compradora, de forma parcial ou totalmente automatizada; (2) manualmente, a partir do interface web associado ao sistema, que permitirá o acesso interativo aos serviços de diretório existentes na plataforma. No caso de o processo ser iniciado pelo Agente de Encomenda (OA) associado à empresa, este pode solicitar ao agente facilitador (AF), residente na plataforma, que lhe indique que agentes estão disponíveis, em representação de fornecedores que correspondam ao perfil pretendido. Ao receber a lista de resultados, o agente de encomenda avalia quais os fornecedores mais relevantes, usando critérios iniciais de ordenação, definidos aquando da criação da EV/CNO (por exemplo, ordenando os resultados de forma decrescente em função do número de interações prévias com a empresa

compradora e selecionado os n primeiros fornecedores por consulta). O fluxo de trabalho associado ao processo de identificação de fornecedores está ilustrado na Figura 59.

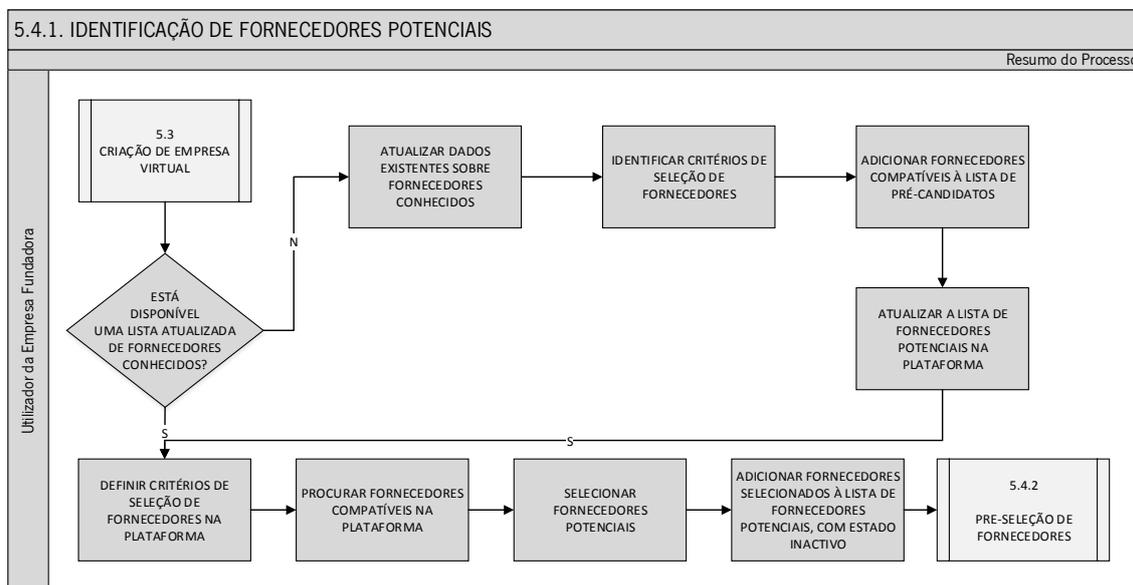


Figura 59: Fluxo de trabalho associado à identificação de fornecedores potenciais (5.4.1).

A consulta inicia-se com o processo de pré-seleção de fornecedores (5.4.2), no qual é criado um pedido de qualificações que é submetido pelo agente de encomenda (OA) a todos os agentes representantes dos fornecedores selecionados (como ilustrado na Figura 61). O principal objetivo deste pedido é determinar que fornecedores/ parceiros de negócio serão capazes de satisfazer o pedido associado. Os fornecedores interessados na oferta irão responder com as suas qualificações, devidamente mapeadas no pedido efetuado. O pedido de qualificações pode incluir a necessidade de satisfazer determinados protocolos, padrões ou regulamentos associados com o negócio. Adicionalmente, pode incluir o requisito de posse de determinadas certificações consideradas relevantes. O mapeamento destes requisitos com as características e contexto atual dos diversos fornecedores pode ser feito automaticamente, quando sistematizado, ou com assistência manual, por parte de um utilizador interagindo com a plataforma. A sistematização pressupõe a classificação de requisitos tipo, bem como a normalização do nível de cumprimento associado por parte de cada fornecedor conhecido, de forma a permitir o seu mapeamento e comparação sem intervenção manual. A Figura 60 ilustra as interações típicas ocorridas no processo de pré-seleção de fornecedores.

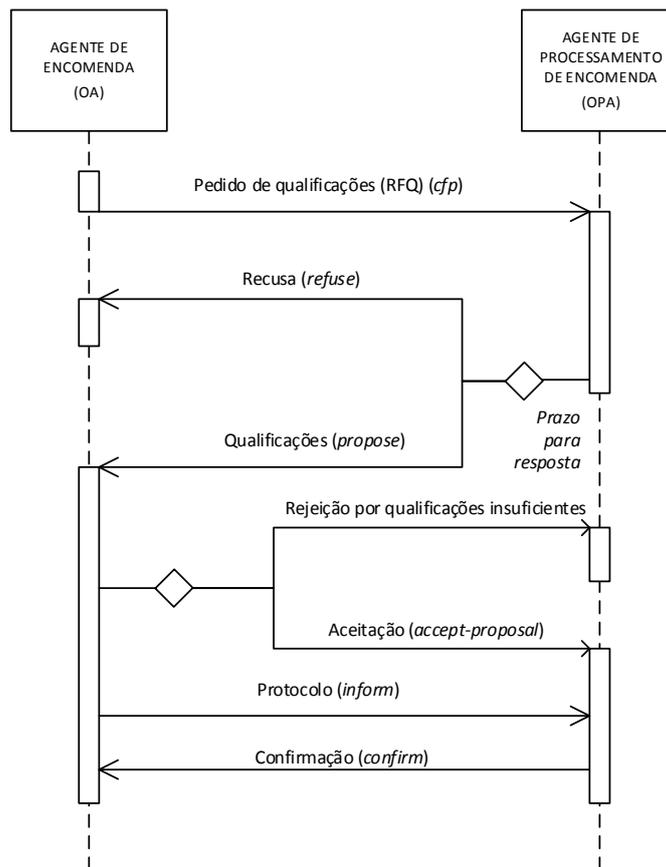


Figura 60: Representação em AUML do processo de pré-seleção de fornecedores.

A resposta a um pedido de qualificações é emitida por um agente de processamento de encomendas (OPA), que é instanciado para representar o fornecedor no processo negocial (Figura 61).



Figura 61: Pré-seleção de fornecedores.

O agente de encomenda OA analisa depois as respostas recebidas, excluindo os fornecedores que não sejam compatíveis com os requisitos incluídos no pedido de qualificações. O processo está ilustrado na Figura 62.

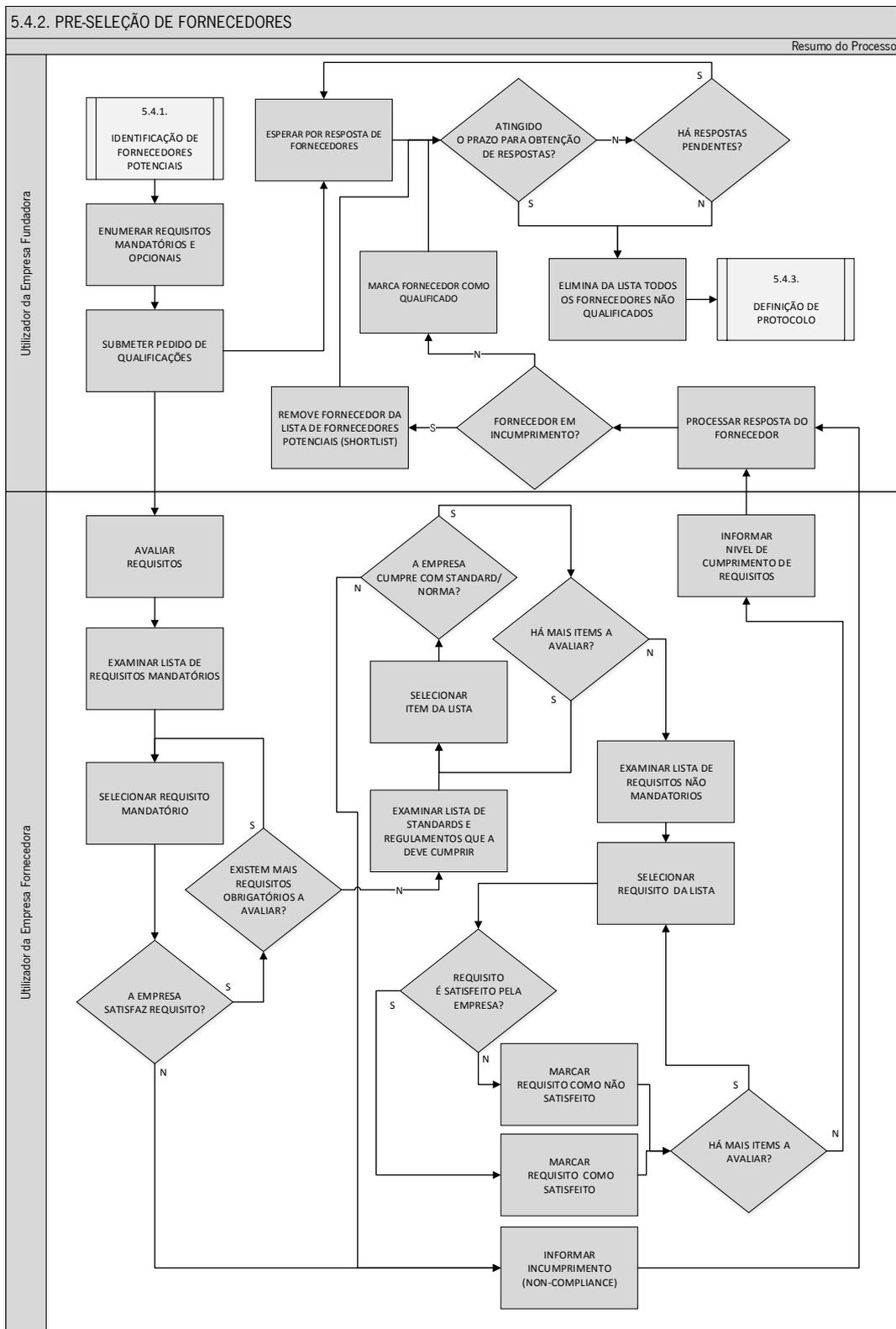


Figura 62: Fluxo de trabalho associado à filtragem inicial de fornecedores (5.4.2).

Após a fase de qualificação, os fornecedores selecionados são integrados num processo de acordo de protocolo (5.4.3). O OA publica um manifesto, enumerando a informação que quer trocar e a estrutura associada. Os OPAs, representando os fornecedores interessados na oportunidade de negócio, devem confirmar a aceitação do protocolo, como ilustrado na Figura 63.

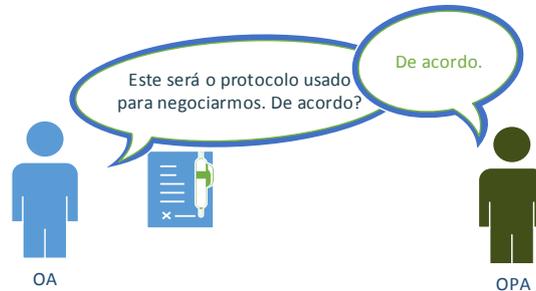


Figura 63: Negociação do protocolo entre agente de encomenda OA e agente de processamento de encomenda OPA.

O fluxo de trabalho relacionado com a definição do protocolo encontra-se ilustrado na Figura 64. Todos os fornecedores que não confirmem a aceitação do protocolo são removidos da lista de fornecedores que serão consultados.

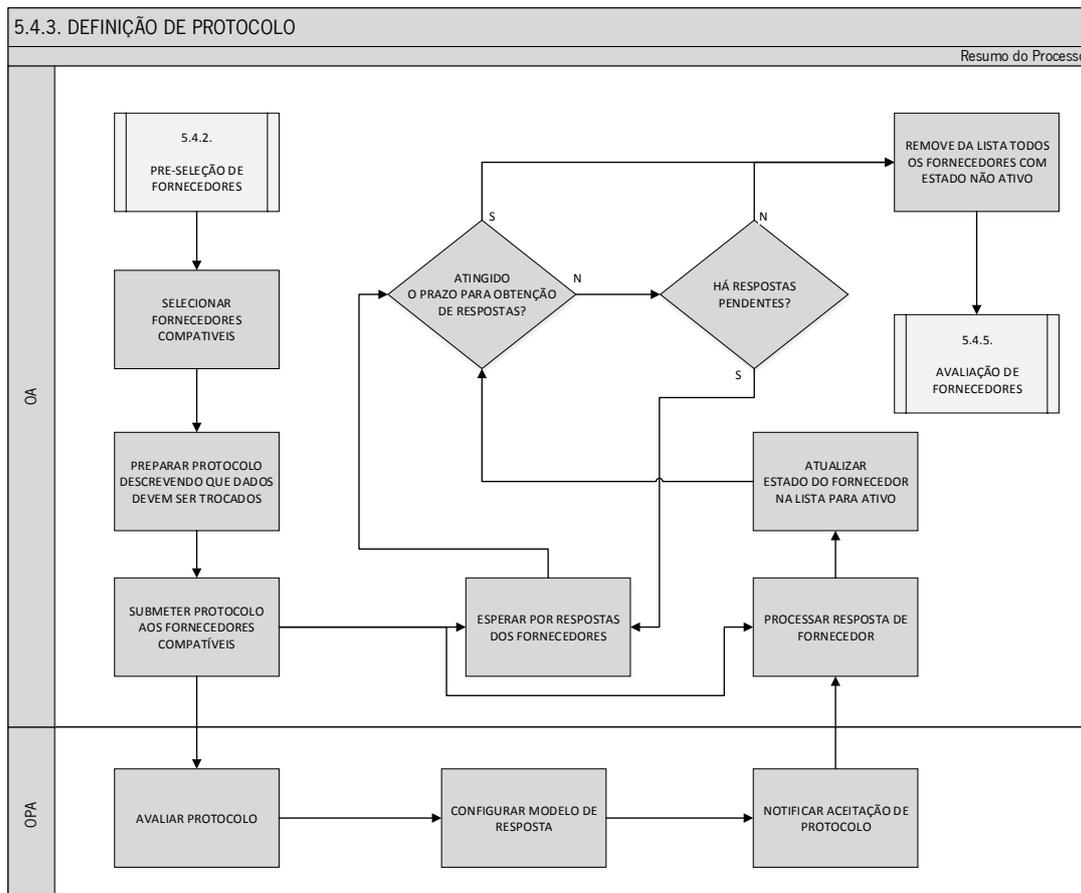


Figura 64: Fluxo de trabalho associado ao processo de negociação do protocolo (5.4.3).

Uma vez acordado o protocolo que será aplicado, segue-se o processo de avaliação dos fornecedores (5.4.4). Os principais subprocessos que o compõem estão sumariados na Figura 65.

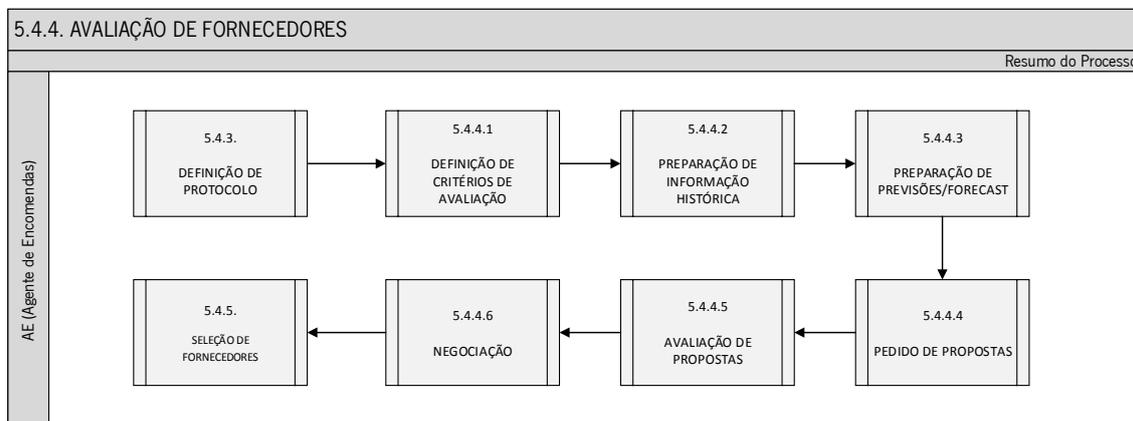


Figura 65: Fluxo de trabalho associado ao processo de avaliação de fornecedores (5.4.4).

A definição de critérios de avaliação (5.4.4.1) é um processo muito importante no contexto da avaliação de fornecedores, uma vez que condicionará a qualidade final do processo de seleção. A plataforma implementará a abordagem de avaliação dinâmica de parceiros e fornecedores proposta no próximo capítulo, contemplando a avaliação de informação histórica, informação presente (resultante das propostas que forem recebidas) e previsional. Assim, deverão ser definidos critérios de avaliação para o passado, presente e futuro, como se ilustra no fluxo de trabalho documentado na Figura 66.

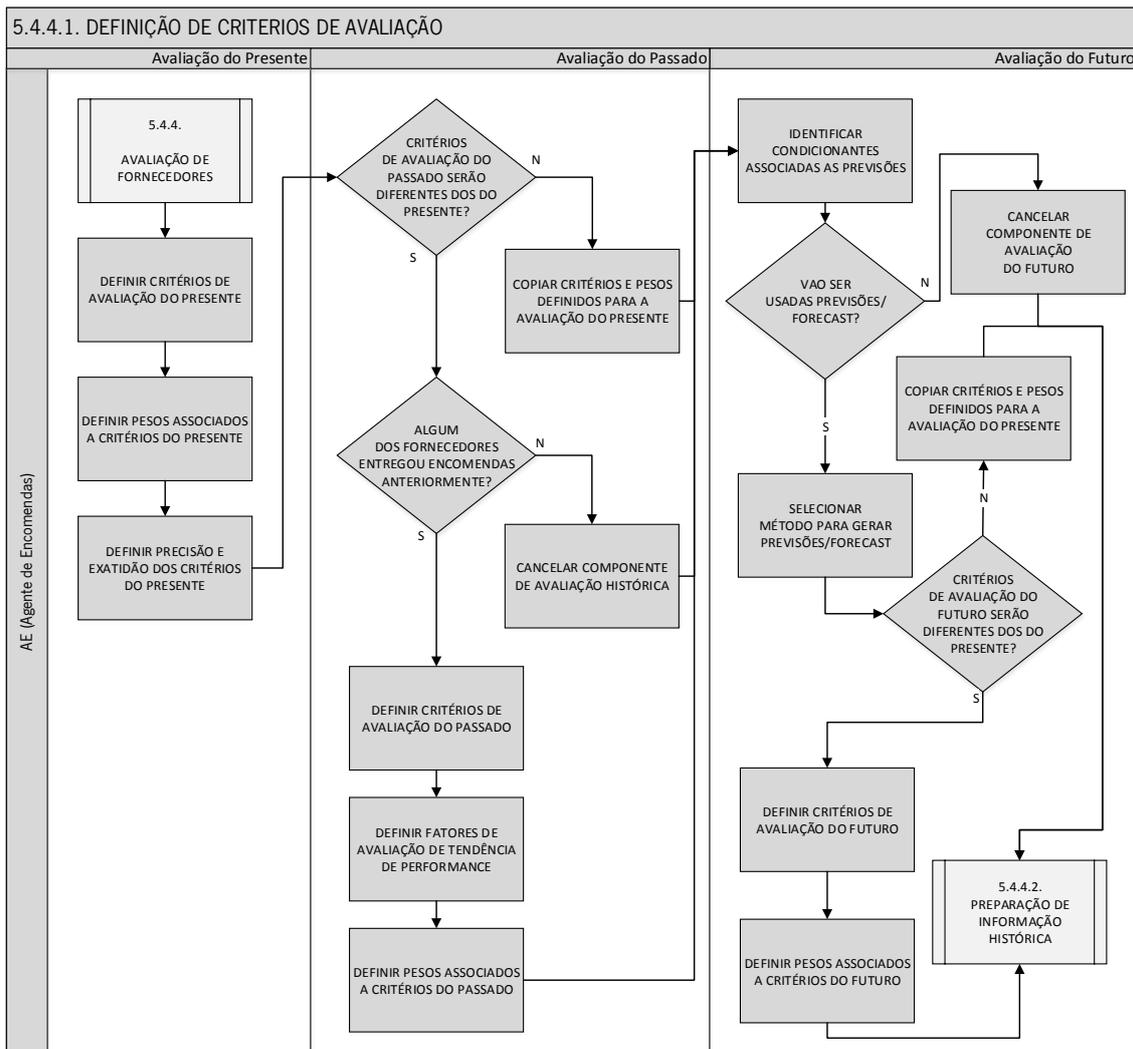


Figura 66: Fluxo de trabalho associado ao processo de definição dos critérios de avaliação (5.4.4.1).

Uma vez definidos os critérios de avaliação, deve ser recolhida, analisada e preparada a informação histórica que se utilizará no processo de avaliação. Esta informação poderá (1) não existir na plataforma, estando circunscrita aos sistemas de informação de um ou mais participantes; (2) existir parcialmente, uma vez que houve interações com os fornecedores no âmbito da CNO e anteriormente à sua existência; (3) existir integralmente, se todas as interações tiverem decorrido no contexto da CNO. Nos casos 1 e 2 a informação residente em sistemas externos deve ser carregada para a plataforma, para poder ser utilizada pelos processos de avaliação.

A Figura 67 detalha o fluxo de trabalho associado ao processo de organização de informação histórica.

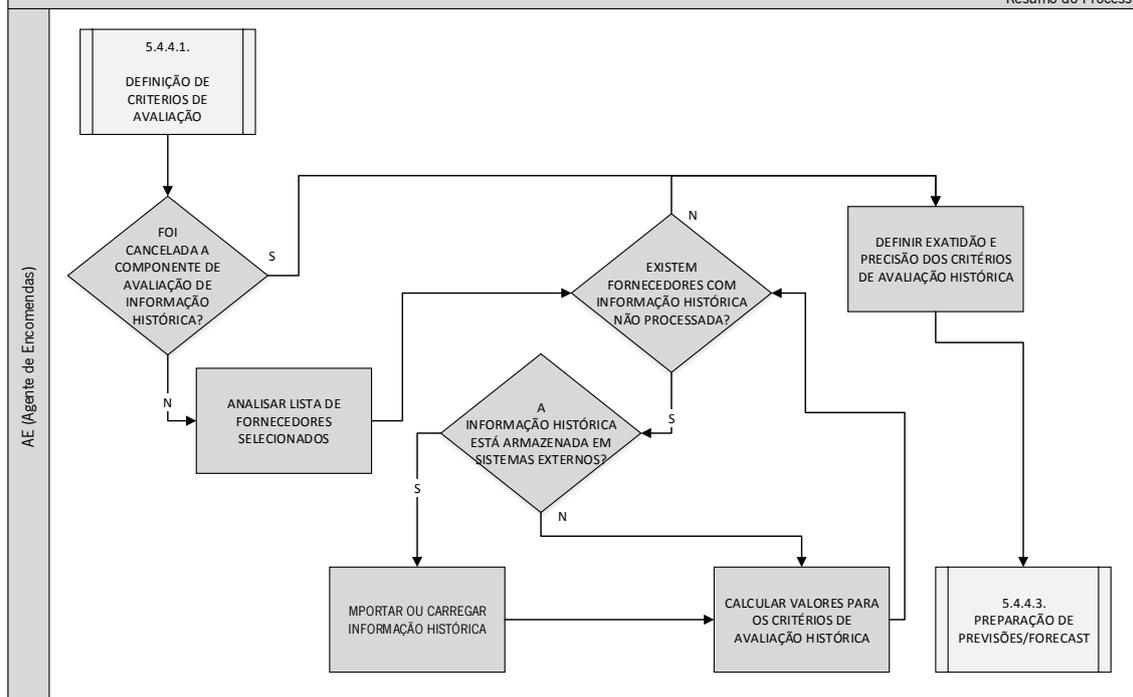


Figura 67: Fluxo de trabalho associado ao processo de organização de informação histórica (5.4.4.2).

A informação histórica será complementada por informação previsional, que permita integrar no processo de avaliação indicadores de desempenho futuro. Neste contexto, é importante avaliar que métodos poderão ser usados para a realização de previsões, como, por exemplo, análise por especialistas, obrigando à intervenção manual de operadores, ou métodos quantitativos de previsão, como média móvel, média móvel pesada exponencialmente, média móvel autorregressiva (Whittle, 1951), processo autorregressivo e média móvel integrada (Mills, 1990), filtro de Kalman (Kalman, 1960), suavização exponencial (Brown, 1956), extrapolação (Armstrong, 1984), previsão linear (Makhoul, 1975) e estimativa de tendências (Bianchi et al, 1999), entre outros métodos. Se o método de previsão selecionado tiver uma elevada dependência em relação à qualidade da informação histórica, é importante avaliar se esta está disponível, e se a sua qualidade é suficiente para permitir projetar no futuro tendências por si induzidas.

A Figura 68 resume os principais passos associados ao processo de preparação de previsões.

5.4.4.3. PREPARAÇÃO DE PREVISÕES/FORECAST

Resumo do Processo

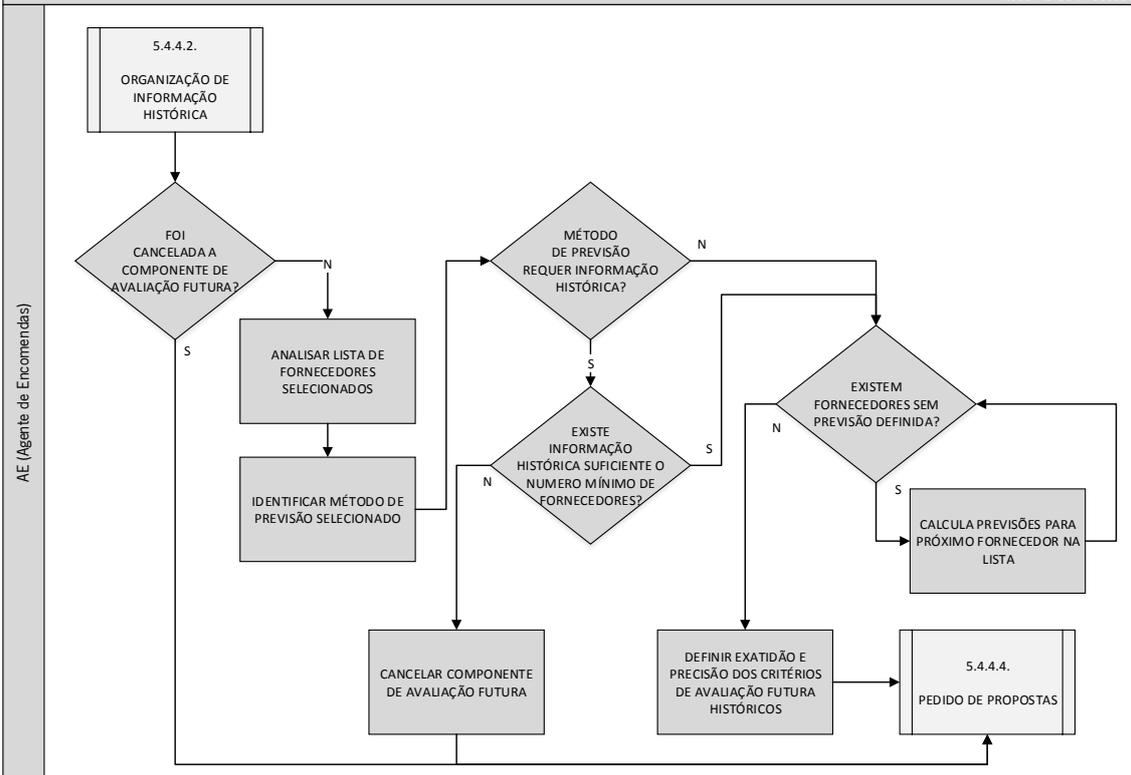


Figura 68: Fluxo de trabalho associado ao processo de preparação de previsões (5.4.4.3).

Uma vez concluído o processo 5.4.4.2, estamos em condições de proceder à submissão dos pedidos de cotação. Tal é feito pelo agente de encomenda (OA), que submete aos agentes de processamento de encomendas (OPAs, que representam os fornecedores qualificados) o pedido de cotação (RFQ), de acordo com o protocolo acordado, indicando que valores deseja receber (Figura 69). Por exemplo, o OA pode solicitar o preço, tempo de entrega e tempo de preparação prévio (ou *lead time*). Adicionalmente, o OA pode indicar que critérios de avaliação serão usados, se apropriado.

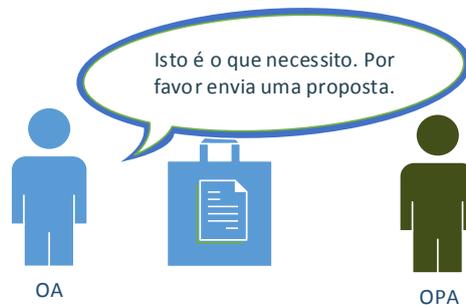


Figura 69: Submissão de pedido de cotação.

Após receber o pedido de cotação, cada um dos OPAs inicia um processo de orçamentação. Calculam o preço, a partir das estruturas de dados sobre as quais operam ou interagindo com agentes de integração, que implementam o interface com os sistemas de informação associados à empresa que representam (Figura 70). Adicionalmente, interagem com agentes de planeamento (PA), para determinarem os tempos de entrega e de preparação de encomenda que podem propor, em função do plano de produção ativo. Os agentes PA realizam um planeamento de materiais e dos ciclos produtivos, se necessário, para determinarem o tempo de preparação e o prazo de entrega necessário. Para cada atividade produtiva definem a folga livre (tempo que cada tarefa pode atrasar sem atrasar a tarefa seguinte) e a folga total (tempo que cada tarefa pode atrasar sem atrasar a entrega final). Adicionalmente, o agente de planeamento (PA) pode reportar a capacidade de produção durante o período de fornecimento, se esse parâmetro fizer parte do protocolo de negociação acordado.

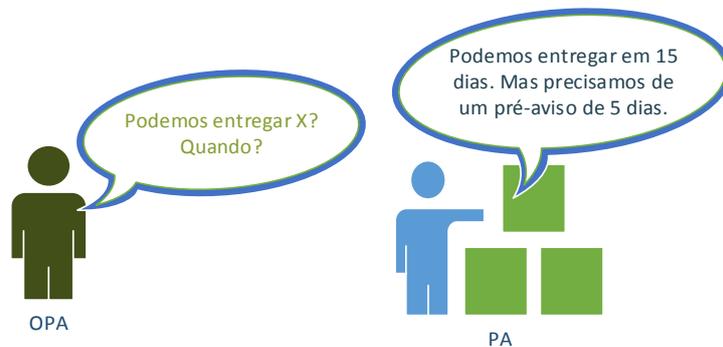


Figura 70: Orçamentação e avaliação de prazo de entrega.

O OPA submete depois a proposta/ cotação para o OA, de acordo com o protocolo definido, como ilustrado na Figura 71.

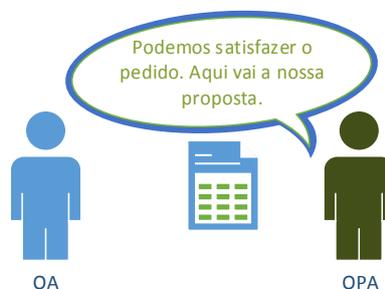


Figura 71: Cotação submetida ao agente de encomenda que emitiu o pedido inicial.

O agente de encomenda (OA) que submeteu o pedido inicial irá avaliar as propostas recebidas (1) assim que todas as empresas consultadas respondam ou (2) após ter expirado o tempo limite de resposta a pedidos de cotação estipulado e configurado no sistema. O agente de encomenda OA irá então avaliar as propostas recebidas, bem como o fornecedor associado, usando a abordagem dinâmica de avaliação de fornecedores proposta no próximo capítulo, utilizando informação histórica, informação contida nas propostas recebidas e informação previewal, como se ilustra na Figura 72.

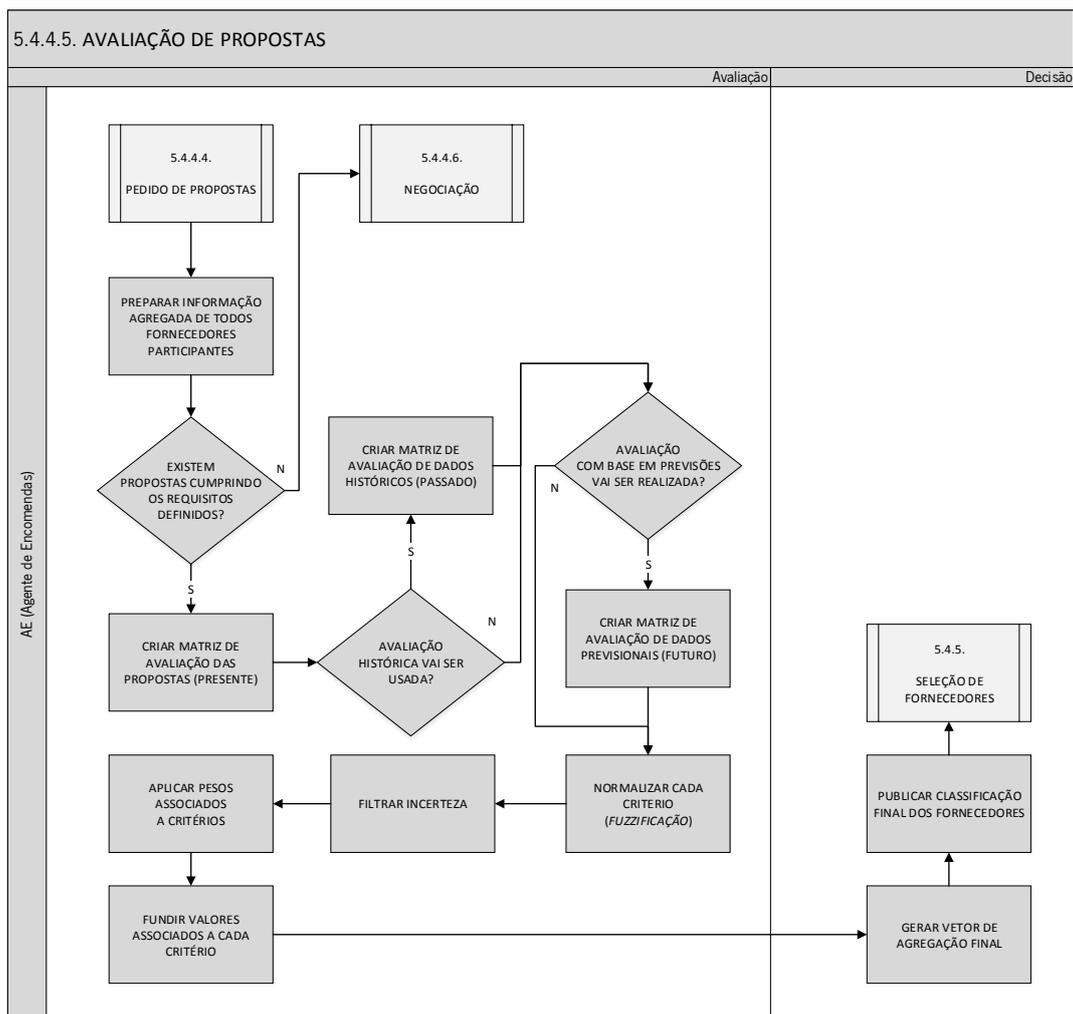


Figura 72: Fluxo de trabalho associado ao processo de avaliação de propostas (5.4.4.5).

Se nenhuma das propostas recebidas for aceitável de acordo com os critérios propostos, o OA pode iniciar um processo de negociação com os OPAs melhor classificados (5.4.4.6). Este processo pode ser iniciado com um ajuste às principais condições inicialmente propostas, ou derivar num pedido de proposta novo (Figura 73). Esta opção possibilita à empresa dividir uma

encomenda em partes mais granulares, se nenhuma das propostas recebidas a pode satisfazer de forma plena de acordo com os critérios definidos. Esta segmentação, quando possível, irá gerar pedidos de proposta/ cotação mais granulares, despoletando uma nova consulta, permitindo que diferentes fornecedores possam ser selecionados para fornecerem diferentes partes do conjunto de entregáveis necessário.

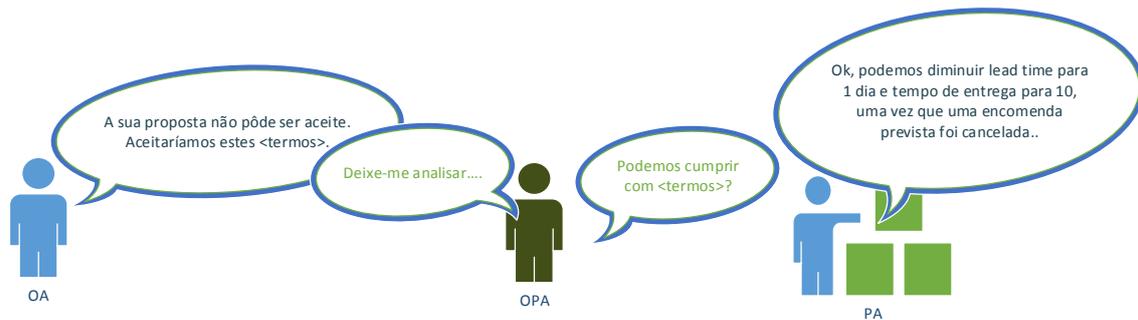


Figura 73: O processo de negociação entre os agentes.

Os OPAs contactados irão depois responder com uma nova proposta, se tal for considerado aceitável do seu lado. Essa nova proposta é devolvida ao OA para nova avaliação, como ilustrado na Figura 74.

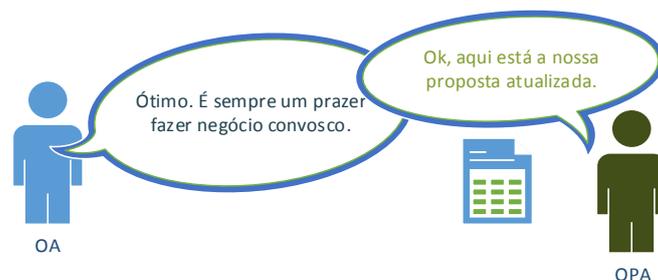


Figura 74: Submissão de cotação atualizada.

Após a avaliação ter sido realizada o OA poderá encontrar-se numa de quatro situações: (1) possui uma proposta no topo da lista classificativa; (2) possui um conjunto de propostas como classificações similares no topo da lista classificativa; (3) não possui uma proposta aceitável; (4) a melhor proposta não pode ser determinada. As ações possíveis são sumariadas na Tabela 23.

Tabela 23: Cenários no processo de avaliação de encomendas.

Situação	Ação possível
O OA tem uma proposta no topo da lista classificativa.	A encomenda pode ser atribuída à empresa que submeteu essa proposta.
O OA tem um conjunto de propostas com classificação similar no topo da lista.	Em caso de empate, o OA utilizará um conjunto de critérios de avaliação adicionais. Por exemplo, se o preço, prazo de entrega e lead time são idênticos, o OA pode avaliar, de forma complementar, critérios como número de encomendas prévias e a classificação estratégica do fornecedor. Estes critérios podem ser inseridos numa lista ordenada personalizável de acordo com o cenário de utilização. Alternativamente, o OA pode iniciar um processo de negociação de forma a tentar obter valores mais atrativos nos critérios de avaliação chave, uma vez que tem na sua posse diversas alternativas viáveis.
O OA não tem qualquer proposta aceitável/não recebeu respostas durante o período de consulta.	Neste caso, o OA pode dividir a encomenda em segmentos mais pequenos, cada um dos quais irá gerar novos pedidos de proposta. Por exemplo, se não foram recebidas propostas aceitáveis para a conceção e desenvolvimento de uma aplicação interativa, o OA pode dividir a consulta em duas partes (design e desenvolvimento), iniciando duas consultas separadas, com as mesmas empresas ou outras empresas candidatas. Tal consulta pode até incluir empresas que tenham sido excluídas durante uma fase anterior (por exemplo, poderia ser incluída uma agência de design que fora anteriormente excluída por não ter serviços internos de desenvolvimento, sendo esta enquadrada no processo de consulta para a conceção da aplicação).

Se no final o OA tem uma proposta que cumpre com os critérios de aceitação associados à consulta, pode prosseguir para a fase de encomenda. Senão, pode optar por cancelar o processo de consulta, enviando notificações aos utilizadores da plataforma para seguimento manual.

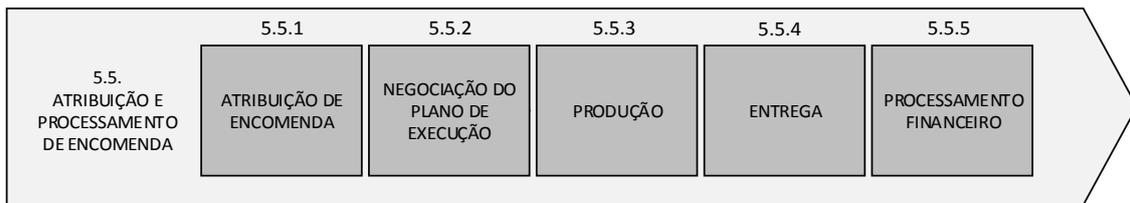


Figura 75: Fluxo de trabalho associado ao processo de atribuição e processamento de encomendas (5.5).

O processo de atribuição e processamento de encomenda (5.5), ilustrado na Figura 75, tem início com o envio, por parte do OA, de uma encomenda formal ao OPA que representa o fornecedor vencedor (processo 5.5.1). Em resposta, o OPA enviará o plano proposto para a entrega da encomenda, conforme ilustrado na Figura 76.

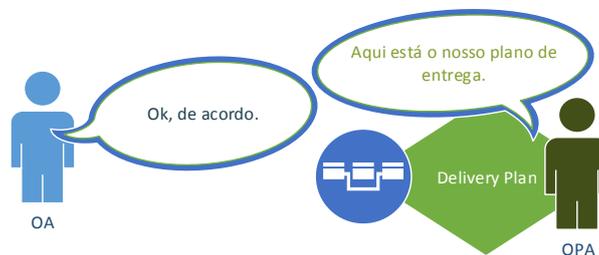


Figura 76: Atribuição de encomenda e definição do plano associado.

Assim que a encomenda foi atribuída e aceite pelo fornecedor é iniciado o processo de produção (5.5.3), que se analisa na seção 4.4.6.4.

4.4.6.3 Outsourcing

Até agora assumimos que a EV vai responder a todas as oportunidades e que aceitará encomendas de todos os clientes externos. Esta é uma abordagem simplista, dado que, em alguns cenários, uma empresa pode assumir simultaneamente o papel de fornecedor (no que concerne à relação com o cliente final) e o papel de cliente (submetendo encomendas para materiais, produtos e serviços de que necessita para satisfazer as encomendas aceites). Este facto é particularmente importante se a empresa é incapaz de fornecer, de forma completa, a encomenda por si só, após a mesma lhe ter sido atribuída pelo cliente. A empresa pode submeter pedidos de cotação ou de proposta a alguns dos seus pares, externos à EV, para receber propostas para o fornecimento dos materiais, produtos e serviços de que necessita.

A plataforma proposta suporta a existência de diversos agentes de encomenda (OA) na EV. Estes agentes processam pedidos de fornecimento para produtos, componentes ou serviços que o agente de processamento de encomendas (OPA) identificou como sendo impossíveis de fornecer, após terem recebido uma resposta negativa do agente de planeamento (PA). Esta resposta negativa pode ser associada com (1) falta de capacidade produtiva durante o período no qual se pretende o fornecimento; (2) incapacidade de cumprir com o prazo de entrega referênciada, se solicitado; (3) pedido tem a si associados requisitos ou condicionantes que a EV não produz. Nestes casos a EV necessita de assumir o papel de cliente e iniciar uma sessão de negociação com fornecedores externos, por forma a satisfazer as suas necessidades, conforme se ilustra na Figura 77.

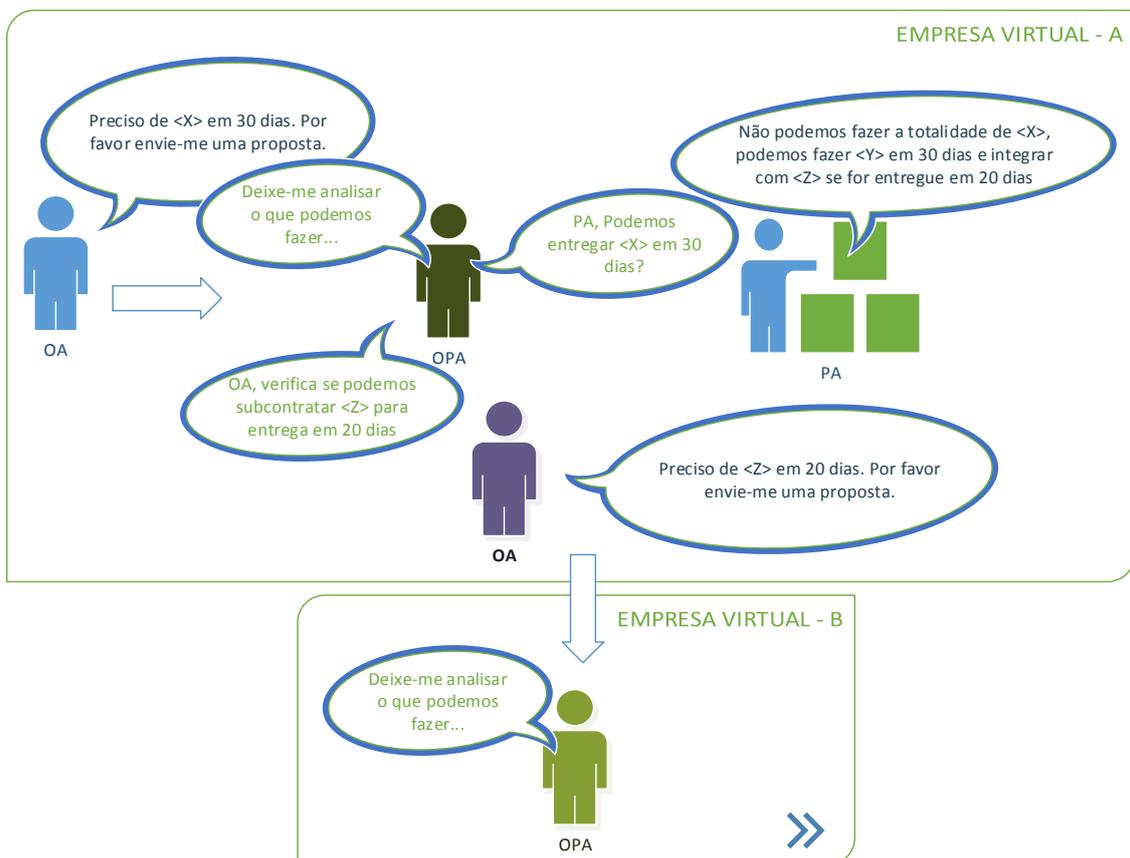


Figura 77: Cenário de fornecimento externo à empresa virtual.

O processo negocial é encapsulado do ponto de vista do cliente. A EV será responsável por toda a interação com o cliente final, incluindo as entregas e as interações financeiras. Habitualmente o cliente final não tem sequer noção que o processo de fornecimento tem lugar

envolvendo entidades externas à EV, a não ser que tal seja um requisito contratual. Por outro lado, a empresa *broker* pode definir uma política de bloqueio a fornecimentos externos, se tal não for permitido para uma encomenda em particular, ou no caso em que se trate de uma imposição do cliente emissor do pedido de cotação/ proposta.

4.4.6.4 Execução e entrega

Uma vez atribuídas as encomendas, o processo produtivo é iniciado (5.5.3). Durante este processo, o agente de gestão da produção (PMA) instanciado do lado da empresa compradora irá interagir com um agente de produção, do lado do fornecedor (PA), a fim de acompanhar o estado dos trabalhos. Periodicamente, e de acordo com o plano submetido pelo fornecedor, o PMA irá contactar com o PA, solicitando informação atualizada do estado da produção, como ilustrado na Figura 78.

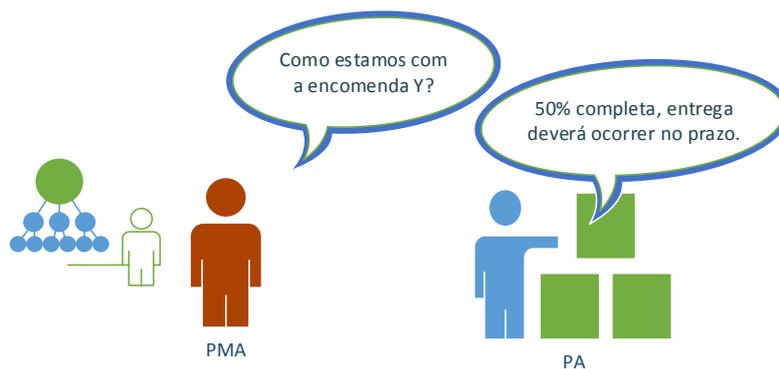


Figura 78: Troca de informação entre agentes sobre o estado da encomenda.

Estas trocas de informação serão contínuas durante as etapas produtivas, para que o PMA possa avaliar o cumprimento dos prazos estabelecidos, bem como ser notificado em caso de exceções que o possam comprometer. A Figura 79 ilustra as trocas de mensagens entre PMA e PA durante o processo produtivo.

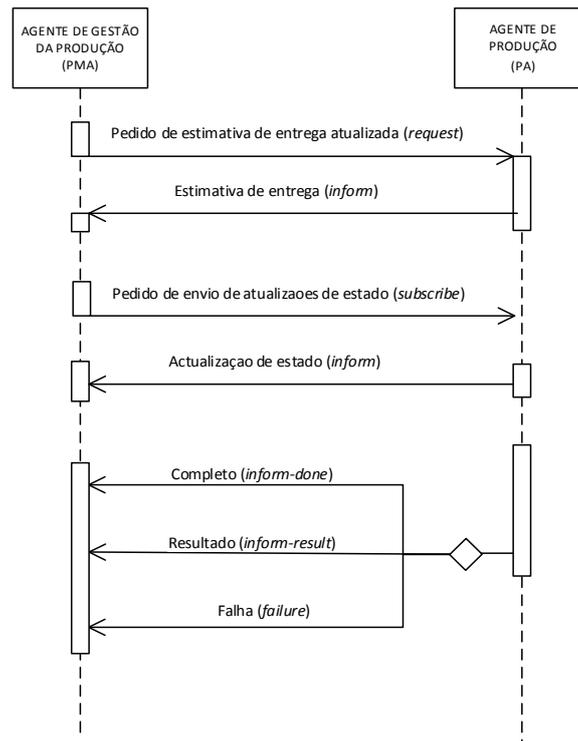


Figura 79: Diagrama AUML ilustrando as trocas de informação entre agentes PMA e PA.

Assim que o trabalho está concluído, o agente PA notifica o agente PMA sobre a ocorrência da entrega. Quando tal acontece, o PMA analisa os entregáveis, armazenando num repositório associado ao sistema (1) o número de defeitos evidenciados pelos produtos entregues e (2) o nível de cumprimento do compromisso de entrega anteriormente assumido. Após o PMA ter confirmado que os entregáveis cumprem os requisitos presentes na ordem de encomenda, termina o seu envolvimento com o processo. Antes de o fazer, instancia um agente específico (FA) que irá processar as interações para processamento de débitos e de créditos, através da integração com os sistemas de gestão da empresa que representa. O mesmo se passa com o agente PA do lado do fornecedor. Os agentes FA irão necessitar de interagir com diferentes sistemas de informação, de forma a atualizarem informação contabilística, gerar faturas e recibos, processar pagamentos, etc. Para promover o encapsulamento e isolar estes agentes dos detalhes específicos dos sistemas de informação, que serão naturalmente diferentes entre si, serão usados agentes de tradução (TAs), um por cada sistema externo (Figura 80). Estes agentes estarão configurados para entenderem as especificidades do seu sistema alvo, sendo capazes de as traduzir num protocolo que seja perceptível aos agentes financeiros que integram a plataforma.

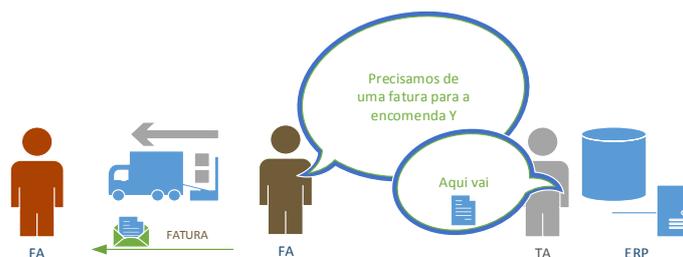


Figura 80: Emissão de faturas associadas à encomenda.

Em resumo, o processo de consulta e negociação envolve os papéis funcionais apresentados na Tabela 24.

Tabela 24: Papéis assumidos pelos agentes durante o processo negocial.

Papel	Ações	Realizadas por:
Comprador	Estabelece o protocolo de negociação; Seleciona fornecedores. Emite pedidos de cotação/proposta. Recebe propostas de fornecedores. Avalia fornecedores. Negoceia. Atribui encomendas.	Agente de encomenda (OA)
Vendedor	Responde a pedidos de qualificações. Recebe pedidos de cotação/proposta. Avalia se os pedidos são compatíveis com as suas competências e oferta. Avalia se a encomenda pode ser satisfeita, interagindo com o agente de produção. Elabora e envia propostas.	Agente de processamento de encomendas (OPA)
Negociador	Deriva novos pedidos de cotação a partir do pedido inicial e da proposta recebida. Negoceia a otimização das respostas que recebe.	Agente de encomenda (OA) e Agente de processamento de encomendas (OPA)
Planeamento de produção	Responde a pedidos de tempo de entrega e <i>lead time</i> dos OPAs. Define estimativas baseadas no plano de produção. Planeia produção, quando aplicável.	Agente de planeamento (PA)
Gestão da produção	Monitoriza estado da produção. Responde a pedidos de informação sobre estado enviados pelos agentes PM. Envia informações sobre estados e atualiza estimativas.	Agente de gestão da produção (PMA)
Gestão de projeto	Define agendamento. Monitoriza estado da produção, contactando os Agentes de Produção pra obter informação atualizada. Valida os entregáveis recebidos dos fornecedores, quando aplicável, podendo solicitar intervenção de utilizador para esse fim.	Gestor de Projeto (PM)
Financeiro	Despoleta a emissão de faturas (vendedor) Despoleta o processamento de pagamentos (comprador) Despoleta a emissão de recibos (vendedor)	Agente Financeiro (FA)
Integrador de sistemas	Recebe e converte dados recebidos de um Sistema de informação externo. Converte dados recebidos de outros agentes e atualiza-os nos sistemas de informação externos.	Agente de Tradução (TA)

A título ilustrativo vamos assumir que um cliente final colocou uma encomenda à empresa virtual, tendo esta sido recebida pela empresa 1, que assume o papel de coordenadora da entrega neste contexto (*broker*). Assumindo que para a satisfação dessa mesma encomenda foi necessário proceder a uma consulta interna, que requer a entrega de componentes, da qual resultou a atribuição das encomendas O1, O2 e O3 aos parceiros 2, 3 e 4, que são igualmente membros da empresa virtual. A determinada altura o cliente solicitou um estado atualizado da produção da encomenda. Apesar de receber periodicamente informações de atualização de estado dos seus fornecedores (via subscrição), a empresa *broker* deve avaliar nessa altura se a produção da encomenda está em linha com o plano definido e com o compromisso de entrega estabelecido. Para tal, o seu agente de acompanhamento da produção (PMA) terá que interagir com os agentes que representam cada uma das empresas, a fim de obter informação atualizada sobre as encomendas que cada uma tem a si associadas. A Figura 81 ilustra este processo de comunicação.

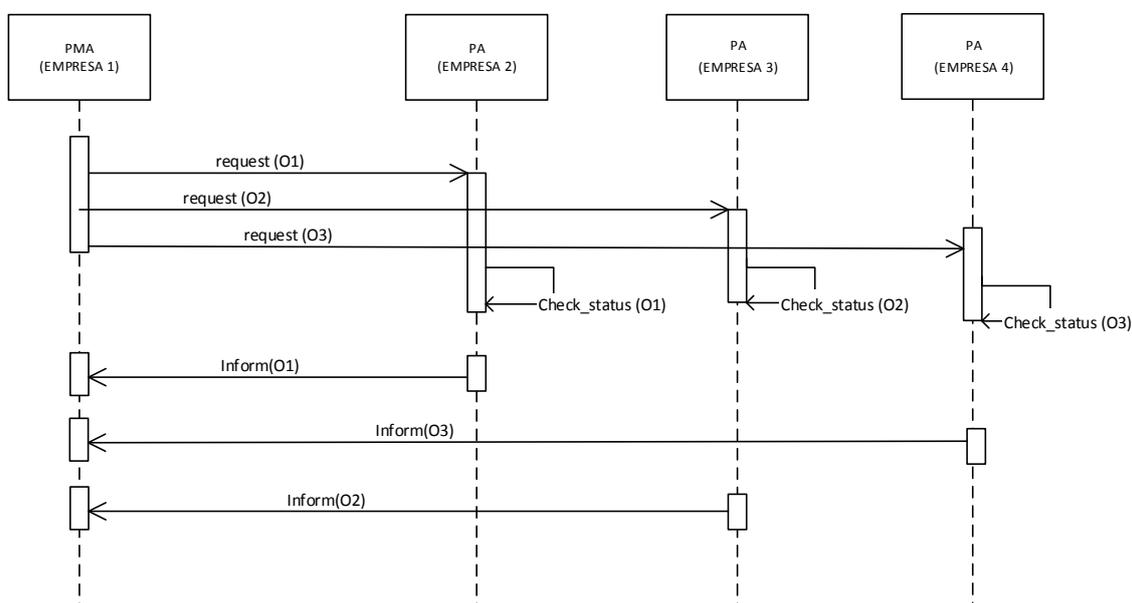


Figura 81: Diagrama AUML ilustrando o fluxo de comunicação para determinação do estado atualizado de uma encomenda.

Por seu lado, cada um dos agentes de produção (PA) associados às empresas irá monitorizar, de forma proactiva, a execução das encomendas. Assim que os trabalhos associados estejam concluídos e a encomenda esteja pronta a ser entregue, comunicarão ao PMA da empresa

1 que a encomenda está pronta para entrega, fornecendo a sua estimativa da data de ocorrência da mesma. Se, no decorrer da produção, ocorrerem exceções, os agentes de processamento de encomendas de cada uma das empresas informarão o agente da empresa 1, para que este possa gerir o nível de exceção associado. Na Figura 82 é ilustrado um cenário em que duas das empresas fornecedoras reportam a execução completa dos trabalhos associados à sua encomenda, e informam a empresa 1 sobre a sua entrega. No caso da empresa 4, esta fica impossibilitada de cumprir com a data de entrega estabelecida, pelo que o agente de processamento de encomendas que a representa informa o agente de encomenda da empresa 1 para que este possa lidar com a exceção. Esta exceção pode motivar (1) a negociação de um prazo mais alargado de entrega com o cliente final, se viável; (2) o cancelamento da encomenda atribuída à empresa 4 e o arranque de um novo processo de consulta para atribuição de O3 a outro fornecedor, se compatível com os tempos de entrega exigidos pelo cliente; (3) o cancelamento total da encomenda, se o atraso for inaceitável para o cliente final.

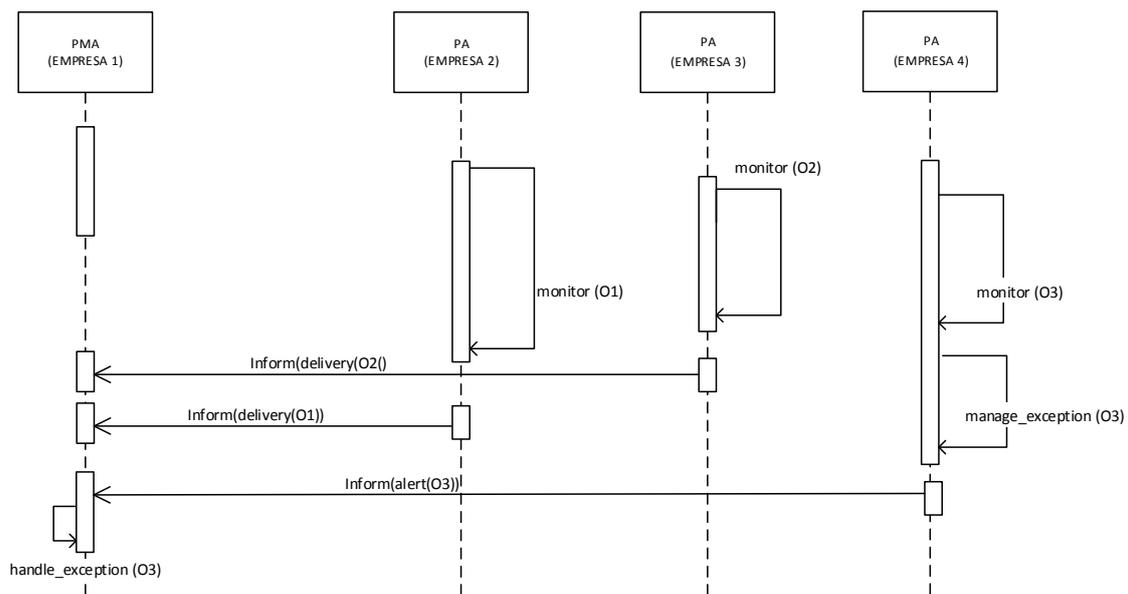


Figura 82: Diagrama AUML ilustrando monitorização proativa e envio de estado sobre encomendas em curso.

4.4.7 Dissolução da Empresa Virtual/EV

Uma vez finda a oportunidade de negócio que motivou a criação da empresa virtual, a empresa virtual pode ser dissolvida (Camarinha-Matos e Afsarmanesh, 1999). As empresas que integraram

a EV continuarão como membros da rede colaborativa e poderão ser envolvidas em novas EVs criadas no seu contexto. O processo de dissolução pode ser mais ágil ou burocrático, dependendo das necessidades das empresas intervenientes. A Figura 83 resume os principais subprocessos associados à dissolução da EV.

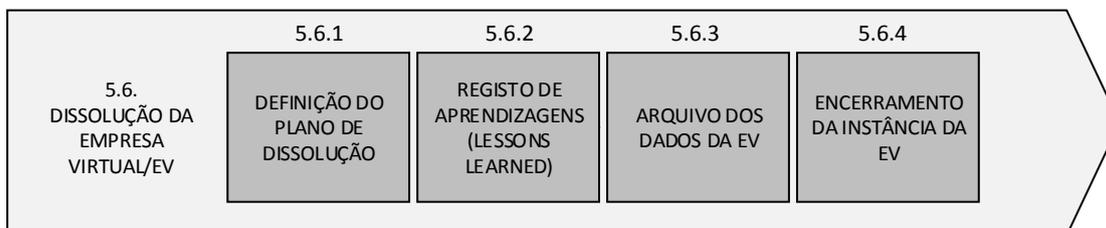


Figura 83: Fluxo de trabalho associado ao processo de dissolução da empresa virtual (5.6).

Na sua concretização mais simples, a empresa que iniciou a captura da oportunidade e a dá como totalmente explorada envia, via plataforma, uma notificação de dissolução da EV. Este pedido inclui o agendamento associado, incluindo a data e hora a partir da qual a sua operação é cessada (5.6.1). Esta será a forma mais simples do plano de dissolução, permitindo que o mesmo ocorra automaticamente, se necessário. O subprocesso 5.6.2 envolve o registo de aprendizagens, ao longo do qual as empresas participantes partilham, via plataforma, o que correu bem e o que deve ser melhorado em futuras interações comerciais do mesmo tipo. Estas contribuições são submetidas por cada empresa participante e ficarão acessíveis às empresas que participaram na EV de forma continuada, mesmo após a sua dissolução. Este registo ocorre durante uma janela temporal limitada, finda a qual se procede ao arquivo dos dados da EV (subprocesso 5.6.3). Este arquivo é feito para um repositório separado, mais barato, que permitirá o acesso aos dados no futuro, mediante a submissão de um pedido nesse sentido. Finalmente, no subprocesso 5.6.4, procede-se à dissolução da EV, durante a qual os agentes de *software* especificamente focados na operação da EV se encerram.

4.4.8 Dissolução da comunidade virtual/CNO

Como antes foi referido, a comunidade virtual pode existir de forma continuada, suportando a criação, operação e dissolução de múltiplas empresas virtuais. Se a determinada altura se considerar que a comunidade deixou de ter utilidade para o negócio, seja porque o número de

empresas aderente se tornou baixo, seja porque as empresas têm sentido dificuldades em operar no seu contexto devido a desalinhamento estratégico, ou até devido à incapacidade por parte da empresa *broker*, se existente, ou das restantes participantes, caso contrário, em angariar novas oportunidades de negócio, que possam traduzir-se em mais-valias para a comunidade, esta pode ser dissolvida. A Figura 84 resume os principais subprocessos que integram o processo de dissolução da CNO.

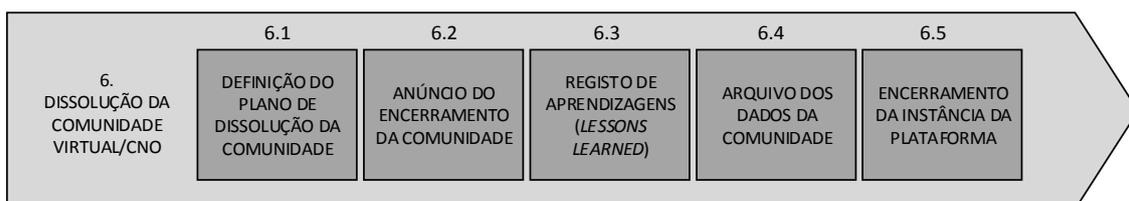


Figura 84: Fluxo de trabalho associado ao processo de dissolução da CNO (6).

O encerramento da comunidade virtual deve ser planeado, particularmente a janela temporal durante a qual o encerramento vai ter lugar (subprocesso 6.1). Seguidamente, o plano é anunciado às empresas participantes, através da própria plataforma. Após ter recebido o anúncio de encerramento (6.2), as empresas participantes serão convidadas a documentar as aprendizagens adquiridas ao longo da sua operação (6.3), possibilitando que esta informação seja utilizada mais tarde e possa constituir-se uma mais-valia para cenários futuros, aquando da criação de novas redes colaborativas. Todos os dados existentes poderão ser arquivados, usando uma infraestrutura de armazenamento de segunda linha, que possibilitem o acesso aos dados, quando necessário, e se assumam como uma forma mais económica de os armazenar (6.4). Alternativamente, poderão ser descarregados para uma máquina local, para arquivo posterior. Finalmente, a plataforma é encerrada, sendo terminados todos os agentes associados, e libertados os repositórios alocados à mesma (6.5).

4.4.9 Resumo

A Figura 85 fornece uma visão geral, de alto nível, da plataforma proposta, incluindo os processos mais relevantes.

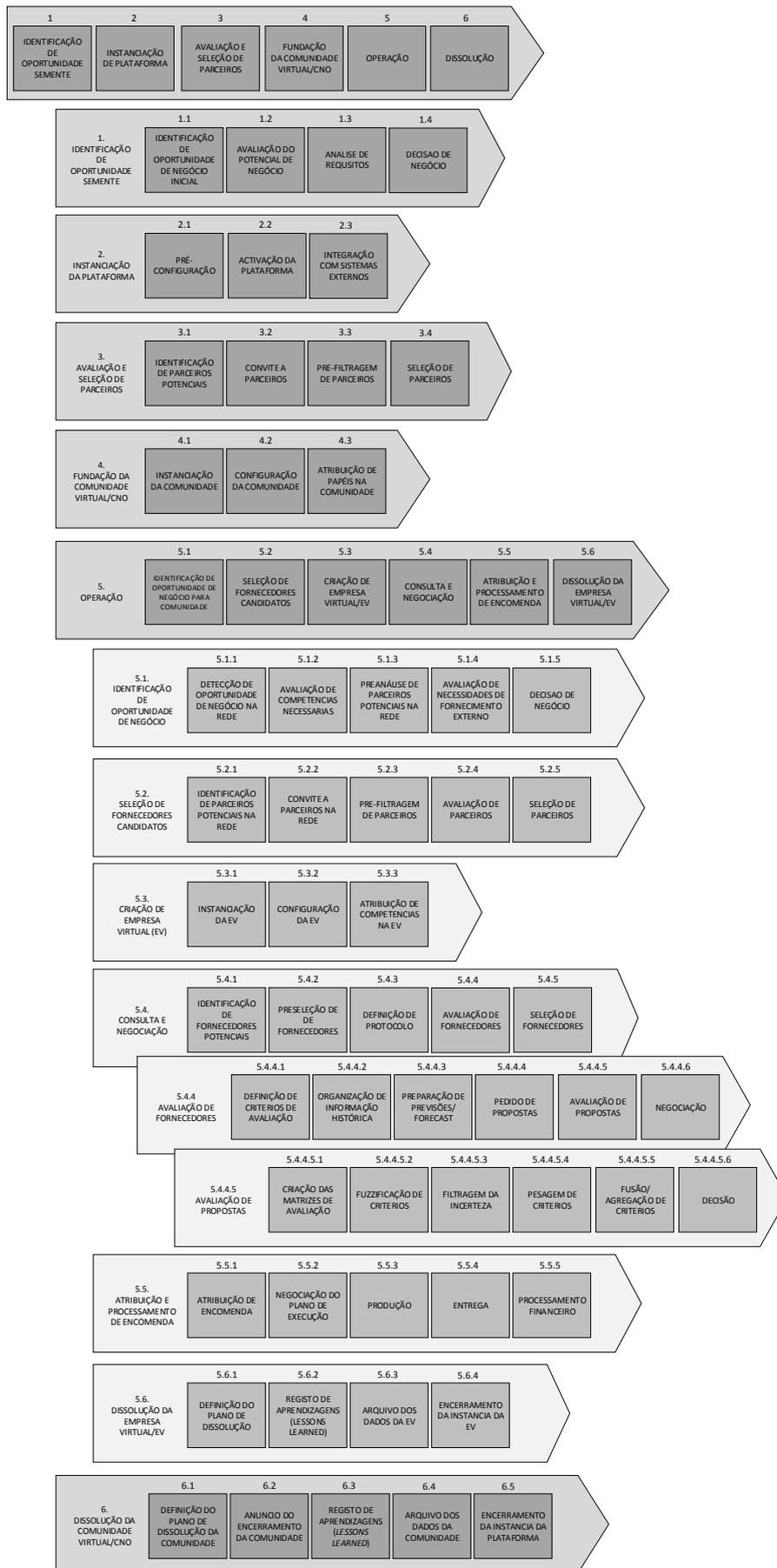


Figura 85: Visão geral dos processos associados suportados pela plataforma proposta.

4.5 Conclusão

Neste capítulo foi apresentada uma arquitetura de plataforma baseada em agentes de *software* para o suporte à criação, operação e dissolução de redes colaborativas. A arquitetura suporta múltiplos cenários de negócio, envolvendo empresas potencialmente heterogêneas que têm a vontade de chegar a novos mercados e incrementar o seu leque de clientes através duma parceria. Estes cenários incluem redes colaborativas de abastecimento, nas quais um grupo de empresas otimiza a sua interação para melhor suportar alterações de mercado e para aumentar a sua agilidade. São igualmente incluídas as empresas virtuais, nas quais os participantes dão um passo adicional ao nível da sua parceria, agindo como partes de uma empresa virtualmente única na sua abordagem ao mercado.

A arquitetura proposta baseia-se num sistema multiagente, no qual um grupo de agentes especialistas colabora no sentido de implementar as interações necessárias para suportar a operação da rede colaborativa de empresas. Desta forma, cumpre os requisitos inicialmente definidos de encapsulamento e escalabilidade. A utilização de agentes especialistas em âmbitos operacionais definidos facilita a manutenção evolutiva, preventiva e corretiva do sistema, uma vez que agentes individuais podem ser atualizados sem interferir com os restantes agentes existentes na plataforma. Por outro lado, possibilita a adição de novos agentes durante o seu ciclo de operação, suportando o crescimento ou a redução do seu âmbito, adaptando-se a alterações no ambiente de negócio em que se insere.

Baseando-se em agentes colaborativos, o sistema permite a sua reconfiguração continuada, de forma a suportar a natureza evolutiva do modelo ou modelos de negócio que suporta. As dinâmicas de identificação de parceiros de negócio, sua avaliação e seleção são configuráveis, admitindo a definição não só do universo de empresas ou organizações mas também dos critérios de avaliação que serão aplicados para a sua classificação. Adicionalmente, o processo de seleção e avaliação de parceiros e fornecedores assenta num modelo dinâmico, que permite refletir na classificação o desempenho passado da empresa, a sua proposta de valor presente, e as previsões relativamente ao seu desempenho no futuro, conforme se detalha no capítulo seguinte. Este modelo dinâmico permite que o sistema se reconfigure automaticamente, baseado no desempenho, capacidades e evolução das suas empresas integrantes.

Para evitar requisitos técnicos demasiado exigentes para a integração de novas empresas, o sistema utiliza recursos disponibilizados na nuvem, tornando a plataforma mais acessível e mais

facilmente integrável com cada empresa. Adicionalmente, ao recorrer a agentes de tradução, permite encapsular as especificidades de sistemas de gestão locais à empresa, permitindo a sua integração com custos e tempo reduzidos.

O sistema proposto é adaptável, suportando a criação de redes colaborativas de empresas em diversos tipos de setores de atividade. Por outro lado, suporta a instanciação dinâmica de novas organizações virtuais que podem operar em cenários diversificados, uma vez que os processos de interação que implementa são genéricos (como o processo de consulta comercial e submissão de cotações) e não especificamente relacionados com um determinado tipo de operação.

A disponibilidade do sistema é igualmente uma variável importante ao nível da sua exploração operacional. A utilização de agentes distribuídos, a par da utilização de sistemas baseados na nuvem, com redundância, permite que os pontos de falha sejam minimizados, maximizando o nível de disponibilidade do sistema.

Capítulo 5 – Avaliação dinâmica de fornecedores

Neste quinto capítulo é apresentada a abordagem proposta para a seleção de fornecedores e parceiros no contexto de uma rede colaborativa, levando em consideração as condicionantes e desafios relacionados com o processo, conforme se apresentou no capítulo 3. A abordagem dinâmica será implementada pela plataforma cuja arquitetura se apresentou no capítulo 4.

5.1 Introdução

O estabelecimento de parcerias empresariais requer a utilização de métodos de avaliação de potenciais parceiros ou fornecedores, com vista à classificação de um fornecedor ou parceiro (potencial ou efetivo), de forma individual ou coletiva, importando neste último caso proceder à sua diferenciação dentro de um leque de escolhas possíveis. No contexto das redes de colaboração e empresas virtuais, o processo de avaliação de parceiros e fornecedores assume relevância acrescida, na medida em que a avaliação de parceiros ou fornecedores ocorre frequentemente durante todo o seu ciclo de vida (escolha de parceiros de negócio quando a rede colaborativa é criada, escolha de parceiros para seguimento a uma oportunidade de negócio, escolha de fornecedores para o fabrico de um produto ou entrega de um serviço, etc.).

Neste capítulo propõe-se uma abordagem para a avaliação de parceiros e fornecedores por parte de empresas integrando redes colaborativas, assumindo os objetivos seguintes:

- a) Suportar, de forma completa, o processo de decisão baseado em múltiplos critérios;
- b) Usar uma abordagem de avaliação dinâmica, suportando a variação do número de critérios (variação espacial) e dos valores associados ao longo do tempo (variação temporal, incluindo passado, presente e futuro);
- c) Suportar a imprecisão e a falta de confiança nos dados, quando aplicável;
- d) Suportar a aplicação de pesos diferenciados para distintos estágios temporais ou critérios de avaliação.

A Figura 86 ilustra os passos principais associados à abordagem proposta.

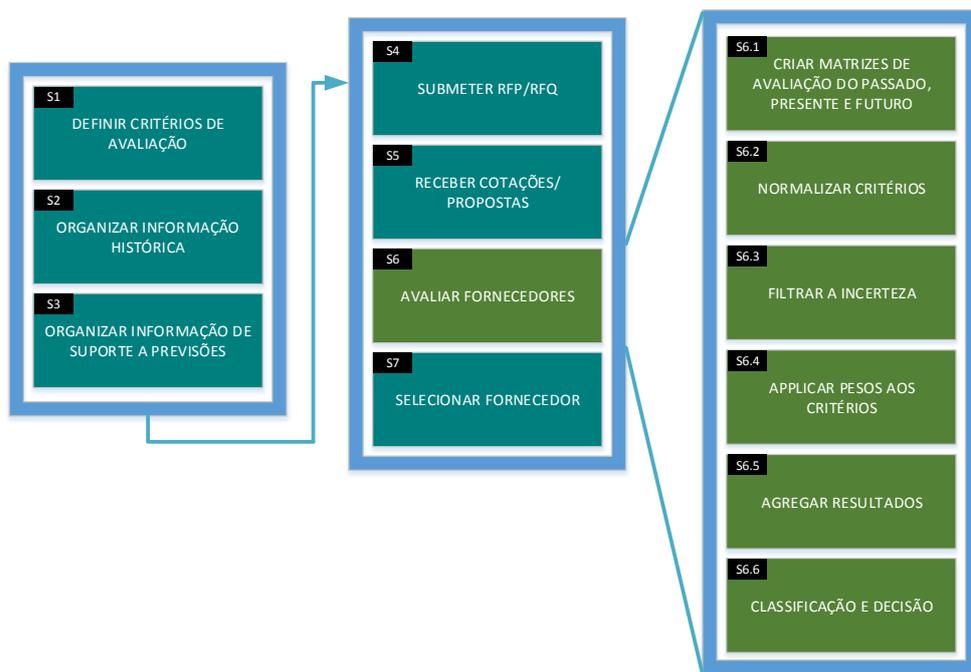


Figura 86: Visão geral da abordagem proposta para a avaliação de parceiros.

A abordagem baseia-se num modelo de decisão multicritério, no qual conceitos e métodos de lógica difusa serão usados para a normalização dos dados e sua agregação. Mais concretamente, a abordagem utiliza um processo de fusão de dados denominado FIF (*Fuzzy Information Fusion*), proposto por Ribeiro et al. (2013). O FIF baseia-se na utilização de conceitos e técnicas de decisão multicritério, incluindo a utilização de conjuntos difusos para normalizar as variáveis e uma mistura de operadores com funções de pesagem para fundir a informação num conjunto, integrando as diversas soluções alternativas. O modelo é compatível com cenários caracterizados por um nível não nulo de incerteza, permitindo a definição e afinação de parâmetros de avaliação, para controlar a importância relativa dos critérios ao fundir a informação. Os autores aplicaram o modelo a um cenário ilustrativo de aterragem numa nave espacial na superfície de um planeta, levando em consideração os mapas de relevo da superfície como critérios de seleção da posição ideal de aterragem (Ribeiro et al., 2013). Após um processo de normalização recorrendo a lógica difusa, os mapas individuais (critérios) são fundidos, gerando um mapa

composto, com os resultados agregados para cada alternativa concretizados na forma de um ponto candidato.

O modelo FIF (Ribeiro et al. 2013) não foi criado para suportar a seleção de alternativas, mas apenas para suportar a fusão da informação associada. Não suportando a utilização de considerações temporais, nomeadamente não levando em conta a evolução dos critérios ao longo do tempo, limita a identificação da melhor alternativa no contexto presente. Tal significa que as decisões baseadas nos resultados compostos não irão levar em conta tendências históricas ou possíveis evoluções futuras.

Para ultrapassar as limitações referidas no parágrafo anterior, a abordagem proposta combina o modelo FIF (*Fuzzy Information Fusion*) (Ribeiro et al 2013) com um modelo dinâmico de apoio à decisão (Jassbi et al 2013), no qual se integra informação histórica, informação presente e previsões em relação ao futuro, para suportar a seleção de alternativas.

A abordagem suporta a definição de critérios de avaliação independentes para informação temporal (passado, presente e futuro), sendo usados conjuntos difusos para permitir a comparação entre as alternativas. Cada critério individual pode ser ajustado de forma granular, para permitir a comparação entre as diversas alternativas. Por exemplo, um “Bom Preço” pode ser definido como sendo o preço $p \in [\min(D) - y\%, \min(D) + z\%]$, ao comparar preços de diferentes fornecedores (domínio D). Podem ser usadas diferentes funções de pertença dependendo do cenário de utilização.

Durante o processo de avaliação de fornecedores ou parceiros alternativos, podemos ter diferentes níveis de confiança nos dados, dependendo da sua disponibilidade para cada um dos critérios em avaliação. Por exemplo, um preço proposto por um fornecedor é um valor sem incerteza associada, sendo portanto o nível de confiança associado de 100%. Por outro lado, o valor de classificação do portefólio de projetos de um fornecedor pode ser resultado de uma avaliação mais subjetiva, potencialmente influenciada pelas diferentes sensibilidades e experiências dos avaliadores. Assim, e para refletir este facto, podemos usar um valor de confiança menor que 100% para este critério. Adicionalmente, valores resultantes de previsões podem também ter níveis de confiança mais baixos, se não é claro que identifiquem fielmente tendências futuras.

Finalmente, ao agregar os resultados finais de cada avaliação temporal, obtemos uma lista ordenada de soluções candidatas (fornecedores ou parceiros), que pode ser usada como suporte à tomada de decisão pela empresa.

5.2 Definir critérios de avaliação (S1)

A avaliação de parceiros de negócio ou fornecedores requer a definição de um conjunto de critérios que possibilitem a avaliação das diversas alternativas e sua seleção no âmbito de um processo de negócio definido. O processo de avaliação e seleção pode ser realizado com vista a escolher o parceiro de negócio mais adequado de acordo com um cenário definido ou, em alternativa, pode ser levado a cabo para selecionar a melhor proposta recebida dos fornecedores no âmbito de um processo de consulta comercial.

A Tabela 25 apresenta um conjunto de critérios exemplo para a avaliação de fornecedores, incluindo critérios para avaliação de comportamento passado e critérios para avaliação presente, associados à análise das propostas recebidas.

Tabela 25: Exemplos de critérios para avaliação de fornecedores.

Período	Critério	Significado
Presente	Preço	Preço por unidade (orçamentado)
	Tempo de Entrega	Tempo de entrega (orçamentado)
	Tempo de preparação de pré-encomenda (<i>Lead time</i>)	Número de dias necessários para o arranque da produção (orçamentado)
Passado	Entrega sem defeitos	% de encomendas entregues sem defeitos. Traduz de forma agregada o desempenho da qualidade.
	Penalização por incumprimentos de qualidade	Penalização baseada no número de defeitos por encomenda e evolução da prestação da empresa a este nível.
	Desempenho ao nível de entregas atempadas	% de encomendas entregues sem atrasos. Traduz de forma agregada o desempenho ao nível da entrega.
	Penalização por atrasos na entrega	Penalização baseada no número de dias de atraso na entrega de encomendas e na evolução da prestação da empresa a este nível.

O conjunto de critérios pode ser alargado e/ ou ajustado em função do cenário em estudo. Os membros do conjunto de critérios e a sua cardinalidade dependem naturalmente das características do cenário e da existência de informação sobre os fornecedores. Bowersox (1996) propõe a utilização de critérios como quantidade de danos, número de reclamações para emissão de notas de crédito, número de devoluções de clientes e custo dos bens devolvidos.

5.2.1 A relevância de avaliar indicadores de tendência de desempenho passado

Um dos fatores tipicamente avaliados no processo negocial é o prazo proposto para a realização de um determinado fornecimento. No entanto, a avaliação quantitativa do prazo proposto não é suficiente para perceber se a proposta é atrativa no que diz respeito ao prazo de entrega. Importa avaliar o histórico de incumprimentos do fornecedor, uma vez que o mesmo reflete expectativas de potenciais incumprimentos futuros e permite avaliar o risco associado a uma eventual adjudicação. A plataforma proposta manterá um registo ativo de todos os dias de incumprimento associados a todos os membros que tenham realizado fornecimentos. O registo será feito por fornecimento, de forma a suportar diferentes níveis de granularidade na avaliação.

Analisemos o exemplo da empresa Fictícia LDA, integrante de um grupo de empresas a quem realizou fornecimentos ao longo de todo o ano de 2012, tendo incorrido em vários incumprimentos de prazos de entrega.

Tabela 26: Atrasos de fornecimento por parte de fornecedor exemplo.

Mês	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Dias Incumprimento	40	30	20	10	5	0	0	10	10	10	10	15

No total a empresa atrasou-se 160 dias a entregar fornecimentos. Por si só o número de dias de incumprimento não é muito relevante. A empresa poderia ter-se atrasado apenas num número restrito de encomendas e ser totalmente cumpridora dos prazos num número elevado de encomendas bem-sucedidas. A evolução mostra que o pior período foi o primeiro trimestre, conforme se pode observar na Figura 87.



Figura 87: Evolução dos dias de incumprimento de prazo por parte da empresa exemplo.

Analisando a figura, percebemos que no mês de janeiro a empresa se atrasou 40 dias no total. Para perceber plenamente o que significam esses valores temos também que avaliar quantas encomendas para eles contribuem, uma vez que atrasos de um dia em quarenta encomendas poderão indiciar uma tendência para um pequeno atraso recorrente, eventualmente menos gravoso que um atraso de quarenta dias numa só encomenda.

Para simplificar e tornar o exemplo mais claro, vamos supor que: (1) a empresa teve um número de encomendas constante por trimestre, resultante de cláusulas comerciais estabelecidas; (2) em janeiro de 2013 realizou 30 fornecimentos; (3) no segundo e terceiro trimestres teve um decréscimo de aproximadamente 30% no número de encomendas; (4) no último trimestre teve um decréscimo de 60% face ao anterior. A Figura 88 ilustra o gráfico de evolução do número de encomendas:



Figura 88: Evolução do número de encomendas da empresa exemplo.

Se avaliarmos o número de dias de incumprimento por encomenda teremos, em termos médios, a evolução apresentada na Figura 89.



Figura 89: Evolução dos atrasos de entrega por encomenda.

Ou seja, no caso particular desta empresa, estamos perante uma tendência crescente de incumprimentos de prazos de entrega, o que pode motivar um risco acrescido para o adjudicante. Paralelamente, é importante não penalizar empresas por incumprimentos ocasionais, que tenham sido ultrapassados através da implementação de medidas corretivas e preventivas, e que tenham muito pouca probabilidade de voltar a acontecer.

Analisemos agora o exemplo complementar, da empresa XPTO LDA, que iniciou o ano com 2 encomendas. A empresa teve o mesmo número de encomendas ao longo de cada um dos trimestres, tendo duplicado as encomendas a cada novo trimestre.

Tabela 27: Atrasos de fornecimento por parte do segundo fornecedor exemplo.

Mês	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Dias Incumprimento	200	100	50	10	5	0	0	0	0	0	0	0
Número de encomendas	2	2	2	4	4	4	8	8	8	16	16	16

A empresa teve em 2012 um número total de 365 dias de atraso em entregas de encomendas. Este valor é bastante mais alto que os 160 dias que a empresa exemplo Fíticia LDA apresentou no mesmo período. No entanto, a análise da evolução das encomendas permite concluir que se trataram de fatores que terão sido mitigados, uma vez que nos últimos seis meses o número de atrasos foi nulo, apesar de a empresa ter realizado mais fornecimentos, conforme se pode visualizar na Figura 90.

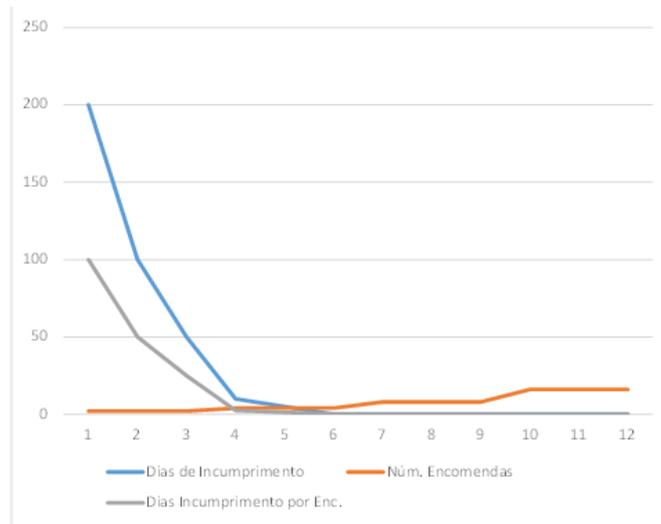


Figura 90: Gráfico comparativo da evolução da empresa ao nível dos fornecimentos.

A comparação destes dois exemplos ilustra claramente que a simples avaliação isolada dos critérios “dias de incumprimento” e “número de encomendas fornecidas” é insuficiente para suportar a tomada de decisão, uma vez que é necessário levar em consideração a evolução do desempenho, não só os seus valores absolutos.

5.2.2 Adição de indicadores para avaliação de tendências de desempenho

Como sublinhado na seção anterior, a utilização de previsões baseadas no comportamento passado e tendências associadas pode contribuir para uma efetiva diferenciação dos fornecedores. No entanto, esta diferenciação é altamente condicionada pela qualidade e exatidão dos dados existentes. Em cenários em que a confiança nos resultados das previsões não é elevada, recomenda-se a utilização de critérios adicionais, que sejam capazes de expressar as tendências detetadas ao nível do desempenho, permitindo penalizar desempenhos negativos e bonificar desempenhos positivos.

Vamos supor que a empresa compradora tem um baixo nível de confiança dos dados sobre desempenho histórico. Devido a esse facto, receia que as tendências de desempenho não se encontrem fielmente refletidas nos dados e, como tal, considera necessário distinguir em termos quantitativos bons desempenhos de maus desempenhos. Para tal, decide usar dois critérios adicionais para penalização de atrasos na entrega e qualidade insuficiente: (1) PA - penalização por atraso; (2) PFQ - penalização por falta de qualidade, ambos resumidos na Tabela 28. Para calcular os valores destes critérios foram usados três fatores de penalização

independentes: (1) período (P), referente ao número de meses no passado para os quais a penalização deva ser incrementada; (2) incremento de penalização (IP), consistindo no valor de penalização que será adicionado durante o período definido; (3) duração (D), correspondente ao número de meses de informação histórica usada no cálculo.

Tabela 28: Critérios adicionais para seleção de fornecedores.

Período	Critério	Significado
Passado	Penalização por Falta de Qualidade (PFQ)	Penalização baseada no número de defeitos por encomenda entregue e desempenho do fornecedor a este nível.
	Penalização por Atraso (PA)	Penalização baseada no número de dias de atraso das entradas e evolução do desempenho do fornecedor a este nível.

Quando utilizamos os fatores penalização por atraso (PA) e penalização por falta de qualidade (PFQ), um fornecedor com um número crescente de atrasos na entrega ou com uma percentagem crescente de produtos abaixo dos níveis de qualidade mínimos exigidos será penalizado, por comparação a outro que tenha conseguido minimizar essas falhas. A Tabela 29 ilustra um cenário de fornecimento simples, refletindo a aplicação dos critérios de penalização usando cinco meses de informação histórica.

Tabela 29: Critérios de penalização calculados com base nos fatores granulares.

Mês	Fornecedor 1			Fornecedor 2		
	Atrasos (dias)	Fator de penalização	Penalização total/m	Atrasos (dias)	Fator de penalização	Penalização total/m
n-5	5	1	5	1	1	1
n-4	4	3	12	2	3	6
n-3	3	5	15	3	5	15
n-2	2	7	14	4	7	28
n-1	1	9	9	5	9	45
Penalização total			55	Penalização total		95

Na Tabela 29 usamos os seguintes fatores de penalização granulares $P=1$, $I=2$ e $D=5$. Tal significa que será aplicada uma penalização de dois pontos ($I=2$) por cada mês ($P=1$), usando a informação histórica dos últimos 5 meses ($D=5$). Se o fornecedor F1 entregou uma encomenda com 3 dias de atraso há 3 meses atrás, obterá uma penalização de 15 (fator de penalização 5). Se o atraso ocorrer 2 meses antes, a penalização seria 5 (fator de penalização 1). Atrasos de entrega anteriores seriam ignorados, assumindo-se que as suas causas teriam sido mitigadas pelos fornecedores. Os valores totais de penalização serão mais tarde normalizados para o intervalo $[0,1]$ usando uma função de pertinência, como se verá na secção 5.4.

5.3 Criar matrizes de avaliação passada, presente e futura (S6.1)

Para suportar a avaliação dos parceiros alternativos é necessário criar três matrizes de avaliação distintas: passado, presente e futuro (Jassbi et al., 2013).

A matriz referente ao passado é construída usando informação sobre o histórico de interações com a empresa. Este histórico pode resultar de interações diretas entre a empresa avaliadora e a empresa avaliada, se existentes. Alternativamente, podem resultar de registos de desempenho em interações envolvendo a empresa avaliada ao nível do grupo (VBE) em que ambas se inserem ou ao nível da empresa virtual de que façam parte (VE), num cenário em que as empresas acordem a divulgação dos dados de prestação no seu contexto.

Ao avaliar informação sobre o passado, critérios como “tempo de preparação” ou “tempo de entrega” podem não ser particularmente importantes, uma vez que a empresa avaliadora pode estar a usar informação histórica sobre encomendas em que diferentes condicionantes se observaram. Nestes casos, informação sobre preço, prestação evolutiva ao nível do cumprimento dos prazos de entrega e qualidade podem ser mais úteis.

No que concerne à avaliação do presente, os dados incluídos nas propostas enviadas pelos parceiros são da maior relevância com vista à tomada de decisão sobre qual das propostas alternativas seleccionar. Os dados podem incluir o preço proposto, o tempo de entrega previsto, o tempo de espera após adjudicação necessário, entre outros. Estes dados podem ser agregados conjuntamente com rácios de prestação ao nível da qualidade e da entrega para as empresas associadas, permitindo a introdução do risco como fator tido em conta no processo de tomada de decisão.

Finalmente, para construir a matriz relativa ao futuro, torna-se necessário realizar previsões para obter informação futura sobre as empresas candidatas. A previsão pode ser baseada em índices de desempenho previstos e na evolução dos preços praticados, sendo efetuadas previsões de valores futuros com base em padrões de desempenho passados ou investimentos realizados (por exemplo, ao nível da qualidade, processos de gestão, tecnologia). Neste caso, a realização de previsões em parâmetros como tempos de entrega pode ser considerada de menor relevância, uma vez que o desempenho depende também da capacidade de produção das empresas fornecedoras no período de execução da encomenda, da quantidade de cada produto encomendado, e de outros fatores, que dificilmente poderão ser previstos de uma forma realista. Pelo contrário, se as encomendas forem razoavelmente normalizadas, a utilização deste parâmetro pode ser mais relevante, uma vez que valores diferentes de tempos de entrega podem ser reflexo de um padrão de desempenho, podendo este ser usado para prever padrões de comportamento futuro.

Devido às especificidades de cada avaliação temporal, e dependendo da situação que está a ser modelada, podemos optar por uma de três alternativas distintas:

- Usar critérios de avaliação distintos para a avaliação do passado (CP), do presente (CA) e do futuro (CF);
- Usar os mesmos critérios para a avaliação do passado, presente e futuro, mas com pesos distintos;
- Usar uma base comum, complementada com um conjunto diferenciado de critérios para a avaliação dos três momentos temporais.

A Figura 91 ilustra o processo de decisão para o caso (a), sendo usados critérios distintos para avaliação do desempenho das empresas candidatas, sendo o seu número mantido constante ao longo do período.

Passado				Presente				Futuro						
CP_1	CP_2	...	CP_j	CA_1	CA_2	...	CA_k	CF_1	CF_2	...	CF_n			
E_1	x_{11}	x_{12}	...	x_{1j}	E_1	y_{11}	y_{12}	...	y_{1k}	E_1	z_{11}	z_{12}	...	z_{1n}
E_2	x_{21}	x_{22}	...	x_{2j}	E_2	y_{21}	y_{22}	...	y_{2k}	E_2	z_{21}	z_{22}	...	z_{2n}
E_3	x_{31}	x_{32}	...	x_{3j}	E_3	y_{31}	y_{32}	...	y_{3k}	E_3	z_{31}	z_{32}	...	z_{3n}
...	\ddots	\ddots	\ddots
E_i	x_{i1}	x_{i2}	...	x_{ij}	E_i	y_{i1}	y_{i2}	...	y_{ik}	E_i	z_{i1}	z_{i2}	...	z_{in}

Figura 91: Exemplo de matrizes para suporte à avaliação temporal.

A próxima seção detalha o processo de tratamento dos dados: 1) normalizar os critérios usando lógica difusa; 2) filtrar a incerteza; 3) aplicar pesos aos critérios; 4) fundir a informação através da agregação de critérios; 5) classificação e decisão final.

5.4 Normalizar critérios (S6.2)

Os dados existentes (valores) devem ser normalizados antes que qualquer processo de fusão de dados possa ser levado a cabo (Ribeiro et al 2013). A normalização é essencial para garantir que os valores são numéricos e comparáveis, de forma a possibilitar a sua agregação. A simples divisão do valor máximo existente (quando valores altos são considerados benéficos, como, por exemplo, índices de qualidade) ou pelo valor mínimo (quando valores mais baixos são benéficos, como, por exemplo, o preço) pode ser usada como forma rápida de normalizar a matriz de decisão associada (Jassbi et al., 2013). No entanto, não disponibiliza qualquer interpretação semântica para expressar, de forma adequada, conceitos como “menor é melhor”. Uma forma de satisfazer esses requisitos é usar a *fuzzificação* como processo de normalização, uma vez que as funções de pertinência da lógica difusa providenciam pares constituídos pelos valores (variável) e os respectivos níveis de pertinência. Na abordagem proposta usamos um processo de *fuzzificação* para normalizar os dados usando funções de pertinência triangulares para representar os valores associados aos critérios, representando uma interpretação semântica do significado de “menor é melhor” (equação 1) e “maior é melhor” (equação 2), como se ilustra na Figura 92.

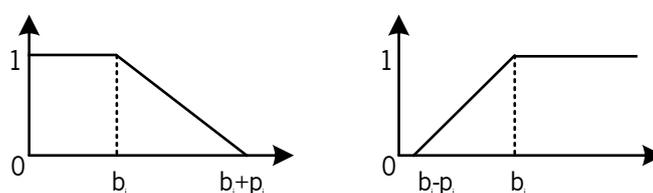


Figura 92: Ilustração de funções de normalização para “menor é melhor” e “maior é melhor”.

As funções de pertinência podem ser ajustadas para qualquer tipo de critérios, bem como incluir outros conceitos, como a “igualdade”. Neste último caso teríamos o gráfico referente à função triangular, fechado em ambos os lados.

$$\text{"menor é melhor"}: \mu(x) = \begin{cases} 0, & \text{if } x > b_i + p_i \\ 1 - \frac{x-b_i}{p_i}, & \text{if } b_i < x \leq b_i + p_i \\ 1, & \text{if } x \leq b_i \end{cases} \quad (1)$$

$$\text{"maior é melhor"}: \mu(x) = \begin{cases} 0, & \text{if } x < b_i - p_i \\ 1 + \frac{x-b_i}{p_i}, & \text{if } b_i - p_i \leq x < b_i \\ 1, & \text{if } x \geq b_i \end{cases} \quad (2)$$

As funções de pertença podem ser ajustadas para cada matriz de avaliação (passado, presente e futuro) e para cada critério, se conveniente. Nos exemplos de utilização apresentados no Capítulo 7 usamos funções triangulares, uma vez que todos os critérios podem ser classificados numa das categorias “menor é melhor” e “maior é melhor”. Após o processo de *fuzzificação* teremos três matrizes atualizadas (Figura 93), em que os valores das células foram substituídos pelo respetivo valor da função de pertença $\mu(x)$.

Passado				Presente				Futuro						
				CA_1	CA_2	\dots	CA_k							
CP_1	CP_2	\dots	CP_j					CF_1	CF_2	\dots	CF_n			
E_1	$\mu(x_{11})$	$\mu(x_{12})$	\dots	$\mu(x_{1j})$	E_1	$\mu(y_{11})$	$\mu(y_{12})$	\dots	$\mu(y_{1k})$	E_1	$\mu(z_{11})$	$\mu(z_{12})$	\dots	$\mu(z_{1n})$
E_2	$\mu(x_{21})$	$\mu(x_{22})$	\dots	$\mu(x_{2j})$	E_2	$\mu(y_{21})$	$\mu(y_{22})$	\dots	$\mu(y_{2k})$	E_2	$\mu(z_{21})$	$\mu(z_{22})$	\dots	$\mu(z_{2n})$
E_3	$\mu(x_{31})$	$\mu(x_{32})$	\dots	$\mu(x_{3j})$	E_3	$\mu(y_{31})$	$\mu(y_{32})$	\dots	$\mu(y_{3k})$	E_3	$\mu(z_{31})$	$\mu(z_{32})$	\dots	$\mu(z_{3n})$
\dots	\dots	\dots	\ddots	\dots	\dots	\dots	\dots	\ddots	\dots	\dots	\dots	\ddots	\dots	
E_i	$\mu(x_{i1})$	$\mu(x_{i2})$	\dots	$\mu(x_{ij})$	E_i	$\mu(y_{i1})$	$\mu(y_{i2})$	\dots	$\mu(y_{ik})$	E_i	$\mu(z_{i1})$	$\mu(z_{i2})$	\dots	$\mu(z_{in})$

Figura 93: Matrizes de avaliação temporal integrando os valores de pertença calculados.

5.5 Filtrar a incerteza (S6.3)

Todos os dados angariados sobre o nível de satisfação dos vários critérios poderão ter incerteza embecida em si mesmos, devido à falta de precisão na sua recolha e tratamento, à falta de dados suficientes para elaborar os índices necessários e à falta de confiança na qualidade dos dados existentes para determinados critérios, entre outros fatores.

Para filtrar a incerteza utilizaremos o método proposto em (Pais, et al., 2010; Ribeiro, et al., 2013), que considera dois parâmetros para filtrar os valores gerados pelas funções de pertença: precisão e confiança. O primeiro parâmetro expressa desvios dos valores nominais, enquanto que o segundo reflete o nível de confiança nos dados angariados. A lógica deste processo

de filtragem pressupõe que se não tivermos total confiança numa fonte de dados (por exemplo, a confiança nos dados é de 80%), então o valor inicial deve decrescer proporcionalmente (por exemplo, 10 seria reduzido para 8). A precisão pressupõe a consideração de desvios, como por exemplo +3 ou -3 num valor de 10.

Seja a_i a precisão associada com o critério j para a empresa i , representando um desvio à esquerda ou à direita do valor original. Quando a_i é zero, tal significa que o valor foi angariado sem desvios face ao valor original. A confiança wc_j é expressa através de uma percentagem, como, por exemplo, *“temos 90% de confiança nos valores existentes para desempenho ao nível da entrega atempada de encomendas”*.

Adicionalmente, usamos o parâmetro $\lambda \in [0,1]$, que reflete a atitude do decisor. Valores próximos de zero indicam uma atitude otimista, valores mais próximos de 1 refletem uma atitude pessimista. O valor para a função de pertinência ajustada é calculado usando a equação 3 (Ribeiro et al 2013).

$$u_{ij} = wc_j * (1 - \lambda * \max_{x \in [a,b]} \{|\mu(x) - \mu(x_{ij})|\}) * \mu(x_{ij}) \quad (3)$$

onde $[a,b]$ representa o intervalo de confiança:

$$a = \begin{cases} \min(D), & \text{se } x_{ij} - a_{ij} \leq \min(D) \\ x_{ij} - a_{ij}, & \text{se } x_{ij} - a_{ij} > \min(D) \end{cases}$$

$$b = \begin{cases} x_{ij} + a_{ij}, & \text{se } x_{ij} + a_{ij} \leq \max(D) \\ \max(D), & \text{se } x_{ij} + a_{ij} > \max(D) \end{cases}$$

Usando esta função somos capazes de penalizar valores de entrada que evidenciem algum dos dois tipos de incerteza referenciados (imprecisões ou falta de confiança nos dados), no contexto de uma visão pessimista ou otimista do decisor.

A título ilustrativo, vamos assumir que estamos a avaliar cinco fornecedores distintos. Cada um dos fornecedores tem a si associado um preço por hora médio (CPH), calculado com base no seu histórico de fornecimentos à empresa compradora. Os decisores têm um nível de

confiança de 75% (w_c) nos valores destes critérios, uma vez que o aumento da concorrência obrigou recentemente alguns fornecedores a submeterem propostas com preços mais baixos, significando que os valores de propostas no presente poderão não seguir a tendência dos valores propostos no passado. Adicionalmente, assumem uma atitude pessimista ($\lambda=1$), apesar de considerarem que os valores refletem de forma precisa o desempenho histórico ($a_{ij}=0$). Baseando-nos em cada valor de critério (x_{ij}), calculamos a função de pertinência ($\mu(x_{ij})$), usando as equações 1 e 2. Depois, procedemos à filtragem, usando os valores definidos para w_c , a_{ij} e λ . A Figura 94 ilustra os resultados.

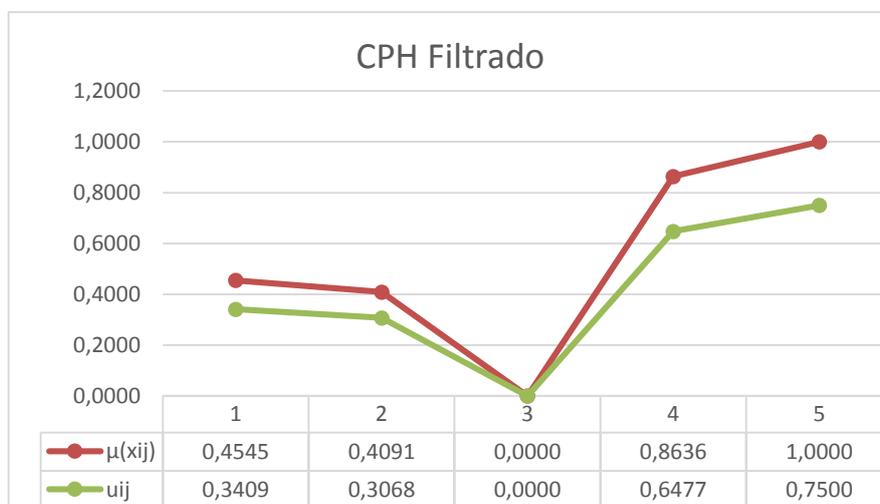


Figura 94: Ilustração da filtragem de incerteza no critério custo-por-hora com cinco valores associados.

Observando a Figura 94 torna-se óbvio que na presença de incerteza os níveis de satisfação dos critérios (valores de pertinência) são reduzidos pela utilização de filtragem, como se mostra para o gráfico da função u_{ij} . Um maior nível de incerteza irá produzir valores mais baixos, minimizando desta forma o seu impacto no processo de avaliação final.

5.6 Aplicar pesos aos critérios (S6.4)

Seguindo a abordagem de Ribeiro et al. (2013), após a definição da função de pertinência ajustada definimos as funções de pesagem. Para este fim vamos usar funções lineares, para expressar a importância relativa dos critérios. Estas funções permitem penalizar baixos níveis de satisfação dos critérios, ou bonificar elevados níveis de satisfação. Assim, em vez de atribuímos pesos

individuais aos critérios, representámo-los usando uma função que depende do seu nível de satisfação (Ribeiro & Pereira, 2003).

$$L(fu_{ij}) = \alpha * \frac{1 + \beta fu_{ij}}{1 + \beta}, 0 \leq \alpha, \beta \leq 1 \quad (4)$$

Na equação 4, α define a importância semântica dos critérios, de acordo com a Tabela 30.

Tabela 30: Importância semântica dos critérios.

α	Significado
1	Muito Importante
0.8	Importante
0.6	Importância media
0.3	Baixa importância
0.1	Muita baixa importância
0	Ignorado

β é o parâmetro que define a inclinação da função de pesagem (um valor mais alto significa uma evolução de valores mais íngreme) para penalizar, em maior ou menor nível, critérios com baixo nível de satisfação, de acordo com a Tabela 31.

Tabela 31: Inclinação para a função de pesagem dos critérios.

β	Significado
1	Elevada inclinação – maior penalização
0.67	Inclinação média – penalização média
0.33	Baixa inclinação – penalização baixa
0	Nulo

Por exemplo, se atribuirmos ao critério preço valores de $\alpha=1$ e $\beta=0.67$, estamos a definir preço como um parâmetro como “muito importante”, com inclinação de função de pesagem média. Neste exemplo, queremos bonificar as melhores propostas ao nível do preço, e penalizar as piores (as propostas com preços mais elevados).

5.7 Agregar resultados (S6.5)

Neste estágio temos três matrizes, com os respetivos valores de célula (fu_{ij}), para cada um dos critérios utilizados, por cada empresa/ fornecedor alternativo, para os três períodos de avaliação (passado, presente e futuro).

Uma vez que podemos ter critérios distintos para cada estágio, necessitamos de proceder à sua agregação para obter um vetor por empresa/ fornecedor para o passado, presente e futuro. Utilizaremos o método de agregação proposto por Ribeiro et al. (2013), que é baseado na mistura de operadores com funções de pesagem (Pereira et al., 2003; Ribeiro et al., 2003), como se ilustra na equação 5.

$$r_i = \text{sum}\left(\frac{L(fu_{ij})}{\sum_{k=1}^n L(fu_{ik})} * fu_{ij}\right) \quad (5)$$

em que fu_{ij} é o valor filtrado para o critério j e a empresa i , sendo $L(fu_{ij})$ o respetivo valor pesado.

Após a execução deste passo, para os três períodos temporais em análise, obtemos as avaliações para o passado, presente e futuro, por empresa/ fornecedor.

5.8 Classificação e decisão (S6.6)

Após ter fundido os valores associados a cada critério para os três tipos de matrizes (passado, presente e futuro), usamos finalmente o processo dinâmico espacial-temporal (Jassbi et al., 2013; Campanella & Ribeiro, 2011) para obter os resultados finais por cada empresa/ fornecedor.

A Figura 95 ilustra os três vetores e o vetor final de agregação, contendo as classificações finais para suporte à decisão.

$$\begin{array}{cccc}
\textit{Passado} & \textit{Presente} & \textit{Futuro} & \textit{Decisão} \\
S_1 \begin{bmatrix} p_1 \\ p_2 \\ p_3 \\ \dots \\ p_i \end{bmatrix} & S_1 \begin{bmatrix} a_1 \\ a_2 \\ a_3 \\ \dots \\ a_i \end{bmatrix} & S_1 \begin{bmatrix} f_1 \\ f_2 \\ f_3 \\ \dots \\ f_i \end{bmatrix} & S_1 \begin{bmatrix} p_1 \otimes a_1 \otimes f_1 \\ p_2 \otimes a_2 \otimes f_2 \\ p_3 \otimes a_3 \otimes f_3 \\ \dots \\ p_i \otimes a_i \otimes f_i \end{bmatrix} \\
S_2 & S_2 & S_2 & S_2 \\
S_3 & S_3 & S_3 & S_3 \\
\dots & \dots & \dots & \dots \\
S_i & S_i & S_i & S_i
\end{array}$$

Figura 95: Vetores de agregação para passado, presente e futuro.

onde \otimes representa um operador de agregação, como a média pesada, ou outro. Ao usarmos a média pesada, por exemplo, podemos considerar que a informação do passado é mais relevante que as previsões respeitantes ao futuro, atribuindo mais peso aos valores respeitantes a este período temporal. De qualquer forma, qualquer outro operador de média geométrica ou paramétrico poderá ser usado para determinar a avaliação final por fornecedor.

Apos a agregação temos um vetor final resultante da combinação dos vetores de avaliação de cada momento temporal, com um valor de resultado único por cada alternativa. Após ser ordenado, esse vetor providencia uma lista ordenada das empresas/ fornecedores em avaliação, permitindo à empresa avaliadora selecionar o melhor candidato com base na proposta submetida, no seu desempenho passado, e nas previsões de desempenho para o futuro. Os resultados finais são altamente influenciados pelos critérios escolhidos, os pesos associados, e os valores de precisão e confiança definidos. A empresa avaliadora pode ajustar estes parâmetros de acordo com as especificidades do seu negócio, do processo de avaliação presente e das características dos candidatos.

5.9 Conclusão

Neste capítulo foi apresentada e discutida uma abordagem para a tomada de decisão baseada em múltiplos critérios, usando fusão de dados e um processo espacial-temporal, para suportar a tomada de decisões estratégicas de forma mais informada, no que concerne à escolha de fornecedores ou parceiros de negócio.

A abordagem combina um modelo espacial-temporal dinâmico com um método para a fusão dos dados, para suportar uma abordagem híbrida e eficiente à seleção de parceiros. A abordagem é dinâmica, permitindo a inclusão no processo de avaliação de informação histórica,

informação presente, e informação previsional relativa ao futuro. As empresas poderão ajustar a forma como o processo de avaliação é executado baseando-se nos três tipos de informação que possuem sobre os fornecedores ou parceiros candidatos e nas suas interações no contexto espacial-temporal. Por outro lado, a informação histórica pode incluir um ou mais períodos passados, dependendo da quantidade de informação disponível. Adicionalmente, a abordagem pode ser seguida de forma periódica, nos casos em que decisões recorrentes e cíclicas devam ser efetuadas levando em conta o desempenho dos parceiros ou fornecedores existentes.

Adicionalmente, a abordagem é altamente configurável e flexível, permitindo à empresa avaliadora definir conjuntos de critérios diferenciados para a avaliação do passado, do presente e do futuro. O suporte à filtragem da incerteza faz com que esta abordagem seja também uma boa solução para o suporte à decisão em cenários em que a qualidade dos dados possa estar comprometida, uma vez que considera níveis de confiança específicos, dependendo da qualidade da informação. Adicionalmente, cada peso de cada critério está dependente do seu nível de satisfação, permitindo uma maior discriminação de entre as alternativas (por exemplo, alternativas com baixo nível de satisfação de um critério terão a sua pontuação decrescida), diminuindo o seu impacto na avaliação final.

Finalmente, deve ser referido que a utilização de previsões pode acarretar riscos em alguns cenários. A incerteza potencial associada ao processo de previsão pode ser gerida ajustando os parâmetros de confiança, precisão e os pesos associados aos momentos de avaliação, aquando da fusão dos dados. No entanto, se a empresa avaliadora considerar que não é viável ter uma previsão realista de desempenho (devido à eventual ausência de conhecimento especializado para sustentar a previsão, ou dificuldades na deteção de tendências futuras com base em dados do passado), a empresa pode optar por usar apenas informação histórica e informação sobre o presente, utilizando apenas duas matrizes de avaliação temporal.

Capítulo 6 – Exemplos de utilização

Neste sexto capítulo são apresentados exemplos de utilização da plataforma proposta, com enfoque na componente de seleção e avaliação dinâmica de fornecedores. São apresentados dois cenários ilustrativos de aquisição de serviços (serviços de design e serviços de desenvolvimento aplicacional) e um cenário de aquisição de produtos tangíveis.

6.1 Exemplo 1 – Aquisição de serviços de desenvolvimento

Um cenário relativamente simples e particularmente comum no qual a agregação de competências é frequente é o que está associado a empresas que dependem de fornecedores de componentes ou de serviços para construir a sua oferta. Esta dependência pode ser extremamente forte, na medida em que a empresa está tipicamente impossibilitada de satisfazer os seus clientes de forma autónoma. Estas empresas podem beneficiar de um canal de interação otimizado e flexível, que as interligue aos seus parceiros e fornecedores. É evidente que neste contexto terão uma necessidade permanente de avaliar os seus fornecedores, com vista à escolha do fornecedor mais adequado para cada encomenda, e que potencialmente maximize as mais-valias associadas ao negócio. Esta avaliação deve ser feita de forma ágil e dinâmica, para não comprometer oportunidades de negócio.

Vamos considerar o exemplo ilustrativo da empresa A, que tem como objetivo a disponibilização ao mercado de dispositivos interativos, baseados em toque, com aplicações de *software* dedicadas. A empresa disponibiliza atualmente estes dispositivos em vários países, assumindo o globo como seu mercado. A empresa tem uma sólida experiência como integrador de projetos, possuindo um portefólio de projetos amplo e diversificado, incluindo museus, áreas comerciais e lojas de referência. Estes projetos envolvem tipicamente o desenho de produto, desenho de arquitetura, desenho gráfico de interfaces, integração de componentes de *hardware*, desenvolvimento de software, teste e outras atividades. A empresa reutiliza frequentemente os seus próprios produtos, procedendo à sua personalização, e integrando-os nos projetos. Mas, frequentemente, a empresa tem necessidade de conceber e desenvolver novas soluções interativas, frequentemente de carácter inovador.

A empresa tem um departamento de investigação e desenvolvimento interno, bem como departamentos de gestão de projetos, desenvolvimento de produto, desenvolvimento de *software* e vendas. No sentido oposto, a empresa não tem competências de manufatura internas. Optou antes por criar uma equipa de engenharia, que realiza as tarefas de montagem e integração, incluindo controlo de qualidade, trabalhando sobre peças e componentes encomendadas a fornecedores externos.

Desta forma, e para construir e manter um catálogo de produtos sólido, a empresa tem uma grande dependência dos seus fornecedores, desde os equipamentos de *hardware*, às infraestruturas e equipamentos audiovisuais, entre outros. Estes componentes são integrados durante o processo de “assemblagem” e integração. A empresa necessita frequentemente de adquirir estruturas em aço carbónico e madeira, que são usadas para alojar os dispositivos eletrónicos e audiovisuais. Estas estruturas são tipicamente pintadas e acabadas em instalações externas pertencentes a fornecedores especializados.

A empresa está em fase de crescimento de vendas e sente frequentemente necessidade de subcontratar serviços de desenvolvimento de *software*, de forma a satisfazer encomendas específicas que requerem competências de desenvolvimento que ela não tenha dentro das suas equipas. Adicionalmente, a subcontratação de serviços de desenvolvimento de *software* também é comum quando as equipas de desenvolvimento internas estão completamente alocadas a projetos em curso ou a atividades mais urgentes de desenvolvimento de produto. As aplicações requerem frequentemente competências diversificadas, dado serem orientadas a interação baseada em toque, em dispositivos com uma elevada diversidade de dimensões e de capacidades de processamento. Por outro lado, a empresa sente frequentemente necessidade de subcontratar serviços de gestão de conteúdos e *design* gráfico, para preparar e configurar aplicações integradas em projetos, bem como equipas suplementares para instalação e montagem, particularmente no caso de projetos internacionais e em projetos de grande dimensão.

Apesar de ser efetivamente uma PME (pequena ou média empresa), com um número total de funcionários perto dos sessenta, esta empresa tem operações globais, uma forte representatividade internacional, e tem que lidar com um ecossistema completo de fornecedores e prestadores de serviços, que são de facto críticos para o seu negócio.

De forma a operar com níveis de eficiência aceitáveis, a empresa tem necessidade de um canal de interação otimizado com fornecedores efetivos ou potenciais, de forma a estabelecer, de

forma rápida e eficaz, relações comerciais sólidas e sustentadas. Este canal vai permitir à empresa ser mais ágil no seu processo de abastecimento, bem como propiciar a obtenção de rácios mais interessantes de custo/ qualidade.

Este canal pode resumir-se a uma rede de abastecimento otimizada, no formato previamente descrito no Capítulo 2. Alternativamente, a empresa pode optar por criar uma Empresa Virtual com um conjunto de parceiros de negócio, agindo como *broker* para angariação e processamento de oportunidades de negócio (Camarinha-Matos & Afsarmanesh, 2006). Qualquer dos cenários necessita de um sistema flexível e ágil, que suporte a interação entre os parceiros de negócio e permita a seleção rápida dos melhores parceiros para um determinado contexto de oportunidade, sejam os melhores parceiros para a formação de uma EV, sejam os melhores fornecedores para fornecer um conjunto de componentes ou serviços.

A indústria do *software* é particularmente exigente no que concerne à agregação de competências operacionais e de engenharia. Um sistema de *software* de complexidade média envolve frequentemente a utilização de um conjunto amplo de tecnologias distintas, incluindo linguagens de programação, bibliotecas e *frameworks*, bases de dados, servidores, mecanismos de distribuição, módulos de manutenção e outros componentes tecnológicos. Dominar internamente todos estes componentes obriga a empresa a um investimento avultado e constante, na medida em que o ambiente tecnológico está em permanente evolução e mutação.

Para poder disponibilizar um pacote de *software* completo ao mercado, uma empresa necessita de equipas com uma grande diversidade de perfis de recursos humanos. Estes perfis são algumas vezes complementares, mas frequentemente são independentes e necessários simultaneamente. Para ilustrar, analisemos os perfis principais que seriam necessários para desenvolver, de forma completa, um catálogo de produtos interativo, baseado em toque, para ser usado em lojas comerciais (usando uma mesa multitoque, por exemplo), na *Web* e também em dispositivos móveis:

- *Designer* Gráfico

O *designer* gráfico possui um leque alargado de competências para a produção de elementos de comunicação visual (Dwiggins, 1922). O termo *Web Designer* tem vindo a ser associado com os *designers* gráficos que possuem competências específicas na especificação e desenvolvimento de interfaces gráficas de utilizador (*GUIs* ou *Graphical User Interfaces*) para sítios Internet. O *designer* gráfico é frequentemente o arquiteto e

produtor de interfaces gráficas para outros tipos de aplicações, que podem não estar associadas com a *Web* (aplicações para computadores pessoais, aplicações para dispositivos móveis, etc.). Algumas competências específicas, como *design* responsivo, são importantes para diversos cenários de desenvolvimento de software.

Neste cenário, o *designer* gráfico será responsável pelo interface gráfico do sítio Internet, pelo interface gráfico da aplicação de catálogo interativa e também pelo interface gráfico da aplicação móvel que será usada pelo cliente final.

- *Designer* Institucional

O *designer gráfico* institucional está frequentemente especializado na criação de materiais de identidade para organizações, produtos ou serviços. Pode ser totalmente especializado em identidade visual (incluindo, por exemplo, a conceção e criação de logótipos), identidade corporativa, desenho de embalagens, desenho de materiais promocionais, e até desenho de espaços físicos. É muito frequente este tipo de *designers* gráficos não possuírem competências para a conceção e desenvolvimento de interfaces gráficas aplicacionais.

Neste cenário, o *designer* institucional será responsável pelo desenvolvimento da identidade visual do produto.

- *Designer* de experiência de utilizador (*UXD* or *UED*)

O *designer UX (User Experience)* está focado na interação utilizador-dispositivo. Possui conhecimento específico sobre ergonomia e fatores humanos que podem ter impacto na forma como decorre a interação. É também responsável pelo *design* de interação, incluindo a definição das estruturas e padrões de interação, promovendo a consistência entre componentes de sistema e garantindo que o interface será intuitivo e fácil de utilizar. Frequentemente, os especialistas de UX usam prototipagem de alto nível, usando materiais físicos (como papel) para modelar interfaces e os testar, dependendo dos serviços de um *designer* gráfico para a construção dos materiais de design finais completos.

Neste cenário, o *designer* de UX será responsável pela definição dos padrões de interação para a aplicação interativa, aplicação móvel e sítio internet

- Analista de sistemas

O analista de sistemas está focado na detecção de requisitos e sua captura. É responsável por identificar o impacto dos sistemas propostos, interagindo com todas as pessoas relevantes para a captura de requisitos funcionais, não funcionais e condicionantes. Adicionalmente, produz casos de uso e documentação que irão ser usados ao longo do processo de desenvolvimento.

Neste cenário, o analista de sistemas será responsável pela definição dos requisitos de produto, analisando e comparando soluções alternativas, e pela gestão da relação com os utilizadores relevantes durante a fase de análise.

- Programador Web

Especializado no desenvolvimento de sítios Internet e aplicações para a Web, possuindo conhecimento profundo de tecnologias cliente (como *HTML*, *JavaScript*, *jQuery*, *CSS*, entre outras) e servidor (como *PHP*, *Java*, *ASP*, *Perl*, *Python*, *Ruby*). Na prática, os programadores Web dividem-se frequentemente em dois subgrupos de especialização: programadores frontend (focados nas tecnologias cliente, que suportam a interação com o utilizador) e programadores *backend* (mais focados nas tecnologias do lado do servidor).

Neste cenário, o programador Web será responsável pelo desenvolvimento do sítio Internet e do Sistema de gestão de conteúdos baseado na web.

- Programador para Aplicações Móveis

Especializado no desenvolvimento de aplicações para plataformas móveis. Tipicamente domina um ou mais ambientes de desenvolvimento de aplicações nativas, como *iOS*, *Android*, *Windows Phone*, entre outras.

Neste cenário, será necessário dispor de programadores de aplicações móveis para desenvolver a aplicação móvel que será instalada pelos utilizadores finais.

- Programador aplicacional *Backend*

Especializado no desenvolvimento de aplicações nativas para instalação numa ou mais plataformas específicas. Possui conhecimento sobre uma ou mais linguagens de programação/ambientes de desenvolvimento (*C++*, *Java*, *C#*, *VB.NET*, *VB*, *ABAP*, *Delphi*, entre outras), bem como de bases de dados.

Neste cenário, o programador aplicacional será responsável pelo desenvolvimento da aplicação interativa para consulta do catálogo de produtos.

- Administrador de base de dados

O administrador de base de dados (*DBA*, ou *Database Administrator*) é especialista na configuração, instalação e manutenção de sistemas de bases de dados, como *Oracle*, *SQL Server*, *DB2*, *Interbase*, *MySQL*, entre outros.

Neste cenário, o *DBA* será responsável pela configuração, otimização e manutenção do sistema de base de dados de suporte à aplicação de gestão, alimentando também a aplicação interativa de consulta de catálogo e a aplicação móvel.

- Administrador de sistemas

Especializado na configuração, instalação e manutenção de servidores. Possui conhecimento profundo sobre redes, segurança, sistemas operativos, virtualização, *cloud* e serviços associados, entre outros assuntos.

Neste cenário o administrador de sistemas será responsável pela configuração, administração e monitorização da infraestrutura de suporte à operação da plataforma.

- *Quality assurance (QA)*

Especializado na definição, preparação e execução de planos de testes, contemplando, entre outros, testes funcionais e não funcionais, executados de forma automática ou manual.

Neste cenário, os *QAs* serão responsáveis pela definição, preparação e gestão de planos de testes, e sua execução.

Esta lista está sumariada e simplificada. O leque de perfis necessários para o desenvolvimento de uma aplicação será ainda muito mais amplo se a complexidade do sistema a desenvolver for aumentada. A necessidade de um leque tão abrangente de perfis torna bastante difícil a uma PME ter equipas internas com membros permanentes, com o perfil indicado e com um nível de experiência adequado. As PMEs são frequentemente incapazes de capturar oportunidades de negócio pois não possuem parte das competências técnicas ou experiência necessárias para desenvolver as soluções necessárias para tirar pleno partido de todas as oportunidades de negócio que identificam como relevantes. Por outro lado, existe um número crescente de empresas focadas em áreas tecnológicas específicas, nas quais se especializam, disponibilizando ao mercado os seus serviços. A existência de um número elevado destas

empresas é um sinal claro do potencial que pode ser concretizado se juntarmos as suas competências numa entidade única, agregadora, que se apresenta ao mercado como sua detentora única. Estas entidades podem ser concretizadas na forma de Organizações ou Empresas Virtuais, utilizando a plataforma proposta no capítulo anterior.

Vamos considerar que a empresa A, anteriormente descrita nesta seção, procedeu à avaliação das alternativas possíveis para otimizar a sua relação com fornecedores e parceiros. A empresa instanciou a plataforma descrita no capítulo anterior, e procedeu a um processo inicial de identificação e seleção de parceiros para criação de uma primeira empresa virtual, uma vez que tem em vista um número substancial de projetos internacionais, cujos requisitos ultrapassam as suas competências internas.

Uma vez que procedeu à primeira instanciação da plataforma e tendo experiência prévia de interações com alguns parceiros e fornecedores mais próximos, usou-a para lhes enviar um primeiro conjunto de convites de participação, enquanto fundadores da empresa virtual (*broker*). As empresas selecionadas foram a empresa U1, focada em experiência de utilizador com um grande historial de conceção de soluções interativas premiadas; três pequenas empresas de desenvolvimento de *software* aplicacional (P1, P2, P3) e uma empresa especializada em qualidade e testes, com experiência no fornecimento de serviços de *quality assurance* a terceiros (Q1). A empresa pretende assumir o papel de *broker* no contexto da organização, uma vez que tem elevada maturidade comercial e a sua carteira de negócios pendentes transcende claramente as suas capacidades. As empresas convidadas aceitaram participar e sentem esta oportunidade como tendo elevado potencial de negócio, permitindo-lhes estar concentradas na sua área de especialização. A composição da empresa virtual inicial encontra-se ilustrada na Figura 96.

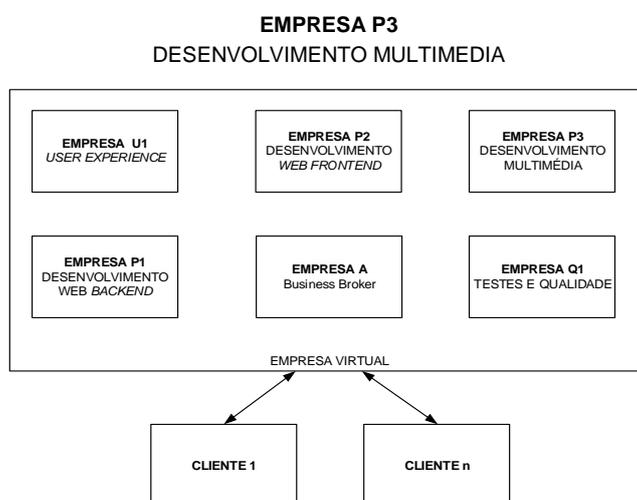


Figura 96: VE exemplo criada para fornecer serviços de desenvolvimento de software.

Um dos primeiros projetos para o qual a empresa A é consultada, é promovido por uma grande empresa de retalho que pretende instalar nas suas redes de lojas uma solução de *software*, baseada em toque, que permitirá aos seus clientes consultarem os produtos existentes, selecionar os que mais desejarem e obter informação sobre a rota que devem seguir na loja até à localização dos expositores. Para além de ser apresentada num equipamento interativo de grandes dimensões, a rota pode ser descarregada para o telemóvel dos clientes finais, usando uma aplicação nativa desenvolvida para o efeito, podendo depois o cliente final guiar-se através dos serviços de geolocalização do dispositivo. Finalmente, o cliente deseja ter um sistema de gestão baseado em web (*backend*) que lhe permita gerir todos os conteúdos de todas as lojas a partir de uma única localização, bem como proceder à sua monitorização.

Se analisarmos os requisitos associados a este cenário, a lista de competências associadas irá surgir naturalmente, incluindo as competências apresentadas na Tabela 32.

Tabela 32: Competências associadas aos requisitos do cenário ilustrativo.

Competência	Necessidade	Disponível na VE?
<i>Designer</i> de UX	Desenvolver o modelo de interação da aplicação e a base da estrutura do interface de utilização.	U1
<i>Designer</i> gráfico	Desenhar o interface gráfico para a aplicação interativa.	-
Programador <i>Multimédia</i>	Desenvolver a aplicação interativa a disponibilizar aos clientes finais.	P3
Programador <i>Web</i>	Desenvolver a plataforma de gestão de conteúdos e de monitorização integrada.	P1
Programador aplicações móveis	Desenvolver a aplicação móvel para guia do cliente final na loja.	-
<i>Tester/QA</i>	Testes de aplicações interativas, móvel e <i>backend</i> web.	Q1
Administrador de sistemas	Configurar, alojar e manter o sistema de gestão de conteúdos baseado na web, monitorizar, gerir os processos de replicação e sincronização de serviços baseados na nuvem, implementar e gerir processos de segurança.	A
Preparação e gestão de conteúdos	Edição, conceção, preparação e carregamento de conteúdos multiplataforma a disponibilizar nos vários dispositivos.	A

Assumindo que nenhuma das empresas que integram a EV tem competências de desenvolvimento de aplicações móveis e de *design* gráfico ao nível do que é exigido para satisfazer os requisitos do projeto, estamos perante uma situação em que a EV tem duas alternativas: (1) convidar empresas do ecossistema com essas competências a integrar a EV, para responder a esta necessidade; (2) convidar fornecedores externos a enviar propostas para o fornecimento dos serviços associados, procedendo depois à sua seleção, sem integração na EV. A opção 1 será particularmente comum em cenários em que a EV se dissolve no final da oportunidade em exploração. Neste caso, tendo-se assumido que a união estratégica dos parceiros de negócio transcende esta oportunidade e que o conjunto de empresas integrantes da EV não deseja incrementar o seu âmbito através da adesão de novos membros, vamos assumir que foi seguida a opção 2.

Considerando este cenário, a EV, representada pela empresa A, decide adquirir serviços de desenvolvimento de aplicações móveis para desenvolvimento da aplicação que será utilizada pelos clientes finais da rede de lojas. Para tal, localizam no diretório de empresas cinco empresas prestadores de serviços de desenvolvimento de aplicações móveis, com as quais a empresa A teve relações comerciais anteriores, no contexto de outros projetos realizados no passado.

6.1.1 Definir critérios de avaliação (S1)

Tratando-se de um cliente exigente e de um projeto com uma dimensão significativa, as empresas que compõem a EV, em particular a empresa A, têm uma preocupação significativa com a solidez das empresas candidatas para o fornecimento do serviço. Esta preocupação é motivada pelo conjunto de episódios prévios em que a empresa A entregou a pequenas empresas algumas componentes aplicacionais de projetos prévios, tendo estas, devido à sua reduzida dimensão, fraca capacidade de resposta e pontual inexperiência, motivado o atraso na entrega dos projetos onde se integravam, o que resultou em perdas relevantes. Assim, a empresa decide avaliar a maturidade das empresas candidatas, na forma de um Índice de Maturidade de Empresa (IME). Para o seu cálculo, a empresa utilizou dois critérios de avaliação base: dimensão da empresa (número de recursos humanos existentes no seu quadro), anos de atividade (correspondendo ao número de anos de experiência da empresa candidata no fornecimento de soluções similares) e saúde financeira (determinada a partir da avaliação da solidez financeira da empresa, com base nas bases de dados empresariais, de que é exemplo a Dun & Bradstreet). Para cada empresa i das n

empresas candidatas é identificada a sua dimensão efetiva (DE), o número de anos de atividade (AA) e a sua classificação ao nível da solidez financeira (SF). A solidez financeira é expressa na forma de uma percentagem, sendo que 100% corresponde a um fornecedor em que o risco de a empresa cessar atividade ou ser obrigada a reduzir os recursos existentes é praticamente inexistente. As diversas variáveis usadas estão listadas na tabela Tabela 33.

Tabela 33: Exemplo 1 – variáveis usadas para o cálculo da maturidade da empresa.

Variável	Designação	Utilização
DE _i	Dimensão efetiva	Cálculo da classificação Dimensão (DR)
AA _i	Anos de atividade	Cálculo da classificação de atividade (CA)
SF _i	Solidez financeira	Cálculo do índice de maturidade da empresa (IME)
DR _i	Dimensão	Cálculo do índice de maturidade da empresa (IME)
CA _i	Classificação de atividade	Cálculo do índice de maturidade da empresa (IME)
IME _i	Índice de maturidade da empresa	Critério para avaliação de fornecedores

O valor relativo de Dimensão (DR) é calculado com base na dimensão efetiva (DE), usando a equação 6.

$$DR_i = \frac{DE_i * 100}{\max_{1 \leq x \leq n} DE_x}, \quad 1 \leq i \leq n \quad (6)$$

O valor de classificação de atividade é obtido de uma forma semelhante, como ilustrado na equação 7.

$$CA_i = \frac{AA_i * 100}{\max_{1 \leq x \leq n} AA_x}, \quad 1 \leq i \leq n \quad (7)$$

Finalmente, usa-se uma soma pesada para calcular o índice de maturidade de cada empresa, levando em consideração os resultados do cálculo de DR (associado ao peso p), CA (associado ao peso q) e o índice correspondente à saúde financeira da empresa (associado ao peso r), conforme ilustrado na equação 8.

$$IME_i = DR_i * p + CA_i * q + SF_i * r, \quad 1 \leq i \leq n \quad (8)$$

Para além do critério de maturidade do fornecedor, é igualmente considerado relevante o portefólio de projetos de desenvolvimento de aplicações móveis apresentado pelas empresas candidatas. Esta avaliação resulta de um processo de análise de portefólio de projetos e aplicações apresentadas por cada um dos fornecedores, do qual resultará uma classificação percentual CAP (Classificação Atual do Portefólio), com valores de 0% (totalmente irrelevante) a 100% (portefólio abrangente, para clientes de elevada dimensão, com um número elevado de aplicações desenvolvidas com o propósito idêntico ao subjacente à consulta atual).

Para além da maturidade e solidez da empresa e da sua experiência, importará também avaliar os valores submetidos na proposta no que concerne ao preço proposto (critério CTO, ou Custo Total Orçamentado), bem como ao prazo de entrega (TE ou Tempo de entrega) e ao tempo necessário para a prestação de serviços ter início uma vez adjudicada a encomenda (LT ou *Lead Time*). A soma dos critérios TE e LT terá como resultado o tempo total necessário para concluir os serviços de desenvolvimento da aplicação móvel, a partir da data de adjudicação e até à entrega e conclusão dos serviços prestados.

A Tabela 34 resume os critérios de avaliação adotados para avaliação da informação relativa às propostas recebidas.

Tabela 34: Exemplo 1 – critérios de avaliação para o presente.

Momento	Critério	Descrição
Presente	Custo orçamentado (CO)	Custo proposto pelo fornecedor para a execução dos serviços (€).
Presente	Tempo de entrega (TE)	Tempo total para todos os serviços serem concluídos (dias).
Presente	Tempo para preparação encomenda (LT)	Tempo imposto pelo fornecedor, correspondente ao período (em dias) pós-adjudicação após o qual serão iniciados os serviços.
Presente	Classificação do portefólio (CP)	Avaliação do portefólio do fornecedor, refletindo a qualidade e relevância da sua experiência na execução de serviços similares. (0-100%)
Presente	Classificação estratégica (CE)	Relevância do fornecedor a nível estratégico para a VE (0-10).

No que concerne a avaliação histórica, a empresa virtual utilizará os dados recolhidos pela empresa A nas suas interações prévias com os fornecedores selecionados durante o período de análise em referência (o último ano). A este nível, será importante considerar o custo médio praticado pelo fornecedor em encomendas anteriores (CPH ou Custo por Hora em média), a fim de detetar padrões de crescimento ou contração dos preços praticados.

Relativamente ao desempenho do fornecedor, duas vertentes distintas serão alvo de avaliação. Primeiramente, o desempenho do fornecedor ao nível da entrega atempada das encomendas (DPE ou Desempenho de Entrega). Este critério consiste no rácio entre o número de encomendas entregues atempadamente e o número total de encomendas entregues. De forma complementar, importa também avaliar o desempenho do fornecedor ao nível da entrega de serviços com qualidade, ou seja, o rácio de encomendas entregues de acordo com as especificações acordadas e o número total de encomendas entregues pelo fornecedor (critério DPQ ou Desempenho da Qualidade).

Considerando n fornecedores, e sabendo que cada fornecedor i entregou p_i encomendas atempadamente dum total de m_i encomendas que lhe foram atribuídas, podemos calcular DPE usando a equação 9.

$$DPE_i = 1 - \frac{m_i - p_i}{m_i}, \quad 1 \leq i \leq n, \quad 0 \leq p_i \leq m_i \quad (9)$$

Considerando que do total de encomendas entregues q_i encomendas foram entregues sem quaisquer defeitos, cumprindo integralmente os requisitos inicialmente acordados, podemos calcular DPQ usando a equação 10.

$$DPQ_i = 1 - \frac{m_i - q_i}{m_i}, \quad 1 \leq i \leq n, \quad 0 \leq q_i \leq m_i \quad (10)$$

Estando inserida num ambiente competitivo e de elevada exigência, em que muitas vezes a prestação dos seus serviços e a entrega dos seus produtos é requisito essencial para a abertura de espaços (por exemplo, museus, lojas e superfícies comerciais multiloja), a empresa A está

frequentemente sujeita a cláusulas de penalização nos seus contratos, indexadas a queixas possíveis por parte do seu cliente. Como tal, a empresa decide igualmente levar em consideração o número de queixas previamente apresentadas contra o fornecedor, se existentes, e o valor associado. Para tal, e para cada fornecedor, será contabilizado o número de queixas anteriores (NOC) e o valor total dessas mesmas queixas (COC). A partir destes dois critérios será calculado o critério Valor das Queixas (VOC), usando uma média pesada. Seja p o peso associado ao critério NOC, e n o número de fornecedores em avaliação. O cálculo de VOC será realizado recorrendo à equação 11.

$$VOC_i = NOC_i * p + COC_i * (1 - p), \quad 1 \leq i \leq n, \quad 0 \leq p \leq 1 \quad (11)$$

A Tabela 35 resume os critérios definidos para a avaliação da informação histórica associada aos diversos fornecedores.

Tabela 35: Exemplo 1 – critérios para avaliação de informação histórica.

Momento	Critério	Descrição
Passado	Custo por Hora médio (CPH)	Custo médio por hora calculado com base em todas as propostas prévias recebidas do fornecedor (€).
Passado	Desempenho ao nível da entrega atempada (DPE)	Desempenho ao nível da entrega atempada de encomendas (0-100%).
Passado	Desempenho ao nível da qualidade (DPQ)	Desempenho ao nível da entrega de encomendas sem defeitos (0-100%)
Passado	Valor das Queixas (VOC)	Soma pesada calculada com base no número de queixas e valor associado, segundo a equação 11.

No que concerne à avaliação previsional para o futuro, será relevante refletir nas previsões a evolução dos custos praticados pelos fornecedores, o desempenho ao nível da entrega e da qualidade. Por outro lado, importa também definir qual o horizonte temporal sobre o qual incidirão as previsões.

As previsões poderão ser realizadas recorrendo à avaliação de especialistas (obrigando, neste caso, a um passo de intervenção manual no processo). Alternativamente, podem ser usados

métodos quantitativos, como média móvel, média móvel pesada exponencialmente, média móvel autorregressiva (Whittle, 1951), processo autorregressivo e média móvel integrada (Mills, 1990), filtro de Kalman (Kalman, 1960), suavização exponencial (Brown, 1956), extrapolação (Armstrong, 1984), previsão linear (Makhoul, 1975) e estimativa de tendências (Bianchi et al, 1999), entre outros métodos.

Como fator de avaliação de relevância futura potencial, pode ser muito relevante levar em consideração a importância estratégica de cada uma das empresas ao proceder à avaliação respectiva. Um fornecedor que seja simultaneamente um cliente da empresa deve ser beneficiado quando comparado com um outro fornecedor que o não seja, quando em igualdade de circunstâncias. Existem diversos fatores que podem ser levados em conta para a avaliação da relevância estratégica do fornecedor, nomeadamente: (1) quantas encomendas prévias foram satisfeitas pelo fornecedor; (2) tipo de relação com o fornecedor, nomeadamente se este assume o papel de cliente para determinados produtos ou serviços, e volume de negócios transacionado no passado a este nível; (3) relevância do fornecedor enquanto alavanca para a captura de novas oportunidades de negócio, seja de forma direta ou por partilha de oportunidades com a empresa. Cada um destes critérios pode derivar da análise de informação existente sobre o fornecedor, bem como ser complementada por previsões de evolução dos mesmos no futuro.

Considerando n fornecedores, e sabendo que cada fornecedor i entregou um total de m_i encomendas que lhe foram atribuídas, podemos calcular a classificação ao nível do número de encomendas entregues (CNEE) usando a equação 12.

$$CNEE_i = \frac{m_i * 100}{\max_{1 \leq x \leq n} m_x} * (1 + fce_i), \quad 1 \leq i \leq n, \quad fce_i \geq -1 \quad (12)$$

fce_i corresponde a uma estimativa de crescimento do critério em análise para a janela de previsão definida (doze meses por exemplo). Deste fator pode resultar da avaliação por especialistas que, mediante a sua visão sobre a evolução do mercado e o conhecimento que possuem sobre os fornecedores, podem estimar se a classificação no critério tende a manter-se no futuro ($fce_i = 0$), a diminuir ($fce_i < 0$) ou a aumentar ($fce_i > 0$).

A mesma abordagem é seguida para avaliar a classificação ao nível do volume de negócios enquanto cliente. Para os n fornecedores, avalia-se o volume de negócios de encomendas que a

empresa lhe forneceu no passado e_i (se existente), calculando-se a classificação relativa dos fornecedores enquanto clientes usando a equação 13. fcc_i corresponde ao fator de crescimento associado ao fornecedor i enquanto cliente.

$$CEC_i = \frac{e_i * 100}{\max_{1 \leq x \leq n} e_x} * (1 + fcc_i), \quad 1 \leq i \leq n, \quad fcc_i \geq -1 \quad (13)$$

Adicionalmente, é necessário classificar os fornecedores enquanto promotores ou angariadores de novas oportunidades de negócio. Para os n fornecedores, avalia-se o volume de negócios por ele angariados, seja por via de parcerias, ou simplesmente pela partilha de oportunidades ou recomendação v_i (se existente), calculando-se a classificação relativa dos fornecedores enquanto clientes usando a equação 14. fca_i corresponde ao fator de crescimento estimado para o fornecedor i enquanto angariador.

$$CNA_i = \frac{v_i * 100}{\max_{1 \leq x \leq n} v_x} * (1 + fca_i), \quad 1 \leq i \leq n, \quad fca_i \geq -1 \quad (14)$$

Finalmente, é usada uma soma pesada para calcular a classificação estratégica de cada um dos fornecedores, levando em consideração os resultados do cálculo de CNEE (associado ao peso p), CEC (associado ao peso q) e o CNA (associado ao peso r), conforme ilustrado na equação 15.

$$CEE_i = CNEE_i * p + CEC_i * q + CNA_i * r, \quad 1 \leq i \leq n \quad (15)$$

A Tabela 36 resume os critérios utilizados neste exemplo para avaliação previsional.

Tabela 36: Exemplo 1 – critérios para avaliação de informação previewal.

Momento	Crítério	Descrição
Futuro	Custo por Hora médio estimado (CPHE)	Custo médio por hora calculado com base em todas as propostas previamente recebidas do fornecedor (€).
Futuro	Desempenho estimado ao nível da entrega (DPEE)	Desempenho estimado para a entrega futura de encomendas atempadamente (0-100%).
Futuro	Desempenho estimado ao nível da qualidade (DPQE)	Desempenho estimado para a entrega futura de encomendas sem defeitos (0-100%)
Futuro	Classificação estratégica estimada (CEE)	Soma pesada calculada com base na equação 15.

6.1.2 Preparar informação histórica (S2)

Uma vez definidos os critérios para avaliação histórica, a informação existente é analisada e os critérios de avaliação são preenchidos para cada um dos fornecedores.

Da análise do custo hora médio praticado em encomendas anteriores resulta a avaliação de cada fornecedor ao nível do critério CPH. Seguidamente, é contabilizado o número total de encomendas satisfeitas por cada um dos fornecedores. São igualmente contabilizadas as encomendas entregues de forma completa e dentro do prazo previsto, sendo usada a equação 9 para calcular a classificação no critério DPE. Depois, são analisadas as ocorrências de defeitos ao nível da entrega, sendo contabilizado o número de encomendas entregues sem qualquer defeito de qualidade, que é utilizado na equação 10 para calcular a classificação no critério DPQ.

Em linha com as preocupações com o valor associado a queixas prévias relacionadas com entregas realizadas pelo fornecedor, é determinado o número de queixas prévias relacionadas com o fornecedor (critério NOC), bem como o valor associado (critério COC). A partir destes é calculada a classificação ao nível critério VOC (valor das queixas), conforme ilustrado na Tabela 37.

Tabela 37: Exemplo 1 – cálculo do valor das queixas relacionadas com cada fornecedor.

Cálculo do Valor das queixas	Número de queixas	Custo das queixas	Valor das queixas (VOC)
Peso	30%	70%	
Empresa 1	2	15000	10501
Empresa 2	0	0	0
Empresa 3	3	5000	3501
Empresa 4	1	7500	5250
Empresa 5	1	2500	1750

A Tabela 38 resume a classificação atual dos fornecedores no que concerne à avaliação das interações prévias.

Tabela 38: Exemplo 1 – classificação dos fornecedores ao nível da informação histórica.

Empresas	Custo por hora (médio)	Desempenho de entrega	Desempenho da qualidade	Valor das queixas
	CPH	DPE	DPQ	VOC
Empresa 1	75,00	80%	80%	10501
Empresa 2	80,00	95%	90%	0
Empresa 3	125,00	90%	98%	3501
Empresa 4	30,00	75%	70%	5250
Empresa 5	15,00	70%	75%	1750

6.1.3 Preparar informação de suporte a previsões (S3)

A informação de suporte à realização de previsões sobre desempenho futuro é preparada neste passo. Como referido, a realização de previsões pode ser feita com base em métodos quantitativos, ou resultar da avaliação de especialistas.

Tendo sido escolhido o critério de classificação estratégica estimada das empresas para a avaliação da sua relevância futura, é importante calcular as classificações relativas aos critérios associados, como descrito na secção 6.1.1. Os valores correspondentes à análise dos fornecedores candidatos encontra-se resumida na Tabela 39, tendo sido assumida a manutenção

do desempenho passado no futuro no que concerne aos critérios base de cálculo do CEE (significando que foram considerados de acordo com as equações 12, 13 e 14).

Tabela 39: Exemplo 1 – cálculo da classificação dos fornecedores ao nível da sua relevância estratégica.

Cálculo de CEE	Número de encomendas prévias	Classificação ao nível do nº encomendas (CNEE)	Volume de negócios enquanto cliente	Classificação enquanto cliente (CEC)	Volume das Oportunidades angariadas	Classificação do nível da Alavancagem	CEE
Peso		20%		40%		40%	
Empresa 1	10	67	0	0	150000	100	53
Empresa 2	5	33	10000	67	25000	17	40
Empresa 3	15	100	0	0	0	0	20
Empresa 4	3	20	15000	100	50000	33	57
Empresa 5	4	27	0	0	10000	7	8

A Tabela 40 resume as classificações dos fornecedores em análise relativamente aos critérios previsionais definidos.

Tabela 40: Exemplo 1 – classificação dos fornecedores ao nível da informação previsual.

Empresas	Custo por hora médio (estimado)	Desempenho de entrega estimado	Desempenho de qualidade estimado	Classificação estratégica estimada
	CPHE	DPEE	DPQE	CEE
Empresa 1	75,00	85%	75%	53
Empresa 2	90,00	95%	90%	40
Empresa 3	180,00	99%	95%	20
Empresa 4	35,00	65%	72%	57
Empresa 5	25,00	70%	70%	8

6.1.4 Submeter RFP/RFQ (S5)

Uma vez definidos os critérios e preparada a avaliação histórica e previsual é construída a base do pedido de cotação (RFQ). Este pedido deve enumerar os requisitos associados ao serviço a prestar e eventuais condicionantes associadas. Por exemplo, no caso em estudo, o RFQ poderia incluir as condicionantes “a aplicação móvel deve ser desenvolvida em três versões distintas,

usando o ambiente de desenvolvimento de cada plataforma prevista” e “a aplicação móvel deve ser disponibilizada para dispositivos com iOS 6 ou superior, Android Honeycomb ou superior, ou com Windows Mobile 8”. Adicionalmente, deve incluir qualquer conjunto de normas ou standards que o fornecedor deva cumprir.

Os pedidos de proposta são submetidos de acordo com o processo definido na secção 4.4.6, na página 170.

6.1.5 Avaliar fornecedores (S6)

Uma vez recebidas todas as propostas através da plataforma multiagente, será realizado o processo de avaliação e seleção de fornecedores, descrito no capítulo 5.

6.1.5.1 Criar matrizes de avaliação do passado, presente e futuro (S6)

Recebidas as propostas dos vários fornecedores, estas são analisadas e servem de base para a classificação dos mesmos no contexto presente, considerando os critérios definidos na secção 6.1.1.. Uma vez que a classificação referente ao critério IME já tinha sido realizada, são agora classificados os restantes critérios.

A Tabela 41 ilustra um cenário de valores para as propostas recebidas no âmbito da consulta realizada.

Tabela 41: Exemplo 1 – classificação dos fornecedores de acordo com as propostas submetidas.

Empresas	Custo	Tempo Total	Classificação	Índice de
	Orçamentado	para Entrega	atual do	maturidade da
	CTO	TTE	portefólio	empresa
			CAP	IME
Empresa 1	15000	55	100%	36,37
Empresa 2	20000	55	98%	109,63
Empresa 3	35000	45	98%	100,75
Empresa 4	12500	80	95%	22,76
Empresa 5	9800	105	80%	14,14

A partir deste momento temos já reunidas as três matrizes para avaliação dos fornecedores nos três contextos temporais (passado, presente e futuro). Os valores atuais encontram-se ilustrados na Figura 97.

Passado				Presente				Futuro						
	CPH	DPE	DPQ	VOC		CTO	TTE	CAP	IME		CPHE	DPEE	DPQE	CEE
E ₁	75	80%	80%	10501	E ₁	15000	55	100%	36.374	E ₁	75	85%	75%	53
E ₂	80	95%	90%	0	E ₂	20000	55	98%	109.63	E ₂	90	95%	90%	40
E ₃	125	90%	98%	3501	E ₃	35000	45	98%	100.75	E ₃	180	99%	95%	20
E ₄	30	75%	70%	5250	E ₄	12500	80	95%	22.76	E ₄	35	65%	72%	57
E ₅	15	70%	75%	1750	E ₅	9800	105	80%	14.14	E ₅	25	70%	70%	8

Figura 97: Exemplo 1 – matrizes de avaliação do passado, presente e futuro (x_{ij}).

6.1.5.2 Normalizar critérios (S6.2)

O próximo passo é normalização de critérios. Para cada critério j , o valor de pertença associado u_j é calculado para cada fornecedor i , usando funções de normalização triangulares para “menos é melhor” (CPH, VOC, CTO, TTE, CPHE) e para “mais é melhor” (DPE, DQQ, CAP, IME, DPEE, DPQE, CEE). Para tal usamos as equações 1 e 2, obtendo-se os resultados apresentados na Figura 98.

Passado				Presente				Futuro						
	CPH	DPE	DPQ	VOC		CTO	TTE	CAP	IME		CPHE	DPEE	DPQE	CEE
E ₁	0.4545	0.4000	0.3571	0.0000	E ₁	0.7392	0.8841	1.0000	0.2328	E ₁	0.6774	0.5882	0.2000	0.9184
E ₂	0.4091	1.0000	0.7143	1.0000	E ₂	0.6645	0.8841	0.9000	1.0000	E ₂	0.5806	0.8824	0.8000	0.6531
E ₃	0.0000	0.8000	1.0000	0.6666	E ₃	0.2326	1.0000	0.9000	0.9070	E ₃	0.0000	1.0000	1.0000	0.2449
E ₄	0.8636	0.2000	0.0000	0.5000	E ₄	0.9551	0.5942	0.7500	0.0902	E ₄	0.9355	0.0000	0.0800	1.0000
E ₅	1.0000	0.0000	0.1786	0.8333	E ₅	1.0000	0.3043	0.0000	0.0000	E ₅	1.0000	0.1471	0.0000	0.0000

Figura 98: Exemplo 1 – resultados da normalização para cada fornecedor e critério seleccionados ($\mu(x_{ij})$).

6.1.5.3 Filtrar a incerteza (S6.3)

Após o processo de normalização procedemos com a filtragem da incerteza. Para cada critério j e fornecedor i , um nível de precisão é definido (a_{ij}), representando o desvio assumido por

comparação com o valor efetivo. Adicionalmente, estimamos a confiança w_j , representando a percentagem de confiança em cada critério.

Por exemplo, a avaliação do portefólio dos candidatos resulta de um processo subjetivo de avaliação dos projetos prévios e do portefólio de produtos, por exemplo, no domínio da aquisição em curso. A subjetividade deste processo, a par do facto de ser realizado potencialmente por múltiplas pessoas, torna as classificações menos exatas. Por este motivo, o decisor tem um nível de confiança relativamente baixo nas avaliações associadas a este critério ($w_j=60\%$). Adicionalmente, e uma vez que diferentes empregados realizam a avaliação, a precisão dos valores é limitada ($a_j=5\%$). A

Tabela 42 resume os valores de confiança e imprecisão associados a cada critério de avaliação.

Tabela 42: Exemplo 1 – Parâmetros de imprecisão e confiança para cada um dos critérios de avaliação.

Momento	Critério	Confiança	Imprecisão
	j	w_{C_j}	a_j
Passado	CPH	75%	0%
Passado	DPE	85%	2%
Passado	DPQ	50%	5%
Passado	VOC	70%	5%
Presente	CTO	100%	0%
Presente	TTE	90%	0%
Presente	CAP	60%	5%
Presente	IME	65%	5%
Futuro	CPHE	30%	0%
Futuro	DPEE	20%	2%
Futuro	DPQE	15%	5%
Futuro	CEE	30%	2%

Adicionalmente, determinamos se a atitude do decisor é otimista ou pessimista, definindo assim o parâmetro λ . Neste exemplo foi considerado uma atitude pessimista, ou seja, $\lambda=1$.

Na posse destes dados, procedemos ao cálculo dos valores filtrados u_{ij} para todos os fornecedores e critérios. A Tabela 43 resume os valores iniciais de classificação dos fornecedores nos diversos critérios, os valores normalizados e também os valores obtidos após o processo de filtragem.

Tabela 43: Exemplo 1 – Classificação inicial, normalizada e filtrada para todos os fornecedores nos vários critérios.

	Critério	Fornecedor j	Classificação (x_{ij})	Normalizada $\mu(x_{ij})$	Filtrada (u_{ij})
PASSADO	CPH	E1	75,00	0,4545	0,3409
		E2	80,00	0,4091	0,3068
		E3	125,00	0,0000	0,0000
		E4	30,00	0,8636	0,6477
		E5	15,00	1,0000	0,7500
	DPE	E1	80%	0,4000	0,3182
		E2	95%	1,0000	0,8500
		E3	90%	0,8000	0,6310
		E4	75%	0,2000	0,1598
		E5	70%	0,0000	0,0000
	DPQ	E1	80%	0,3571	0,1531
		E2	90%	0,7143	0,2997
		E3	98%	1,0000	0,5000
		E4	70%	0,0000	0,0000
		E5	75%	0,1786	0,0773
	VOC	E1	10501	0,0000	0,0000
		E2	0	1,0000	0,6000
		E3	3501	0,6666	0,3933
		E4	5250	0,5000	0,2925
		E5	1750	0,8333	0,4958
PRESENTE	CTO	E1	25500	0,7392	0,7392
		E2	30000	0,6645	0,6645
		E3	56000	0,2326	0,2326
		E4	12500	0,9551	0,9551
		E5	9800	1,0000	1,0000
	TTE	E1	55	0,8841	0,7957
		E2	55	0,8841	0,7957
		E3	45	1,0000	0,9000
		E4	80	0,5942	0,5348
		E5	105	0,3043	0,2739
	CAP	E1	100%	1,0000	0,6000
		E2	98%	0,9000	0,4860
		E3	98%	0,9000	0,4860
		E4	95%	0,7500	0,3375
		E5	80%	0,0000	0,0000
	IME	E1	36,37	0,2328	0,1398
		E2	109,63	1,0000	0,6500
		E3	100,75	0,9070	0,5347
		E4	22,76	0,0902	0,0546
		E5	14,14	0,0000	0,0000
FUTURO	CPHE	E1	75,00	0,6774	0,2032
		E2	90,00	0,5806	0,1742
		E3	180,00	0,0000	0,0000
		E4	35,00	0,9355	0,2806
		E5	25,00	1,0000	0,3000
	DPEE	E1	85%	0,5882	0,1118
		E2	95%	0,8824	0,1666
		E3	99%	1,0000	0,2000
		E4	65%	0,0000	0,0000
		E5	70%	0,1471	0,0282
	DPQE	E1	75%	0,2000	0,0255
		E2	90%	0,8000	0,0984
		E3	95%	1,0000	0,1500
		E4	72%	0,0800	0,0103
		E5	70%	0,0000	0,0000
	CEE	E1	53	0,9184	0,2696
		E2	40	0,6531	0,1927
		E3	20	0,2449	0,0729
		E4	57	1,0000	0,3000
		E5	8	0,0000	0,0000

A Figura 99 ilustra a relação entre os valores não filtrados ($\mu(x_{ij})$) e filtrados (u_{ij}) para o critério DQP (desempenho da qualidade). Devido à baixa confiança nos valores de classificação associados ($w_{cj}=50\%$) e à imprecisão associada ($a_j=5\%$) os valores finais após filtragem (u_{ij}) são mais baixos que os originais, como se constata claramente ao observar o gráfico.

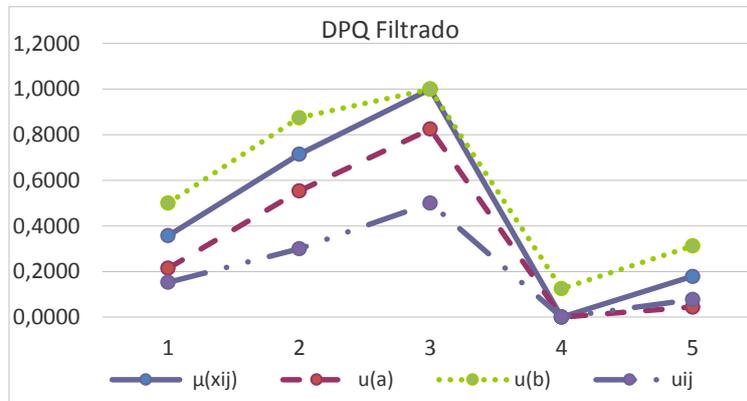


Figura 99: Exemplo 1 – Relação entre os valores não filtrados e filtrados, para o critério DPQ.

Uma vez concluído o processo de filtragem para todos os fornecedores e critérios, obtemos as matrizes atualizadas representadas na Figura 100.

Passado				Presente				Futuro						
CPH	DPE	DPQ	VOC	CTO	TTE	CAP	IME	CPHE	DPEE	DPQE	CEE			
E_1	0.3409	0.3182	0.1531	0.0000	E_1	0.7392	0.7957	0.6000	0.1398	E_1	0.2032	0.1118	0.0255	0.2696
E_2	0.3068	0.8500	0.2997	0.6000	E_2	0.6645	0.7957	0.4860	0.6500	E_2	0.1742	0.1666	0.0984	0.1927
E_3	0.0000	0.6310	0.5000	0.3933	E_3	0.2326	0.9000	0.4860	0.5347	E_3	0.0000	0.2000	0.1500	0.0729
E_4	0.6477	0.1598	0.0000	0.2925	E_4	0.9551	0.5348	0.3375	0.0546	E_4	0.2806	0.0000	0.0103	0.3000
E_5	0.7500	0.0000	0.0773	0.4958	E_5	1.0000	0.2739	0.0000	0.0000	E_5	0.3000	0.0282	0.0000	0.0000

Figura 100: Exemplo 1 – dados filtrados para cada fornecedor e critérios definidos para o passado, presente e futuro (u).

6.1.5.4 Aplicar pesos aos critérios (S6.4)

Após a filtragem usamos funções de pesagem para realizar o processo de fusão de dados (Ribeiro, et al, 2013). Primeiramente temos que definir a importância relativa de cada um dos critérios. A Figura 101 representa a importância atribuída aos critérios de acordo com o parâmetro de pesagem α (muito importante: 1; importante: 0.8; medianamente importante: 0.6) e o parâmetro de controle de declive β (declive elevado: 1; declive médio: 0.67).

Passado				Presente				Futuro						
CPH	DPE	DPQ	VOC	CTO	TTE	CAP	IME	CPHE	DPEE	DPQE	CEE			
α	1	0,8	0,8	0,8	α	1	0,8	0,6	0,6	α	1	0,8	0,8	0,6
β	0,67	0,67	0,67	1	β	0,8	0,67	0,67	0,67	β	0,67	0,67	0,67	0,67

Figura 101: Exemplo 1 – parâmetros de pesagem definidos para os critérios existentes.

Os valores pesados $L(u_{ij})$ são obtidos a partir dos valores u_{ij} , normalizados e filtrados, usando a equação 4, apresentada na secção 5.6, na página 217. A Tabela 44 resume os valores pesados para todos os critérios e fornecedores.

Tabela 44: Exemplo 1 – classificações pesadas para todos os fornecedores nos vários critérios (Lu_{ij}).

	Critério	α	B	Fornecedor (j)	Filtrada (u_{ij})	Pesada $L(u_{ij})$
PASSADO	CPH	1	0,67	E1	0,3409	0,7356
				E2	0,3068	0,7219
				E3	0,0000	0,5988
				E4	0,6477	0,8587
				E5	0,7500	0,8997
	DPE	0,8	0,67	E1	0,3182	0,5812
				E2	0,8500	0,7519
				E3	0,6310	0,6816
				E4	0,1598	0,5303
				E5	0,0000	0,4790
	DPQ	0,8	0,67	E1	0,1531	0,5282
				E2	0,2997	0,5752
				E3	0,5000	0,6395
				E4	0,0000	0,4790
				E5	0,0773	0,5039
	VOC	0,8	1	E1	0,0000	0,4000
				E2	0,6000	0,6400
				E3	0,3933	0,5573
				E4	0,2925	0,5170
				E5	0,4958	0,5983
PRESENTE	CTO	1	0,8	E1	0,7392	0,884
				E2	0,6645	0,851
				E3	0,2326	0,659
				E4	0,9551	0,980
				E5	1,0000	1,000
	TTE	0,8	0,67	E1	0,7957	0,734
				E2	0,7957	0,734
				E3	0,9000	0,768
				E4	0,5348	0,651
				E5	0,2739	0,567
	CAP	0,6	0,67	E1	0,6000	0,504
				E2	0,4860	0,476
				E3	0,4860	0,476
				E4	0,3375	0,441
				E5	0,0000	0,359
	IME	0,6	0,67	E1	0,1398	0,393
				E2	0,6500	0,516
				E3	0,5347	0,488
				E4	0,0546	0,372
				E5	0,0000	0,359
FUTURO	CPHE	1	0,67	E1	0,2032	0,680
				E2	0,1742	0,669
				E3	0,0000	0,599
				E4	0,2806	0,711
				E5	0,3000	0,719
	DPEE	0,8	0,67	E1	0,1118	0,515
				E2	0,1666	0,533
				E3	0,2000	0,543
				E4	0,0000	0,479
				E5	0,0282	0,488
	DPQE	0,8	0,67	E1	0,0255	0,4872
				E2	0,0984	0,5106
				E3	0,1500	0,5272
				E4	0,0103	0,4823
				E5	0,0000	0,4790
	CEE	0,6	0,67	E1	0,2696	0,4242
				E2	0,1927	0,4057
				E3	0,0729	0,3768
				E4	0,3000	0,4315
				E5	0,0000	0,3593

Uma vez na posse de todos os valores filtrados, normalizados e pesados procedemos à agregação espacial. Antes de o fazer, teremos as matrizes ilustradas na Figura 102.

	Passado				Presente				Futuro			
	CPH	DPE	DPQ	VOC	CTO	TTE	CAP	IME	CPHE	DPEE	DPQE	CEE
E ₁	0.1117	0.0824	0.0360	0.0000	0.2598	0.2323	0.1202	0.0218	0.0656	0.0273	0.0059	0.0543
E ₂	0.0824	0.2377	0.0641	0.1428	0.2194	0.2267	0.0898	0.1301	0.0550	0.0419	0.0237	0.0369
E ₃	0.0000	0.1736	0.1291	0.0885	0.0641	0.2890	0.0968	0.1091	0.0000	0.0531	0.0386	0.0134
E ₄	0.2332	0.0355	0.0000	0.0634	0.3831	0.1424	0.0608	0.0083	0.0949	0.0000	0.0024	0.0615
E ₅	0.2720	0.0000	0.0157	0.1196	0.4375	0.0679	0.0000	0.0000	0.1055	0.0067	0.0000	0.0000

Figura 102: Exemplo 1 – matrizes com dados normalizados, filtrados e pesados, antes da agregação espacial.

Após utilizarmos a equação 5, apresentada na secção 5.7, na página 219, para agregar os critérios, obtemos um vetor por cada período de avaliação, conforme ilustrado na Figura 103.

	Passado	Presente	Futuro
	r _i	r _i	r _i
E ₁	0.2301	0.6342	0.1531
E ₂	0.5270	0.6660	0.1576
E ₃	0.3912	0.5591	0.1052
E ₄	0.3321	0.5946	0.1588
E ₅	0.4073	0.5055	0.1122

Figura 103: Exemplo 1 – vetores obtidos após a agregação espacial.

Para ilustrar como foram realizados os cálculos, vejamos como obter a classificação para o fornecedor 2 (E2) usando a equação 5.

- 1) Primeiro, obtemos as classificações para cada critério. Ilustrando para CPH, temos:

$$r(\text{CPH}): 0.7219/2.6890 * 0.3068 = 0.0744,$$

$$\text{onde } \text{SUM}(L(u_{ij})) = 0.7219 + 0.7519 + 0,5752 + 0,6400 = 2.6890$$

$$u_{ij} = 0.3068; L(u_{ij}) = 0.7219$$

- 2) Depois, calculamos a classificação agregada para o fornecedor E2 somando as suas classificações em cada critério. Usamos uma soma simples uma vez que já pesamos as classificações em cada um dos critérios:

$$r(\text{E2}) = 0.0824 + 0.2377 + 0.0641 + 0.1428 = 0.5270$$

6.1.5.5 Agregar resultados (S6.5)

Depois de obtermos as classificações agregadas dos fornecedores nos vetores associados ao passado, presente e futuro usamos, finalmente, o processo dinâmico espacial-temporal (Jassbi et al 2013) (Campanella e Ribeiro 2011) para obter os resultados finais por cada empresa/fornecedor.

Primeiramente, devemos definir que parâmetros de pesagem desejamos aplicar a cada um dos vetores de avaliação. Os parâmetros são definidos em função da sensibilidade do decisor. Até ao momento foram usados para diferenciar as classificações ao nível dos critérios individuais. Nesta última fase do processo é possível associar diferentes parâmetros de pesagem α e β a cada vetor temporal. A título ilustrativo, assumamos que o decisor configurou o sistema para que a avaliação de informação histórica seja considerada importante ($\alpha=0.8$), a avaliação da informação constante das propostas e associada ao momento presente muito importante ($\alpha=1$) e a informação previewal classificada como de importância média ($\alpha=0.6$). Relativamente à inclinação da função de pesagem, a avaliação passada e previewal foram classificadas com inclinação média ($\beta=0.67$), enquanto que diferenças ao nível da avaliação presente devem ser diferenciadas de forma significativa, usando-se uma elevada inclinação ($\beta=1$). Os valores adotados encontram-se resumidos na Figura 104.

	Passado	Presente	Futuro
α	0.8	1	0.6
	Importante	Muito Importante	Importância média
β	0.67	1	0.67
	Inclinação média	Inclinação elevada	Inclinação média

Figura 104: Exemplo 1 – parâmetros de pesagem associados aos vetores temporais.

Estes parâmetros são usados para calcular os valores pesados associados a cada um dos elementos dos vetores temporais, para depois proceder à sua agregação. Os valores pesados obtidos encontram-se resumidos na Figura 105.

	Passado	Pesado		Presente	Pesado		Futuro	Pesado
E ₁	0.2301	0.5529	E ₁	0.6342	0.8171	E ₁	0.1531	0.3961
E ₂	0.5270	0.6482	E ₂	0.6660	0.8330	E ₂	0.1576	0.3972
E ₃	0.3912	0.6046	E ₃	0.5591	0.7795	E ₃	0.1052	0.3846
E ₄	0.3321	0.5856	E ₄	0.5946	0.7973	E ₄	0.1588	0.3975
E ₅	0.4073	0.6098	E ₅	0.5055	0.7527	E ₅	0.1122	0.3863

Figura 105: Exemplo 1 – matrizes de avaliação temporal e a comparação com valores pré e pós pesagem.

Com base nos valores pesados obtidos, calculamos $R_{ij} = \frac{L(fu_{ij})}{\sum_{k=1}^n L(fu_{kj})} * ac_{ij}$, obtendo-se os resultados apresentados na Tabela 45.

Tabela 45: Exemplo 1 – preparação dos valores de classificação temporal para o passo de agregação.

Empresa	Passado	Presente	Futuro
E1	0,0720	0,2934	0,0343
E2	0,1818	0,2953	0,0333
E3	0,1337	0,2464	0,0229
E4	0,1092	0,2663	0,0354
E5	0,1420	0,2176	0,0248

Finalmente calculamos $r_i = \sum_{j=1}^3 R_{ij}$, obtendo-se a classificação final dos fornecedores candidatos, conforme se ilustra na Tabela 46.

Tabela 46: Exemplo 1 – classificação final dos fornecedores.

Empresa	Classificação
E1	0,3998
E2	0,5105
E3	0,4030
E4	0,4110
E5	0,3844

Ilustrando novamente para o fornecedor E2, determinamos a sua classificação final, usando uma média pesada, como se ilustra a seguir:

$$\text{SUM}(L(uij)) = 0.6482 + 0,8330 + 0,3972 = 1,8784$$

$$r(E2) = (0,6482/1,8784) * 0,5270 + (0,8330/1,8784) * 0,6660 + (0,3972/1,8784) * 0,1576 = 0.51053 \text{ (classificação final)}$$

6.1.5.6 Classificação e decisão (S6)

Após a ordenação do vetor obtido no passo anterior torna-se claro que o fornecedor E2 é aquele que se configura como a melhor opção para a satisfação da encomenda, conforme se pode observar na Figura 106, que resume os resultados da avaliação. Neste caso as respostas recebidas foram satisfatórias e cumprem com os requisitos definidos inicialmente, pelo que o processo de decisão é concluído.

Passado	Presente	Futuro	Final
Classificação	Classificação	Classificação	Classificação
E ₂ 0.5270	E ₂ 0.6660	E ₄ 0.1588	E ₂ 0.5105
E ₅ 0.4073	E ₁ 0.6342	E ₂ 0.1576	E ₄ 0.4110
E ₃ 0.3912	E ₄ 0.5946	E ₁ 0.1531	E ₃ 0.4030
E ₄ 0.3321	E ₃ 0.5591	E ₅ 0.1122	E ₁ 0.3998
E ₁ 0.2301	E ₅ 0.5055	E ₃ 0.1052	E ₅ 0.3844

Figura 106: Exemplo 1 – comparação de resultados usando vetores ordenados.

6.1.6 Selecionar fornecedor (S7)

Uma vez selecionado o fornecedor, a formalização da encomenda pode ser realizada através dos agentes de software alojados na plataforma, como se descreveu na secção 4.4.4, na página 163.

6.2 Exemplo 2 – Aquisição de produtos

O segundo exemplo baseia-se num cenário industrial, apresentado por Jassbi, Ribeiro e Varela (2013). Os dados são referentes a uma empresa do ramo automóvel, com sede no médio Oriente, que tem relações com diversos fornecedores, possuindo informação histórica sobre os mesmos. Tendo em vista a ilustração da aplicação da abordagem dinâmica, considera-se o cenário caracterizado pela necessidade da empresa em proceder à aquisição de componentes, iniciando um processo de consulta a seis fornecedores, no final do ano de 2011. Adicionalmente, considera-se que as respostas à consulta foram recebidas até à data de 1 de janeiro de 2012. A empresa possui informação histórica sobre a totalidade dos seis fornecedores, abrangendo os anos de 2009, 2010 e 2011. Essa informação histórica pode ser usada em conjunto com a avaliação de especialistas para prever qual o comportamento esperado dos fornecedores para os anos seguintes.

6.2.1 Definir critérios de avaliação (S1)

A avaliação deste conjunto de fornecedores será realizada com base em critérios quantitativos. O preço é um dos critérios de avaliação mais relevantes para a empresa, uma vez que as suas margens comerciais são condicionadas. Por outro lado, e estando sujeita a prazos de entrega rígidos, a empresa considera relevante também avaliar, de forma conjunta, o prazo de entrega e o tempo de preparação necessário para que se iniciem os trabalhos após adjudicação (*lead time*).

A Tabela 47 resume os critérios utilizados para avaliar a situação presente, correspondendo às propostas que foram recebidas dos fornecedores.

Tabela 47: Exemplo 2 – critérios de avaliação para o presente.

Momento	Critério	Descrição
Presente	Custo por Unidade (CPU)	Custo proposto pelo fornecedor para a execução da uma unidade (€).
Presente	Tempo de entrega (TE)	Tempo total para entrega dos produtos encomendados (dias).
Presente	Tempo para preparação encomenda (LT)	Tempo imposto pelo fornecedor, correspondente ao período (em dias) pós-adjudicação após o qual será iniciada a produção.
Presente	Tempo total para entrega (TTE)	Tempo total decorrente entre a adjudicação e a entrega dos produtos (corresponde a TE+LT) a partir da data de adjudicação.

A variedade de produtos no portefólio do fornecedor é igualmente considerada um critério de avaliação relevante, na medida em que a empresa compradora privilegia a existência de um ecossistema de fornecedores estável, capaz de suprir múltiplas das suas necessidades. Por outro lado, a capacidade de produção do fornecedor faz parte do protocolo de negociação, pelo que, no contexto da plataforma proposta no capítulo anterior, é solicitado o fornecimento desta informação a todas as empresas candidatas contactadas pelos agentes de encomenda. A empresa considera relevante privilegiar fornecedores com maior capacidade produtiva, para acomodar eventuais reforços ao nível de unidades encomendadas e para evitar que possíveis atrasos noutros fornecimentos a serem produzidos em paralelo possam interferir negativamente com o prazo referente à proposta em avaliação.

A empresa considera ainda muito importante avaliar o desempenho dos fornecedores ao nível da entrega atempada de encomendas, levando em consideração o seu historial de fornecimentos. Para reforçar penalizações de maus desempenhos passados, considerou-se relevante calcular um fator de penalização por atrasos prévios de encomendas, que foi incluído no conjunto inicial de critérios de avaliação. Igual abordagem será seguida para a avaliação do desempenho passado ao nível da entrega de encomendas sem defeitos, uma vez que estes são indutores de atrasos significativos para correção, condicionando de forma significativa a capacidade de entrega da empresa aos seus clientes finais. A Tabela 48 resume os critérios de avaliação que serão utilizados para avaliação dos dados históricos.

Tabela 48: Exemplo 2 – critérios de avaliação para o passado.

Momento	Critério	Descrição
Passado	Custo praticado no passado (CPP)	Custo praticado pelo fornecedor para fornecimento do produto, nos últimos 12 meses.
Passado	Desempenho na entrega (DPE)	Desempenho prévio do fornecedor ao nível da entrega atempada de encomendas (0-100%)
Passado	Penalização por atrasos (PEA)	Penalização adicional por mau desempenho decorrente de atrasos de entrega.
Passado	Desempenho da qualidade (DPQ)	Desempenho prévio do fornecedor ao nível da entrega de encomendas sem defeitos (0-100%).
Passado	Penalização por defeitos (PED)	Penalização adicional por mau desempenho ao nível da qualidade.
Passado	Capacidade de produção (CPRD)	Capacidade de produção reportada pelo fornecedor para o período passado (média mensal).
Passado	Variedade de produtos (VPP)	Variedade de produtos relevantes presente no portefólio do fornecedor durante o último ano.

A informação do ano seguinte (2012) foi usada para construir a matriz de previsão. Estes valores poderiam ser gerados pela empresa recorrendo a métodos quantitativos (média móvel, média móvel pesada exponencialmente, média móvel autorregressiva, processo autorregressivo e média móvel integrada, filtro de Kalman, suavização exponencial, extrapolação, previsão linear e estimativa de tendências, entre outros) ou à avaliação dos especialistas, complementados pelos membros do seu departamento de compras, que em conjunto poderiam criar projeções dos critérios de avaliação passada (últimos 12 meses) para o ano seguinte, com base na evolução apresentada.

A Tabela 49 resume os critérios que serão utilizados para avaliação previewal.

Tabela 49: Exemplo 2 – critérios de avaliação para o futuro.

Momento	Critério	Descrição
Futuro	Custo unitário estimado (CUE)	Custo unitário estimado de acordo com a evolução de preços do fornecedor.
Futuro	Desempenho na entrega estimado (DPEE)	Desempenho estimado para o fornecedor ao nível da entrega atempada de encomendas (0-100%).
Futuro	Desempenho da qualidade estimado (DPQE)	Desempenho estimado para o fornecedor ao nível da entrega de encomendas sem defeitos (0-100%).
Futuro	Capacidade de produção estimada (CPE)	Capacidade de produção estimada com base na evolução da capacidade reportada.
Futuro	Variedade de produtos estimada (VPPE)	Variedade de produtos estimada para o portefólio do fornecedor.

6.2.2 Preparar informação histórica (S2)

Estando definidos os critérios a utilizar para a avaliação dos fornecedores, iniciamos a recolha dos dados históricos relacionados com os mesmos e as suas interações prévias com a empresa. O critério custo praticado no passado (CPP) é calculado com base na média dos custos praticados pelo fornecedor em 2011. São igualmente analisadas as entregas do fornecedor durante esse período e calculado o desempenho na entrega (DPE), usando a equação 9. Seguidamente é avaliado o rácio de encomendas entregues sem qualquer defeito de qualidade, sendo este utilizado

na equação 10 para calcular a classificação no critério de desempenho da qualidade (DPQ). Os fatores de penalização no atraso da entrega e por incumprimentos ao nível da qualidade são igualmente definidos, com base no histórico de interações com os fornecedores e na sua respetiva evolução, conforme descrito na seção 5.2.2.. A capacidade de produção dos fornecedores durante o ano de 2011 é igualmente avaliada, sendo utilizada a sua média como valor para o critério CPP. Igual análise é feita ao nível da variedade de produtos existentes no portefólio do fornecedor. A Tabela 50 resume a classificação dos fornecedores de acordo com os critérios referidos.

Tabela 50: Exemplo 2 – avaliação histórica dos fornecedores, respeitante ao ano de 2011.

Empresas	Custo praticado (passado)	Desempenho de entrega	Penalização por atrasos	Desempenho da qualidade	Penalização por defeitos	Capacidade de Produção (passado)	Variedade de Produtos (passado)
	CPP	DPE	PEA	DPQ	PED	CPRD	VPP
Empresa 1	424630,00	100%	0	100%	0	24000	4
Empresa 2	403398,50	92%	25	98%	10	14000	5
Empresa 3	433400,00	100%	0	100%	0	26000	4
Empresa 4	411730,00	95%	25	99%	5	16000	5
Empresa 5	403490,00	94%	20	97%	6	15000	3
Empresa 6	395330,00	92%	22	97%	6	12000	3

6.2.3 Preparar informação de suporte a previsões (S3)

Após a recolha dos dados sobre interações passadas é analisada, neste passo, a sua evolução e, com base em métodos quantitativos e/ ou avaliação de especialistas, determinadas as avaliações previsionais para o futuro. Neste exemplo concreto, e uma vez que estão disponíveis dados sobre a operação em 2012, para além do facto de não tendo sido elaboradas previsões para esse ano, optou-se por utilizar os dados efetivos do ano seguinte ao processo de decisão como dados previsionais. Os critérios custo unitário estimado (CUE), desempenho na entrega estimado (DPEE) e desempenho da qualidade estimado (DPQE) podem ser facilmente estimados com base na informação existente e respetiva evolução. Quanto ao critério capacidade de produção estimada, este pode derivar da análise de especialistas, conhecedores da evolução dos fornecedores e da

sua estratégia, para que a mesma seja refletida no processo de avaliação. Por exemplo, a empresa pode ser conhecedora de que o fornecedor está a investir numa nova unidade fabril (ou a aumentar uma existente), o que lhe permitirá aumentar a capacidade produtiva no futuro. Estas circunstâncias não serão naturalmente visíveis se a avaliação se limitar à realização de estimativas com base exclusiva no desempenho do passado. A Tabela 51 resume a classificação dos fornecedores de acordo com os critérios referidos.

Tabela 51: Exemplo 2 – classificação dos fornecedores ao nível da informação previsional.

Empresas	Custo unitário estimado	Desempenho na entrega estimado	Desempenho da qualidade estimado	Capacidade de produção estimada	Variedade de produtos estimada
	CUE	DPEE	DPQE	CPE	VPPE
Empresa 1	456100	95%	100%	30000	5
Empresa 2	433295	98%	98%	18000	6
Empresa 3	482990	100%	100%	31000	5
Empresa 4	442500	98%	100%	18000	5
Empresa 5	427000	95%	99%	20000	3
Empresa 6	424620	95%	99%	18000	4

6.2.4 Submeter RFP/RFQ (S5)

O passo seguinte, após a definição dos critérios de avaliação e da preparação da informação histórica previsional, é efetuar a submissão de um pedido de cotação (RFQ) aos fornecedores selecionados. À semelhança do que foi referido na secção 6.1.4, este passo pode ser realizado usando a plataforma proposta no capítulo 4, sendo comunicado o protocolo de negociação a seguir e os requisitos ou condicionantes a serem observados no contexto do fornecimento (conforme descrito na secção 4.4.6, na página 170).

6.2.5 Avaliar fornecedores (S6)

Uma vez obtidas as respostas dos fornecedores, todos os que reúnam as qualificações necessárias (o conjunto de seis fornecedores consultados neste exemplo) e que tenham aceitado as condicionantes comunicadas são incluídos no processo de avaliação.

6.2.5.1 Criar matrizes de avaliação do passado, presente e futuro (S6)

Na posse da informação necessária para proceder à avaliação do contexto presente dos fornecedores, são aplicados os critérios definidos na secção 6.2.1 para os classificar. A Tabela 52 resume os resultados.

Tabela 52: Exemplo 2 – classificação dos fornecedores de acordo com o contexto presente.

Empresas	Custo por unidade	Tempo de entrega (dias)	Lead Time (dias)	Tempo Total para Entrega (TE+LT)
	CPU	TE	LT	TTE
Empresa 1	364300	100	5	105
Empresa 2	346085	120	5	125
Empresa 3	375600	85	10	95
Empresa 4	356820	75	15	90
Empresa 5	349680	90	10	100
Empresa 6	339160	115	10	125

Uma vez feita a avaliação dos fornecedores no contexto presente, temos as três matrizes de avaliação nos três contextos temporais ilustradas na Figura 107.

	Passado							Presente		Futuro						
	CPP	DPE	PEA	DPQ	PED	CPP	VPP	CPU	TTE	CUE	DPEE	DPQE	CPE	VPPE		
E ₁	424630	100%	0	100%	0	24000	4	E ₁	364300	105	E ₁	456100	95%	100%	30000	5
E ₂	403398.5	92%	25	98%	10	14000	5	E ₂	346085	125	E ₂	433295	98%	98%	18000	6
E ₃	433400	100%	0	100%	0	26000	4	E ₃	375600	95	E ₃	482990	100%	100%	31000	5
E ₄	411730	95%	25	99%	5	16000	5	E ₄	356820	90	E ₄	442500	98%	100%	18000	5
E ₅	403490	94%	20	97%	6	15000	3	E ₅	349680	100	E ₅	427000	95%	99%	20000	3
E ₆	395330	92%	22	97%	6	12000	3	E ₆	339160	125	E ₆	424620	95%	99%	18000	4

Figura 107: Exemplo 2 – matrizes de avaliação do passado, presente e futuro (x_{ij}).

6.2.5.2 Normalizar critérios (S6.2)

Na posse das três matrizes de avaliação, procedemos agora à normalização dos valores. Para cada critério j , o valor de pertinência associado u_{ij} é calculado para cada fornecedor i , usando funções de normalização triangulares para “menos é melhor” (CPP, PEA, PED, CPU, TTE, CUE) e para “mais é melhor” (DPE, DPQ, CPP, VPP, DPEE, DPQE, CPE, VPPE). Usando as equações 1 e 2, obtemos os resultados ilustrados na Figura 108.

	Passado						Presente		Futuro					
	CPP	DPE	PEA	DPQ	PED	CPP	VPP	CPU	TTE	CUE	DPEE	DPQE	CPE	VPPE
E_1	0.2304	1.0000	1.0000	1.0000	0.8571	0.5000	0.3101	0.5714	0.4607	0.0000	1.0000	0.9231	0.6667	
E_2	0.7881	0.0000	0.3333	0.0000	0.1429	1.0000	0.8100	0.0000	0.8514	0.6000	0.0000	0.0000	1.0000	
E_3	0.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	0.5000	0.0000	0.8571	0.0000	1.0000	1.0000	1.0000	0.6667	
E_4	0.5692	0.0000	0.6667	0.5000	0.2857	1.0000	0.5154	1.0000	0.6937	0.6000	1.0000	0.0000	0.6667	
E_5	0.7857	0.2000	0.0000	0.4000	0.2143	0.0000	0.7113	0.7143	0.9592	0.0000	0.5000	0.1538	0.0000	
E_6	1.0000	0.1200	0.0000	0.4000	0.0000	0.0000	1.0000	0.0000	1.0000	0.0000	0.5000	0.0000	0.3333	

Figura 108: Exemplo 2 – resultados da normalização para cada fornecedor e critério selecionados ($\mu(x_{ij})$).

6.2.5.3 Filtrar a incerteza (S6.3)

Após a normalização dos valores de classificação associados aos diversos critérios, o passo seguinte é a filtragem da incerteza. Para cada critério j e fornecedor i , um nível de precisão é definido (α_i), representando o desvio assumido por comparação com o valor efetivo. Adicionalmente, estimamos a confiança w_{ij} , representando a porcentagem de confiança em cada critério.

A Tabela 53 resume os parâmetros de imprecisão e confiança usados para cada um dos critérios de avaliação.

Tabela 53: Exemplo 2 – parâmetros de imprecisão e confiança para cada um dos critérios de avaliação.

Momento	Critério	Confiança	Imprecisão
	j	wc_j	a_j
Passado	CPP	100%	0%
Passado	DPE	85%	2%
Passado	PEA	60%	5%
Passado	DPQ	80%	2%
Passado	PED	60%	5%
Passado	CPP	40%	5%
Passado	VPP	40%	5%
Presente	CPU	100%	0%
Presente	TTE	90%	0%
Futuro	CUE	60%	0%
Futuro	DPEE	40%	2%
Futuro	DPQE	40%	2%
Futuro	CPE	20%	5%
Futuro	VPPE	20%	5%

Apesar de a empresa ter total confiança nalguns critérios, como o CPU, o mesmo não acontece com todos os outros. Por exemplo, a capacidade de produção é um valor partilhado pelos fornecedores ao responder a um RFP/RFQ. A empresa pode considerar que a informação pode ser manipulada pelos fornecedores de forma a serem mais bem classificados no processo de avaliação, pelo que atribui um valor de confiança menos elevado a este critério. O nível de confiança pode assim ser usado pela empresa para diferenciar os critérios de acordo com a qualidade da informação que habitualmente recebe dos seus fornecedores.

Uma vez definida a confiança e precisão associadas aos critérios determinamos se a atitude do decisor é otimista ou pessimista (parâmetro λ), que neste exemplo foi definido como 1 (atitude pessimista). Após este passo, temos reunidos todos os dados necessários para calcular os valores filtrados u_{ij} para todos os fornecedores e critérios. A Tabela 54 resume os valores iniciais de classificação dos fornecedores nos diversos critérios para o passado, incluindo os valores normalizados e também os valores obtidos após filtragem.

Tabela 54: Exemplo 2 – classificação inicial, normalizada e filtrada para todos os fornecedores nos vários critérios (passado).

	Critério	Fornecedor j	Classificação (x_{ij})	Normalizada $\mu(x_{ij})$	Filtrada (u_{ij})
PASSADO	CPP	E1	424630,00	0,2304	0,2304
		E2	403398,50	0,7881	0,7881
		E3	433400,00	0,0000	0,0000
		E4	411730,00	0,5692	0,5692
		E5	403490,00	0,7857	0,7857
		E6	395330,00	1,0000	1,0000
	DPE	E1	100%	1,0000	0,8500
		E2	92%	0,0000	0,0000
		E3	100%	1,0000	0,8500
		E4	95%	0,3750	0,2430
		E5	94%	0,2500	0,1626
		E6	92%	0,0000	0,0000
	PEA	E1	0	1,0000	0,6000
		E2	25	0,0000	0,0000
		E3	0	1,0000	0,6000
		E4	25	0,0000	0,0000
		E5	20	0,2000	0,1152
		E6	22	0,1200	0,0688
	DPQ	E1	100%	1,0000	0,8000
		E2	98%	0,3333	0,0924
		E3	100%	1,0000	0,8000
		E4	99%	0,6667	0,3556
		E5	97%	0,0000	0,0000
		E6	97%	0,0000	0,0000
	PED	E1	0	1,0000	0,6000
		E2	10	0,0000	0,0000
		E3	0	1,0000	0,6000
		E4	5	0,5000	0,2925
		E5	6	0,4000	0,2328
		E6	6	0,4000	0,2328
	CPP	E1	24000	0,8571	0,3135
		E2	14000	0,1429	0,0543
		E3	26000	1,0000	0,4000
		E4	16000	0,2857	0,1078
		E5	15000	0,2143	0,0811
		E6	12000	0,0000	0,0000
	VPP	E1	4	0,5000	0,1800
		E2	5	1,0000	0,4000
		E3	4	0,5000	0,1800
		E4	5	1,0000	0,4000
		E5	3	0,0000	0,0000
		E6	3	0,0000	0,0000

A Tabela 55 resume os valores de classificação dos fornecedores nos diversos critérios para o presente e futuro.

Tabela 55: Exemplo 2 – classificação inicial, normalizada e filtrada para todos os fornecedores (presente e futuro).

PRESENTE	CPU	E1	364300	0,3101	0,3101
		E2	346085	0,8100	0,8100
		E3	375600	0,0000	0,0000
		E4	356820	0,5154	0,5154
		E5	349680	0,7113	0,7113
		E6	339160	1,0000	1,0000
	TTE	E1	105	0,5714	0,5143
		E2	125	0,0000	0,0000
		E3	95	0,8571	0,7714
		E4	90	1,0000	0,9000
		E5	100	0,7143	0,6429
		E6	125	0,0000	0,0000
FUTURO	CUE	E1	456100	0,4607	0,2764
		E2	433295	0,8514	0,5108
		E3	482990	0,0000	0,0000
		E4	442500	0,6937	0,4162
		E5	427000	0,9592	0,5755
		E6	424620	1,0000	0,6000
	DPEE	E1	95%	0,0000	0,0000
		E2	98%	0,6000	0,1459
		E3	100%	1,0000	0,4000
		E4	98%	0,6000	0,1459
		E5	95%	0,0000	0,0000
		E6	95%	0,0000	0,0000
	DPQE	E1	100%	1,0000	0,4000
		E2	98%	0,0000	0,0000
		E3	100%	1,0000	0,4000
		E4	100%	1,0000	0,4000
		E5	99%	0,5000	0,1000
		E6	99%	0,5000	0,1000
	CPE	E1	30000	0,9231	0,1704
		E2	18000	0,0000	0,0000
		E3	31000	1,0000	0,2000
		E4	18000	0,0000	0,0000
		E5	20000	0,1538	0,0284
		E6	18000	0,0000	0,0000
VPPE	E1	5	0,6667	0,1222	
	E2	6	1,0000	0,2000	
	E3	5	0,6667	0,1222	
	E4	5	0,6667	0,1222	
	E5	3	0,0000	0,0000	
	E6	4	0,3333	0,0622	

Uma vez concluído o processo de filtragem obtemos as matrizes atualizadas ilustradas na Figura 109.

Passado							Presente		
	CPP	DPE	PEA	DPQ	PED	CPP	VPP	CPU	TTE
E ₁	0.2304	0.8500	0.6000	0.8000	0.6000	0.3135	0.1800	0.3101	0.5143
E ₂	0.7881	0.0000	0.0000	0.0924	0.0000	0.0543	0.4000	0.8100	0.0000
E ₃	0.0000	0.8500	0.6000	0.8000	0.6000	0.4000	0.1800	0.0000	0.7714
E ₄	0.5692	0.2430	0.0000	0.3556	0.2925	0.1078	0.4000	0.5154	0.9000
E ₅	0.7857	0.1626	0.1152	0.0000	0.2328	0.0811	0.0000	0.7113	0.6429
E ₆	1.0000	0.0000	0.0688	0.0000	0.2328	0.0000	0.0000	1.0000	0.0000

Futuro					
	CUE	DPEE	DPQE	CPE	VPPE
E ₁	0.2764	0.0000	0.4000	0.1704	0.1222
E ₂	0.5108	0.1459	0.0000	0.0000	0.2000
E ₃	0.0000	0.4000	0.4000	0.2000	0.1222
E ₄	0.4162	0.1459	0.4000	0.0000	0.1222
E ₅	0.5755	0.0000	0.1000	0.0284	0.0000
E ₆	0.6000	0.0000	0.1000	0.0000	0.0622

Figura 109: Exemplo 2 – dados filtrados para cada fornecedor e critérios definidos para o passado, presente e futuro (u_i).

6.2.5.4 Aplicar pesos aos critérios (S6.4)

Uma vez normalizados os dados procedemos à fusão dos mesmos. Para que tal seja viável, definimos primeiramente a importância de cada um dos critérios, definindo os valores de α (muito importante: 1; importante: 0.8; medianamente importante: 0.6) e o parâmetro de controlo de declive β (declive elevado: 1; declive médio: 0.67) para cada critério. A atribuição realizada para este exemplo está sumariada na Figura 110.

Passado							Presente		Futuro					
	CPP	DPE	PEA	DPQ	PED	CPP	VPP	CPU	TTE	CUE	DPEE	DPQE	CPE	VPPE
α	1	0,8	0,6	0,8	0,6	0,3	0,3	1	0,8	1	0,8	0,8	0,3	0,3
β	0,67	0,67	0,67	0,67	0,67	0,33	0,33	1	0,67	0,67	0,67	0,67	0,33	0,33

Figura 110: Exemplo 2 – parâmetros de pesagem definidos para os critérios existentes.

Os valores de α e β são utilizados para calcular os valores pesados $L(u_i)$ usando a equação 4, apresentada na secção 5.6, na página 217. A Tabela 56 ilustra os resultados obtidos para o período passado.

Tabela 56: Exemplo 2 – classificações pesadas para todos os fornecedores nos vários critérios (Lu_j) (passado).

	Critério	α	β	Fornecedor j	Filtrada (u_{ij})	Pesada $L(u_{ij})$
PASSADO	CPP	1	0,67	E1	0,2304	0,6912
				E2	0,7881	0,9150
				E3	0,0000	0,5988
				E4	0,5692	0,8272
				E5	0,7857	0,9140
				E6	1,0000	1,0000
	DPE	0,8	0,67	E1	0,8500	0,7519
				E2	0,0000	0,4790
				E3	0,8500	0,7519
				E4	0,2430	0,5570
				E5	0,1626	0,5312
				E6	0,0000	0,4790
	PEA	0,6	0,67	E1	0,6000	0,5037
				E2	0,0000	0,3593
				E3	0,6000	0,5037
				E4	0,0000	0,3593
				E5	0,1152	0,3870
				E6	0,0688	0,3759
	DPQ	0,8	0,67	E1	0,8000	0,7358
				E2	0,0924	0,5087
				E3	0,8000	0,7358
				E4	0,3556	0,5932
				E5	0,0000	0,4790
				E6	0,0000	0,4790
	PED	0,6	0,67	E1	0,6000	0,6716
				E2	0,0000	0,4790
				E3	0,6000	0,6716
				E4	0,2925	0,5729
				E5	0,2328	0,5538
				E6	0,2328	0,5538
	CPP	0,3	0,33	E1	0,3135	0,2489
				E2	0,0543	0,2296
				E3	0,4000	0,2553
				E4	0,1078	0,2336
				E5	0,0811	0,2316
				E6	0,0000	0,2256
	VPP	0,3	0,33	E1	0,1800	0,2390
				E2	0,4000	0,2553
				E3	0,1800	0,2390
				E4	0,4000	0,2553
				E5	0,0000	0,2256
				E6	0,0000	0,2256

A Tabela 57 ilustra os resultados obtidos para o presente e futuro.

Tabela 57: Exemplo 2 – classificações pesadas para todos os fornecedores nos vários critérios (Lu.) (presente e futuro).

PRESENTE	CPU	1	0,8	E1	0,3101	0,6550
				E2	0,8100	0,9050
				E3	0,0000	0,5000
				E4	0,5154	0,7577
				E5	0,7113	0,8557
				E6	1,0000	1,0000
FUTURO	TTE	1	0,67	E1	0,5143	0,6441
				E2	0,0000	0,4790
				E3	0,7714	0,7266
				E4	0,9000	0,7679
				E5	0,6429	0,6854
				E6	0,0000	0,4790
	CUE	1	0,67	E1	0,2764	0,7097
				E2	0,5108	0,8037
				E3	0,0000	0,5988
				E4	0,4162	0,7658
				E5	0,5755	0,8297
				E6	0,6000	0,8395
DPEE	0,8	0,67	E1	0,0000	0,4790	
			E2	0,1459	0,5259	
			E3	0,4000	0,6074	
			E4	0,1459	0,5259	
			E5	0,0000	0,4790	
			E6	0,0000	0,4790	
DPQE	0,8	0,67	E1	0,4000	0,6074	
			E2	0,0000	0,4790	
			E3	0,4000	0,6074	
			E4	0,4000	0,6074	
			E5	0,1000	0,5111	
			E6	0,1000	0,5111	
CPE	0,3	0,33	E1	0,1704	0,2382	
			E2	0,0000	0,2256	
			E3	0,2000	0,2405	
			E4	0,0000	0,2256	
			E5	0,0284	0,2277	
			E6	0,0000	0,2256	
VPPE	0,3	0,33	E1	0,1222	0,2347	
			E2	0,2000	0,2405	
			E3	0,1222	0,2347	
			E4	0,1222	0,2347	
			E5	0,0000	0,2256	
			E6	0,0622	0,2302	

O próximo passo é proceder com a agregação espacial dos resultados, a partir das matrizes ilustradas na Figura 111.

Passado								Presente	
	CPP	DPE	PEA	DPQ	PED	CPP	VPP	CPU	TTE
E ₁	0.0414	0.1663	0.0787	0.1532	0.1049	0.0203	0.0112	0.1564	0.2550
E ₂	0.2235	0.0000	0.0000	0.0146	0.0000	0.0039	0.0317	0.5296	0.0000
E ₃	0.0000	0.1701	0.0805	0.1567	0.1073	0.0272	0.0115	0.0000	0.4570
E ₄	0.1385	0.0398	0.0000	0.0621	0.0493	0.0074	0.0301	0.2560	0.4530
E ₅	0.2162	0.0260	0.0134	0.0000	0.0388	0.0057	0.0000	0.3950	0.2859
E ₆	0.2995	0.000	0.0077	0.0000	0.0386	0.0000	0.0000	0.6761	0.0000

Futuro					
	CUE	DPEE	DPQE	CPE	VPPE
E ₁	0.0865	0.0000	0.1071	0.0179	0.0126
E ₂	0.1805	0.0337	0.0000	0.0000	0.0211
E ₃	0.0000	0.1062	0.1062	0.0210	0.0125
E ₄	0.1351	0.0325	0.1030	0.0000	0.0122
E ₅	0.2101	0.0000	0.0225	0.0028	0.0000
E ₆	0.2204	0.0000	0.0224	0.0000	0.0063

Figura 111: Exemplo 2 – matrizes com dados normalizados, filtrados e pesados, antes da agregação espacial.

Utilizamos depois a equação 5 para agregar os critérios, obtendo um vetor por cada período de avaliação, conforme ilustrado na Figura 112.

Passado	Presente	Futuro
r _i	r _i	r _i
E ₁ [0.5760	E ₁ [0.4113	E ₁ [0.2241
E ₂ 0.2736	E ₂ 0.5296	E ₂ 0.2354
E ₃ 0.5533	E ₃ 0.4570	E ₃ 0.2459
E ₄ 0.3272	E ₄ 0.7090	E ₄ 0.2828
E ₅ 0.3000	E ₅ 0.6809	E ₅ 0.2354
E ₆ 0.3459	E ₆ 0.6761	E ₆ 0.2490

Figura 112: Exemplo 2 – vetores obtidos após a agregação espacial.

6.2.5.5 Agregar resultados (S6.5)

Na posse dos três vetores associados a cada um dos momentos de avaliação, necessitamos agora de proceder à sua fusão. Como se ilustrou no exemplo anterior, o decisor pode definir valores de pesagem α e β para cada vetor temporal, de acordo com relevância que lhe atribui e a estratégia de diferenciação entre valores que deseja implementar. Para este exemplo vamos assumir que o decisor optou por valorizar mais a informação presente ($\alpha=1$ para este período), pretendendo ter elevada diferenciação entre valores de desempenho ($\beta=1$). O momento passado é classificado como importante ($\alpha=0,8$), e as previsões são consideradas de importância média ($\alpha=0,6$). Para o

passado e futuro é usado o parâmetro β com o valor de declive médio (0,67). A Figura 113 resume os parâmetros aplicados.

	Passado	Presente	Futuro
α	0.8	1	0.6
	Importante	Muito Importante	Importância média
β	0.67	1	0.67
	Inclinação média	Inclinação elevada	Inclinação média

Figura 113: Exemplo 2 – parâmetros de pesagem associados aos vetores temporais.

Os parâmetros são depois utilizados para calcular os valores pesados, que estão associados aos critérios pertencentes a cada momento temporal. Obtém-se o resultado apresentado na Figura 114.

Passado	Pesado	Presente	Pesado	Futuro	Pesado			
E ₁	0.5760	0.6639	E ₁	0.4113	0.7057	E ₁	0.2241	0.4132
E ₂	0.2736	0.5669	E ₂	0.5296	0.7648	E ₂	0.2354	0.4159
E ₃	0.5533	0.6566	E ₃	0.4570	0.7285	E ₃	0.2459	0.4185
E ₄	0.3272	0.5841	E ₄	0.7090	0.8545	E ₄	0.2828	0.4273
E ₅	0.3000	0.5753	E ₅	0.6809	0.8404	E ₅	0.2354	0.4159
E ₆	0.3459	0.5901	E ₆	0.6761	0.8381	E ₆	0.2490	0.4192

Figura 114: Exemplo 2 – matrizes de avaliação temporal e a comparação com valores pré e pós pesagem.

Seguidamente, com base nos valores pesados obtidos, calculamos $R_{ij} = \frac{L(fu_{ij})}{\sum_{k=1}^n L(fu_{kj})} *$

ac_{ij} , obtendo-se os resultados apresentados na Tabela 58.

Tabela 58: Exemplo 2 – preparação dos valores de classificação temporal para o passo de agregação.

Empresa	Passado	Presente	Futuro
E1	0,2145	0,1628	0,0519
E2	0,0888	0,2318	0,0560
E3	0,2014	0,1846	0,0570
E4	0,1024	0,3247	0,0648
E5	0,0942	0,3124	0,0535
E6	0,1105	0,3067	0,0565

Obtemos depois a classificação final dos fornecedores calculando $r_i = \sum_{j=1}^3 R_{ij}$, conforme se ilustra na Tabela 59.

Tabela 59: Exemplo 2 – classificação final dos fornecedores.

Empresa	Classificação
E1	0,4293
E2	0,3765
E3	0,4430
E4	0,4919
E5	0,4601
E6	0,4737

6.2.5.6 Classificação e decisão (S6)

Se usássemos apenas informação histórica, a empresa 1 seria a melhor escolha para fornecedor, seguida da empresa 3. Analisando a avaliação previewal, verificamos que a empresa 4 é a que apresenta melhor classificação, seguida da empresa 6. Neste domínio, a empresa 1 é a última classificada. No que concerne à informação presente, a empresa 4 é uma vez mais a melhor classificada, seguida pela empresa 5. A empresa 1 surge num modesto sexto lugar. Assim, e levando em conta a fusão final dos critérios, com os pesos determinados, concluímos que o fornecedor mais adequado será a empresa 4. A Figura 115 ilustra os resultados da avaliação temporal e o vetor agregado de avaliação final.

Passado	Presente	Futuro	Final
Classificação	Classificação	Classificação	Classificação
$E_1 \begin{bmatrix} 0,5760 \\ 0,5533 \\ 0,3459 \\ 0,3272 \\ 0,3000 \\ 0,2736 \end{bmatrix}$	$E_4 \begin{bmatrix} 0,7090 \\ 0,6809 \\ 0,6761 \\ 0,5296 \\ 0,4570 \\ 0,4113 \end{bmatrix}$	$E_4 \begin{bmatrix} 0,2828 \\ 0,2490 \\ 0,2459 \\ 0,2354 \\ 0,2354 \\ 0,2241 \end{bmatrix}$	$E_4 \begin{bmatrix} 0,4919 \\ 0,4737 \\ 0,4601 \\ 0,4430 \\ 0,4293 \\ 0,3765 \end{bmatrix}$

Figura 115: Exemplo 2 – comparação de resultados usando vetores ordenados.

É interessante observar que, se considerássemos só informação presente, a empresa 5 seria a segunda melhor escolha. No entanto, o seu mau desempenho em termos históricos (quinta posição) e as previsões medianas associadas ao seu desempenho futuro (quarta posição) fazem com que na classificação final seja ultrapassada pela empresa 4 e pela empresa 6.

6.2.6 Selecionar fornecedor (S7)

Uma vez selecionado o fornecedor, a formalização da encomenda pode ser realizada através dos agentes de *software* alojados na plataforma, como se descreveu na secção 4.4.6, na página 170.

6.3 Conclusão

Os exemplos apresentados mostram a relevância de se usar conhecimento espacial e temporal como suporte a decisões informadas e robustas, evidenciando a natureza dinâmica do processo de seleção de fornecedores. Processos de tomada de decisão baseados apenas no presente não levarão em conta fatores importantes como a evolução do desempenho dos fornecedores, evidência de desempenhos futuros potenciais. Por outro lado, a avaliação multicritério, suportando a definição de critérios distintos em cada momento temporal, é essencial para que o processo de tomada de decisão seja sustentado e robusto. Finalmente, a filtragem da incerteza, aliada à atribuição individual de pesos, não só aos critérios de avaliação, como aos dados resultados da avaliação temporal, permite refletir no processo dinâmico as preocupações do decisor no que concerne à qualidade da informação e a importância que lhes atribui em cada contexto.

Capítulo 7 – Análise e discussão de resultados

Neste sétimo capítulo é avaliada a capacidade da plataforma proposta para identificar, avaliar e seleccionar o melhor parceiro ou fornecedor, de acordo com o seu desempenho prévio e proposta de valor apresentada, utilizando a abordagem dinâmica proposta no capítulo 5. Serão apresentados os resultados da simulação da aplicação da abordagem de avaliação a cenários baseados nos exemplos descritos no capítulo 6. Descreve-se primeiramente a abordagem realizada ao nível da simulação, sendo descrito o processo através do qual esta foi realizada. Finalmente, discutem-se os resultados obtidos pela aplicação da abordagem dinâmica por comparação a duas abordagens alternativas.

7.1 Introdução

A plataforma proposta suporta a criação, operação e dissolução de redes colaborativas. Um dos seus pilares essenciais é a sua capacidade de decidir quais os melhores parceiros para fundar a rede colaborativa, quais as empresas mais adequadas para integrar as EVs criadas no seu contexto e quais as melhores empresas para concretizar o fornecimento de serviços, materiais, componentes ou produtos necessários para satisfazer os pedidos de encomendas recebidos.

Para avaliar o potencial associado à plataforma optou-se por analisar em que medida a abordagem dinâmica de avaliação, proposta para a mesma, suporta a avaliação e seleção das melhores propostas em cada contexto de fornecimento. Para tal, foram desenvolvidos protótipos de aplicação da abordagem, numa primeira fase incidindo sobre os cenários ilustrativos apresentados no capítulo sexto.

Confirmada a obtenção de bons resultados para esses dois cenários, avançou-se para a criação de um demonstrador da aplicação da abordagem de avaliação. O demonstrador foi desenvolvido de forma a permitir a realização de diversas simulações, de forma interativa. Suporta a geração de múltiplos pedidos de proposta, em sucessivas iterações, submetidos a um conjunto arbitrário de fornecedores, e avaliação das mesmas.

Para permitir a realização de simulações baseadas em cenários realistas, foi assumido como base o cenário descrito na secção 6.2, da página 250. Os fornecedores consultados foram associados a matrizes de classificação do seu perfil, para introduzir uma componente de

aleatoriedade, baseada no desempenho conhecido desses fornecedores e em padrões assumidos para a sua evolução. Este segundo protótipo foi usado para gerar várias simulações, com diferentes parâmetros de configuração, para análise de resultados e avaliação do desempenho do modelo dinâmico. Na secção 7.2 são descritos os protótipos desenvolvidos, sendo igualmente apresentada a abordagem para implementação da simulação. Na secção 7.3 são apresentados os resultados obtidos numa simulação mais alargada.

7.2 Análise de resultados

7.2.1 Prototipagem

A aplicação da abordagem dinâmica foi primeiramente avaliada recorrendo a um protótipo inicial baseado em Microsoft Excel, que foi usado para a configuração e simulação de dois cenários principais: aquisição de serviços e aquisição de produtos, ambos descritos no capítulo 6.

A Figura 116 ilustra o protótipo com os dados referentes ao cenário apresentado na secção 6, da página 222.

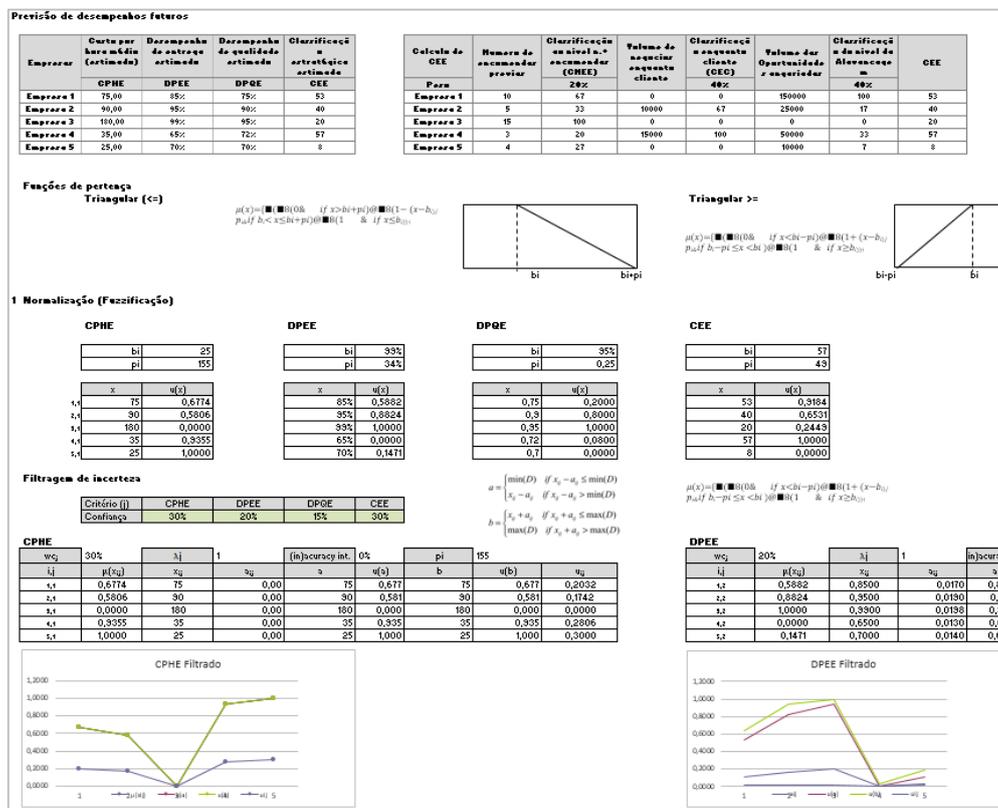


Figura 116: Protótipo de aplicação do modelo dinâmico em excel.

Na Figura 116 é visível o cálculo da classificação estratégica estimada para empresa, critério incluído no conjunto de critérios de avaliação previsional. Igualmente visível está o passo de normalização dos dados através da execução das funções de pertinência triangulares, bem como o passo de filtragem da incerteza, com base nos níveis de confiança ilustrados.

Uma vez validados os resultados destes dois cenários, e de se ter procedido à análise de variantes dos mesmos, foi desenvolvido um segundo protótipo para suporte à simulação do modelo de forma iterativa e interativa. Para facilitar a realização de múltiplas análises e sua visualização por múltiplos intervenientes, o protótipo foi desenvolvido recorrendo a tecnologias web (PHP, Javascript, CSS, HTML) e sobre uma base de dados MySQL, tendo-se centrado na aplicação da abordagem dinâmica. A Figura 117 ilustra o protótipo em execução.

Protótipo
Avaliação Dinâmica de Parceiros e Fornecedores

Início Cenário 1 Cenário 2 Simulação 1 Simulação 2 Simulação 3 Simulação 4

Abordagem Dinâmica

Ilustra-se a aplicação da abordagem dinâmica para seleção e avaliação de fornecedores em dois cenários distintos (aquisição de serviços e aquisição de produtos).
Adicionalmente realizam-se simulações de aplicação com múltiplas iterações, comparando a abordagem dinâmica com a abordagem estática.

[Primeiro exemplo](#)

Cenário de Produtos
Exemplo de aplicação baseado na aquisição de produtos/componentes.
[Executar](#)

Simulação 2
Cenário simulado de consulta usando parâmetros de configuração de fornecedores e um número de repetições configurável.
[Executar](#)

Cenário de Serviços
Exemplo de aplicação baseado na aquisição de serviços de desenvolvimento aplicacional.
[Executar](#)

Simulação 3
Execução de múltiplas interações com diferentes abordagens de avaliação e comparação do custo final resultante.
[Executar](#)

Simulação 1
Cenário simulado de consulta usando parâmetros de configuração de fornecedores.
[Executar](#)

Simulação 4
Execução de simulação prolongada com registo de dados em base de dados, possibilitando a seleção do #iterações e #consultas.
[Executar](#)

Acerca deste protótipo

Este protótipo ilustra a aplicação do modelo dinâmico para avaliação de parceiros e fornecedores.

Está enquadrado no âmbito dos trabalhos de investigação realizados no contexto do doutoramento de Antonio Arrais de Castro, sob orientação de Maria Leonilde Varela, Goran Putnik e Rita Ribeiro.

Universidade do Minho - Departamento de Produção e Sistemas. 2015

Simulação 3

Análise comparativa
Execução de múltiplas interações com diferentes abordagens de avaliação e comparação de resultados.

(C) Universidade do Minho - Departamento de Produção e Sistemas. 2015 aac@arraiscastro.com

Figura 117: Protótipo para simulação de cenários utilizando a abordagem dinâmica e alternativas.

O protótipo suporta a visualização dos principais passos de aplicação da abordagem dinâmica de avaliação a dois cenários, sendo estes derivados dos cenários apresentados no capítulo 6. Adicionalmente, permite a realização de diversos tipos de simulações, implementadas como se descreve nas secções seguintes.

7.2.2 Abordagem à Simulação

Para avaliação do desempenho da abordagem dinâmica de avaliação, optou-se pela realização de simulações da sua aplicação, recorrendo à geração dinâmica de pedidos de proposta e à avaliação das respostas recebidas. A avaliação realizada baseou-se em três abordagens distintas: (1) avaliação dinâmica, contemplando a utilização das matrizes histórica, presente (resultante das propostas recebidas) e previsional; (2) avaliação de informação histórica e presente; (3) avaliação exclusivamente com base nas propostas recebidas.

A simulação realizada baseia-se numa versão simplificada do exemplo apresentado na secção 6.2, na página 250.

Seja n o número de iterações S realizadas. Em cada iteração S são realizadas m simulações da aplicação de diferentes abordagens de avaliação A . Seja A_k a abordagem seguida na iteração i , em que $1 \leq i < n$ e $1 \leq k \leq m$.

Seja R_k o número de vezes que a abordagem k produziu o melhor resultado em todas as iterações realizadas. No final da simulação, a melhor abordagem será aquela para a qual $R_k = \max(R_1, \dots, R_m)$, $1 \leq k \leq m$.

Para cada iteração i , a melhor solução será a correspondente ao menor dos custos resultantes da aplicação das diferentes abordagens A_k . Seja Cl_k o custo resultante da aplicação da abordagem A_k na iteração i .

Em cada iteração i ($1 \leq i < n$) são simulados p pedidos de proposta, sendo os mesmos avaliados no contexto das m abordagens adotadas. O valor de Cl_k corresponde então à soma dos custos calculados pela aplicação da abordagem para cada um dos pedidos de proposta. A melhor solução para a iteração i terá $C_k = \min(C_{i1}, \dots, C_{im})$, $1 \leq k \leq m$

Seja H a matriz com dados históricos de interação com os fornecedores consultados. Com base nestes, e recorrendo a avaliação por parte de especialistas, foi produzida a matriz de previsão F , que projeta no futuro o desempenho dos fornecedores. No contexto da simulação presente,

assume-se que os diversos pedidos de proposta são feitos no mesmo instante referência, pelo que as matrizes H e F se mantêm constantes ao longo da simulação. Em cada pedido de proposta é atualizada a matriz Q , referente aos dados presentes. Serão simuladas múltiplas iterações no mesmo momento referência, e não distribuídas ao longo do tempo. Seja $A_k(Q_i, H, F)$ o resultado da aplicação da abordagem k na iteração i e no pedido de proposta j . Podemos definir $C_{ij}(A_k(Q_i, H, F))$ como o custo associado à adjudicação da proposta Q_{ij} usando a abordagem A_k , para a proposta j na iteração i . Durante a simulação são calculados $n * m * p$ destes custos.

A equação 16 ilustra o processo de cálculo para a aplicação do modelo dinâmico, utilizando as matrizes histórica, presente e futura.

$$\begin{aligned}
 CI_{i1} &= \sum_{j=1}^p C_{ij}(A_1(Q_{ij}, H, F)) & 1 \leq i \leq n \\
 & & 1 \leq j \leq p \\
 & \dots \\
 CI_{im} &= \sum_{j=1}^p C_{ij}(A_m(Q_{ij}, H, F))
 \end{aligned} \tag{16}$$

Cada um dos custos C_{ij} é calculado com base no valor da proposta mais vantajosa, de acordo com a abordagem aplicada, acrescido dos custos potenciais por atrasos na entrega e dos custos potenciais pela ocorrência de defeitos.

Seja w o número de fornecedores consultados em cada pedido de cotações. Para efeitos de ilustração, optou-se por usar o mesmo número de fornecedores em todas as iterações simuladas. No entanto, cada consulta poderá envolver um número distinto de fornecedores, não tendo este número uma influencia direta na aplicação da abordagem dinâmica. Em cada iteração, cada fornecedor irá submeter p propostas, com base nas quais é construída a matriz Q .

Para concretizar o processo de avaliação são considerados diferentes critérios para cada matriz H , Q e F . Considerando que temos h critérios para avaliação de informação histórica, q para avaliação de propostas no presente e f para avaliação de previsões do futuro, temos os vetores de critérios apresentados na equação 17.

$$\begin{aligned}
 CA_1 &= \{CA_{11}, \dots, CA_{1q}\} & 1 \leq q \leq n \\
 CA_2 &= \{CA_{21}, \dots, CA_{2h}\} & 1 \leq h \leq n \\
 CA_3 &= \{CA_{31}, \dots, CA_{3f}\} & 1 \leq f \leq n
 \end{aligned} \tag{17}$$

As matrizes são usadas nas diferentes abordagens de avaliação de acordo com as correspondências apresentadas na Tabela 60.

Tabela 60: Mapeamento entre as matrizes e as abordagens de avaliação.

A	Q	H	F
K=1	$CA_{11} \quad CA_{12} \quad \dots \quad CA_{1j}$ $E_1 \begin{bmatrix} x_{11} & x_{12} & \dots & x_{1j} \end{bmatrix}$ $E_2 \begin{bmatrix} x_{21} & x_{22} & \dots & x_{2j} \end{bmatrix}$ $E_3 \begin{bmatrix} x_{31} & x_{32} & \dots & x_{3j} \end{bmatrix}$ $\dots \begin{bmatrix} \dots & \dots & \ddots & \dots \end{bmatrix}$ $E_q \begin{bmatrix} x_{q1} & x_{q2} & \dots & x_{qj} \end{bmatrix}$	$CA_{21} \quad CA_{22} \quad \dots \quad CA_{2k}$ $E_1 \begin{bmatrix} y_{11} & y_{12} & \dots & y_{1k} \end{bmatrix}$ $E_2 \begin{bmatrix} y_{21} & y_{22} & \dots & y_{2k} \end{bmatrix}$ $E_3 \begin{bmatrix} y_{31} & y_{32} & \dots & y_{3k} \end{bmatrix}$ $\dots \begin{bmatrix} \dots & \dots & \ddots & \dots \end{bmatrix}$ $E_q \begin{bmatrix} y_{q1} & y_{q2} & \dots & y_{qk} \end{bmatrix}$	$CA_{31} \quad CA_{32} \quad \dots \quad CA_{3n}$ $E_1 \begin{bmatrix} z_{11} & z_{12} & \dots & z_{1n} \end{bmatrix}$ $E_2 \begin{bmatrix} z_{21} & z_{22} & \dots & z_{2n} \end{bmatrix}$ $E_3 \begin{bmatrix} z_{31} & z_{32} & \dots & z_{3n} \end{bmatrix}$ $\dots \begin{bmatrix} \dots & \dots & \ddots & \dots \end{bmatrix}$ $E_q \begin{bmatrix} z_{q1} & z_{q2} & \dots & z_{qn} \end{bmatrix}$
K=2	$CA_{11} \quad CA_{12} \quad \dots \quad CA_{1j}$ $E_1 \begin{bmatrix} x_{11} & x_{12} & \dots & x_{1j} \end{bmatrix}$ $E_2 \begin{bmatrix} x_{21} & x_{22} & \dots & x_{2j} \end{bmatrix}$ $E_3 \begin{bmatrix} x_{31} & x_{32} & \dots & x_{3j} \end{bmatrix}$ $\dots \begin{bmatrix} \dots & \dots & \ddots & \dots \end{bmatrix}$ $E_q \begin{bmatrix} x_{q1} & x_{q2} & \dots & x_{qj} \end{bmatrix}$	$CA_{21} \quad CA_{22} \quad \dots \quad CA_{2k}$ $E_1 \begin{bmatrix} y_{11} & y_{12} & \dots & y_{1k} \end{bmatrix}$ $E_2 \begin{bmatrix} y_{21} & y_{22} & \dots & y_{2k} \end{bmatrix}$ $E_3 \begin{bmatrix} y_{31} & y_{32} & \dots & y_{3k} \end{bmatrix}$ $\dots \begin{bmatrix} \dots & \dots & \ddots & \dots \end{bmatrix}$ $E_q \begin{bmatrix} y_{q1} & y_{q2} & \dots & y_{qk} \end{bmatrix}$	
K=3	$CA_{11} \quad CA_{12} \quad \dots \quad CA_{1j}$ $E_1 \begin{bmatrix} x_{11} & x_{12} & \dots & x_{1j} \end{bmatrix}$ $E_2 \begin{bmatrix} x_{21} & x_{22} & \dots & x_{2j} \end{bmatrix}$ $E_3 \begin{bmatrix} x_{31} & x_{32} & \dots & x_{3j} \end{bmatrix}$ $\dots \begin{bmatrix} \dots & \dots & \ddots & \dots \end{bmatrix}$ $E_q \begin{bmatrix} x_{q1} & x_{q2} & \dots & x_{qj} \end{bmatrix}$		

Seja T a ocorrência dum evento caracterizado pela entrega de uma encomenda com atraso por comparação ao prazo de entrega previsto. Considera-se que uma encomenda tem atraso ao nível da entrega quando o número de dias decorridos após o prazo de entrega inicialmente acordado é maior do que zero. Adicionalmente, seja D a ocorrência de um evento de entrega de uma encomenda com uma percentagem de defeitos não nula. Considerando que temos w fornecedores a submeter propostas, cada fornecedor terá a si associada uma probabilidade de ocorrência de atrasos de entrega $P(T)$ e uma probabilidade de ocorrência de defeitos $P(D)$. Ambas podem ser definidas com base no seu desempenho histórico e na avaliação por especialistas. Na iteração i , ao simular uma consulta j , e quando é selecionada como vencedora uma proposta de um fornecedor k , esta conterà a proposta para um valor de custo (V) e um prazo de entrega associado (W) para as unidades (U) que venham a ser encomendadas. De forma complementar, são considerados valores de custo de referência para cada dia de atraso (CT) e por defeitos na entrega (CQ), que podem ser calculados pela empresa com base em informação histórica, complementada pela avaliação por especialistas. A partir destes dados, o custo total associado à consulta (C_{ij}) é calculado usando a equação 18.

$$C_{ij} = V_{ij} + P(T)_k * W_{ij} * CT + P(D)_k * U * CQ \quad 1 \leq i \leq n, \quad 1 \leq j \leq m, \quad 1 \leq k \leq w \quad (18)$$

7.2.3 Implementação da Simulação

Para analisar os resultados obtidos através da aplicação do modelo dinâmico procedeu-se à sua aplicação a um cenário ilustrativo, baseado no exemplo apresentado na seção 6.2, mas pontualmente ajustado para incrementar o potencial ilustrativo do protótipo implementado.

O processo de simulação inicia-se com a sua preparação. A Figura 118 resume os principais passos associados a este processo.

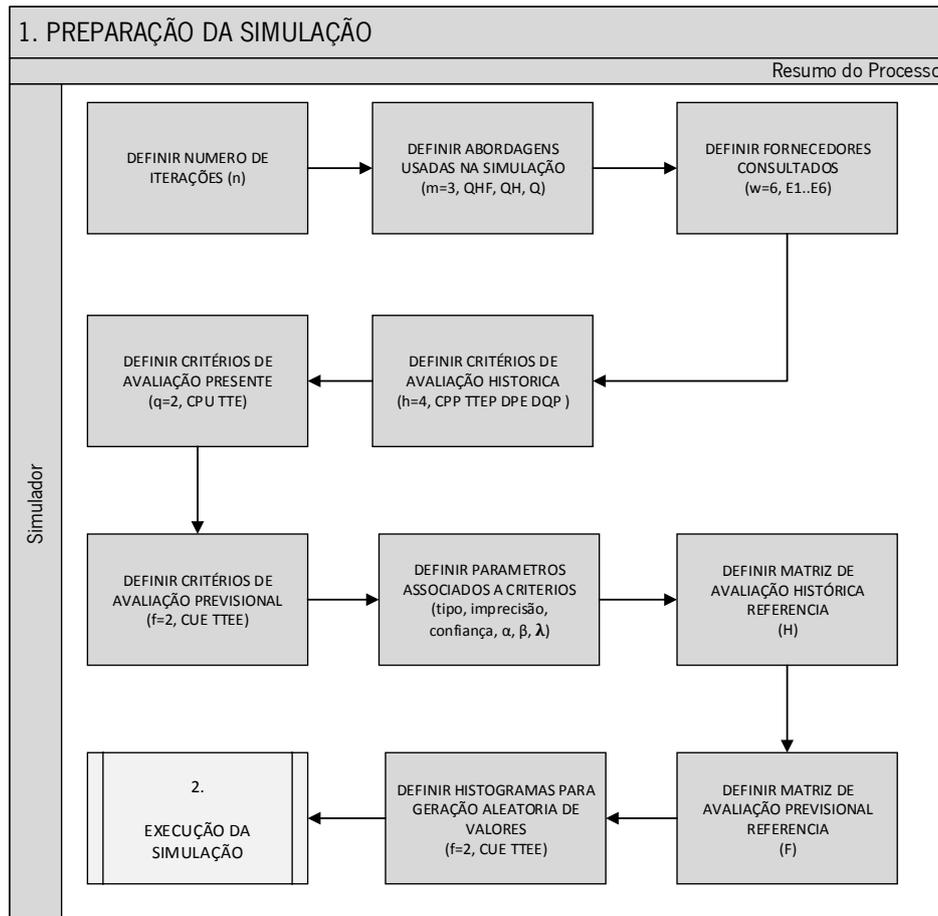


Figura 118: Fluxo de trabalho associado processo de preparação da simulação.

O primeiro conjunto de tarefas do processo de preparação da simulação consiste na definição dos parâmetros que irão condicionar a sua realização. Esse conjunto integra o número de iterações a realizar, o número de consultas a simular por iteração, o conjunto de fornecedores a consultar, o número de critérios de avaliação a utilizar e as abordagens em que os mesmos serão utilizados. Adicionalmente, são configuradas as matrizes de avaliação histórica e previsional associadas, bem como os histogramas usados para simular o comportamento dos fornecedores. A Tabela 61 ilustra os parâmetros escolhidos.

Tabela 61: Parâmetros usados para simulação.

Parâmetro	Significado	Valor
n	Número de iterações	10, 100, 200
m	Número de abordagens utilizadas	3
w	Número de fornecedores consultados	6
h	Número de critérios de avaliação histórica	4
q	Número de critérios de avaliação para o presente	2
f	Número de critérios de avaliação para o futuro	2
p	Número de pedidos de proposta efetuados em cada iteração	10, 20, 50

Seguidamente, é necessário definir os critérios de avaliação histórica, presente e futura. Para tornar a ilustração mais clara ao nível da prototipagem, foi selecionado um conjunto representativo de critérios usados no exemplo da secção 6.2, complementado pelos critérios de avaliação histórica e previsional dos tempos de entrega do fornecedor. Os critérios selecionados estão resumidos na Tabela 62.

Tabela 62: Critérios de avaliação temporal usados para simulação.

Momento	Critério	Descrição
Passado	Custo praticado no passado (CPP)	Custo praticado pelo fornecedor para fornecimento do produto, nos últimos 12 meses.
Passado	Tempo total para entrega (TTEP)	Tempo total decorrente entre a adjudicação e a entrega dos produtos, a partir da data de adjudicação, no passado, para encomendas do mesmo produto.
Passado	Desempenho na entrega (DPE)	Desempenho prévio do fornecedor ao nível da entrega atempada de encomendas (0-100%).
Passado	Desempenho da qualidade (DPQ)	Desempenho prévio do fornecedor ao nível da entrega de encomendas sem defeitos (0-100%).
Presente	Custo por Unidade (CPU)	Custo proposto pelo fornecedor para a execução da uma unidade (€).
Presente	Tempo total para entrega (TTE)	Tempo total decorrente entre a adjudicação e a entrega dos produtos a partir da data de adjudicação.
Futuro	Custo unitário estimado (CUE)	Custo estimado para uma unidade do mesmo produto no futuro, em função da evolução dos preços do fornecedor.
Futuro	Tempo total para entrega (TTEE)	Tempo total de entrega estimado.

Com vista à aplicação do modelo dinâmico, os diversos critérios de avaliação foram mapeados no seu tipo (“maior é melhor” ou “menor é melhor”), imprecisão, nível de confiança. Adicionalmente, foram definidos os valores α e β para cada critério, bem como $\lambda = 1$ (conforme se explica na seção 5.5, na página 215). Os valores utilizados como referência estão representados na Tabela 63.

Tabela 63: Parâmetros associados aos critérios selecionados.

Momento	Critério	Tipo	Imprecisão	Confiança	α	β	λ
Passado	CPP	Menor é melhor	0	100%	1	0.67	1
Passado	TTEP	Menor é melhor	0	90%	0.8	0.67	1
Passado	DPE	Maior é melhor	2%	80%	0.8	0.67	1
Passado	DPQ	Maior é melhor	2%	80%	0.8	0.67	1
Presente	CPU	Menor é melhor	0	100%	1	1	1
Presente	TTE	Menor é melhor	0	100%	0.8	0.67	1
Futuro	CUE	Menor é melhor	5%	80%	0.6	0.67	1
Futuro	TTEE	Menor é melhor	5%	60%	0.6	0.67	1

Para avaliar os critérios utilizados foram usadas as abordagens referenciadas na Tabela 60 (modelo dinâmico com avaliação histórica, presente e previewal; avaliação histórica e presente; avaliação presente exclusivamente). As abordagens requerem a utilização de três, duas e uma matriz de avaliação respectivamente. As matrizes de avaliação histórica e de previsão consideradas para cada um dos momentos de avaliação de propostas estão ilustradas na Figura 119, e foram aplicadas a todas as avaliações realizadas. Na prática considera-se o mesmo momento de referência em todas as repetições de pedido de consulta, realizando-se sucessivas simulações da aplicação das abordagens de avaliação nesse momento, comparando-se depois os resultados obtidos.

	Passado				Futuro	
	CPP	TTEP	DPE	DPQ	CUE	TTEE
E ₁	424630	105%	100%	1	E ₁ 456100	95%
E ₂	403398.5	125%	92%	0.98	E ₂ 433295	98%
E ₃	433400	95%	100%	1	E ₃ 482990	100%
E ₄	411730	90%	95%	0.99	E ₄ 442500	98%
E ₅	403490	100%	94%	0.97	E ₅ 427000	95%
E ₆	395330	125%	92%	0.97	E ₆ 424620	95%

Figura 119: Matrizes de avaliação do passado e futuro (x_{ij}) usadas na simulação.

Cada um dos fornecedores consultados submete uma proposta para o fornecimento de uma unidade do produto, gerando aleatoriamente os valores de custo unitário proposto e tempo total para entrega (correspondendo ao tempo de produção somado ao tempo de preparação de encomenda).

Para suportar a aleatoriedade ao nível da geração das propostas, cada fornecedor foi classificado de acordo com quatro eixos principais: (1) potencial de otimização da entrega, relevando que esforços o fornecedor tem realizado e que desempenho tem tido no sentido de reduzir o tempo de entrega; (2) potencial de evolução de preços, refletindo a tendência observada junto do fornecedor para aumentar, diminuir ou manter os preços que pratica; (3) risco de atraso na entrega, refletindo o desempenho do fornecedor ao nível da entrega e o potencial de serem observados atrasos futuros; (4) risco de defeitos, refletindo a probabilidade de ocorrerem defeitos em entregas futuras.

A classificação dos fornecedores nos eixos mencionados permitiu induzir um comportamento aleatório ao nível das propostas por eles emitidas. Para gerar um novo valor para cada um dos eixos foram usados números aleatórios entre zero e noventa e nove, gerados por computador. Os números aleatórios foram utilizados como chave de entrada para um histograma, que mapeia cada um dos fornecedores nos eixos supra referidos. A Tabela 64 ilustra exemplos de histogramas correspondendo ao formato usado na simulação.

Tabela 64: Histogramas exemplo usados para mapear comportamento dos fornecedores nos eixos de aleatoriedade.

Eixo	Histograma							
	F1	F2	F3	F4	F5	F6	Prob.	
Atraso na entrega	0 – 9	0%	0%	0%	0%	0%	10%	
	10 – 19	0%	2%	0%	0%	2%	2%	10%
		0%	4%	0%	2%	4%	6%	10%
	20 – 29	0%	6%	0%	4%	6%	10%	10%
	30 – 39	0%	8%	0%	6%	8%	14%	10%
	40 – 49	0%	10%	0%	8%	10%	18%	10%
	50 – 59	0%	12%	4%	10%	12%	22%	10%
	60 – 79	2%	14%	4%	12%	14%	26%	10%
	80 – 89	4%	16%	6%	14%	16%	30%	10%
90 – 99	5%	18%	8%	16%	18%	34%	10%	
Ocorrência de defeitos	0 – 19	0%	0%	0%	0%	0%	20%	
	20 – 39	0%	0%	0%	0%	0%	1%	20%
	40 – 59	0%	0%	0%	0%	0%	2%	20%
	60 – 79	0%	2%	0%	0%	2%	3%	20%
	80 – 99	0%	6%	8%	8%	4%	5%	20%
Otimização da entrega	0 – 29	0%	0%	0%	0%	0%	0%	30%
	30 – 59	2%	0%	2%	0%	0%	0%	30%
	60 – 79	4%	0%	4%	1%	0%	0%	20%
	80 – 99	6%	1%	6%	2%	0%	1%	20%
Evolução de preços	0 – 49	0%	0%	0%	0%	0%	0%	50%
	50 – 99	5%	2%	8%	2%	5%	1%	50%

Para ilustrar, assumamos que o fornecedor 6 foi o vencedor de uma consulta. Para avaliar o custo total da solução (C_{ij}), é necessário levar em conta o valor proposto pelo fornecedor V_{ij} , bem como o custo devido a atrasos potenciais e o custo devido a defeitos que possam vir a ocorrer, de acordo com a equação $C_{ij} = V_{ij} + P(T)_k * W_{ij} * CT + P(D)_k * U * CQ$. Para o fazer, é gerado um número aleatório entre zero e noventa e nove. Suponhamos que o número gerado é o 83. De acordo com a matriz associada ao eixo de atraso na entrega, existe a probabilidade de o fornecedor se atrasar entre 26% e 30% do prazo de entrega. Seguidamente, geramos um novo número aleatório, entre 26 e 30, obtendo a percentagem de atraso que será aplicada para efeitos de contabilização de custo. Para cálculo dos valores finais, foi considerado um valor referência de 500€ de custo por cada dia de atraso na entrega numa unidade do produto, e 650€ valor para 1% de defeitos evidenciados numa encomenda referência. Ambos os parâmetros podem ser ajustados no protótipo implementado, de forma interativa.

Para gerar uma nova proposta de um fornecedor é usado um método semelhante. Primeiramente é gerado um número aleatório que é usado como chave na tabela de evolução de

preços associada ao fornecedor. Uma vez obtido o intervalo percentual aplicável, é gerado um novo número aleatório nesse intervalo, que é aplicado à média dos custos praticados pelo fornecedor ao longo dos últimos doze meses (registo histórico), obtendo-se assim o preço associado à nova proposta. Seguidamente, repete-se o processo para o tempo de entrega. O algoritmo utilizado encontra-se ilustrado na Figura 120.

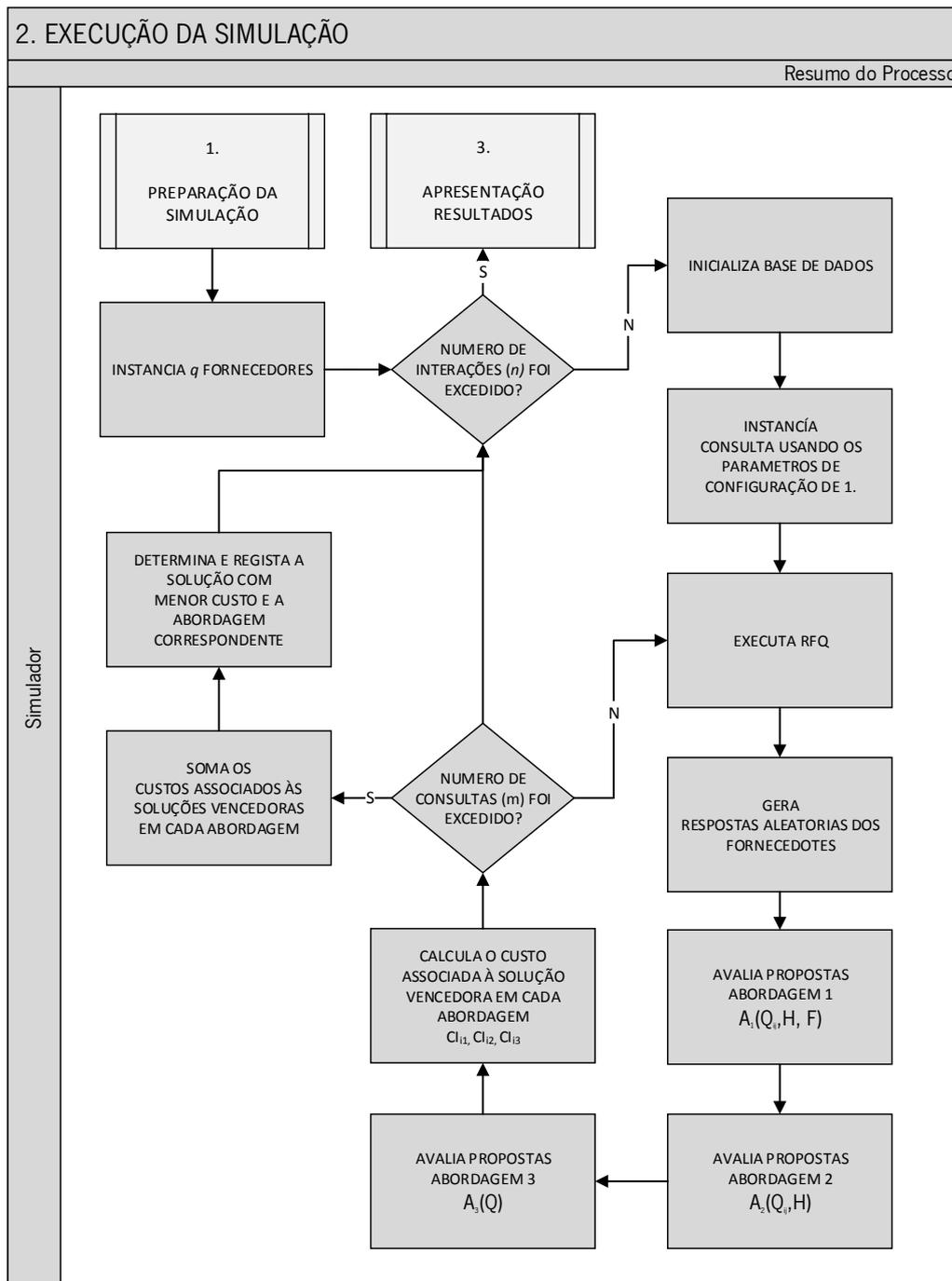


Figura 120: Fluxo de trabalho associado processo de execução da simulação.

A apresentação dos dados é feita promovendo a visualização dos mesmos com a identificação de quais foram as abordagens que produziram os melhores resultados em cada iteração. O protótipo realizado permite a visualização de resultados com diferentes níveis de detalhe. A Figura 121 ilustra a visualização do resultado da simulação ao fim de 20 iterações, cada uma das quais contemplando a avaliação de 20 propostas de cada um dos 6 fornecedores analisados. Para cada iteração foram somados os custos gerados por cada uma das abordagens em função das escolhas por elas promovidas, tendo em conta o perfil associado aos fornecedores no que concerne à ocorrência de falhas ou atrasos. Ao gerar a tabela de resultados, o protótipo apresenta a verde e com texto sublinhado os custos mais baixos (correspondentes à melhor solução), e a vermelho os custos mais elevados. Por exemplo, a Figura 121 ilustra uma simulação em que a abordagem dinâmica (HPF) produziu os melhores resultados na totalidade das iterações para o cenário em estudo, por comparação com as restantes abordagens alternativas.

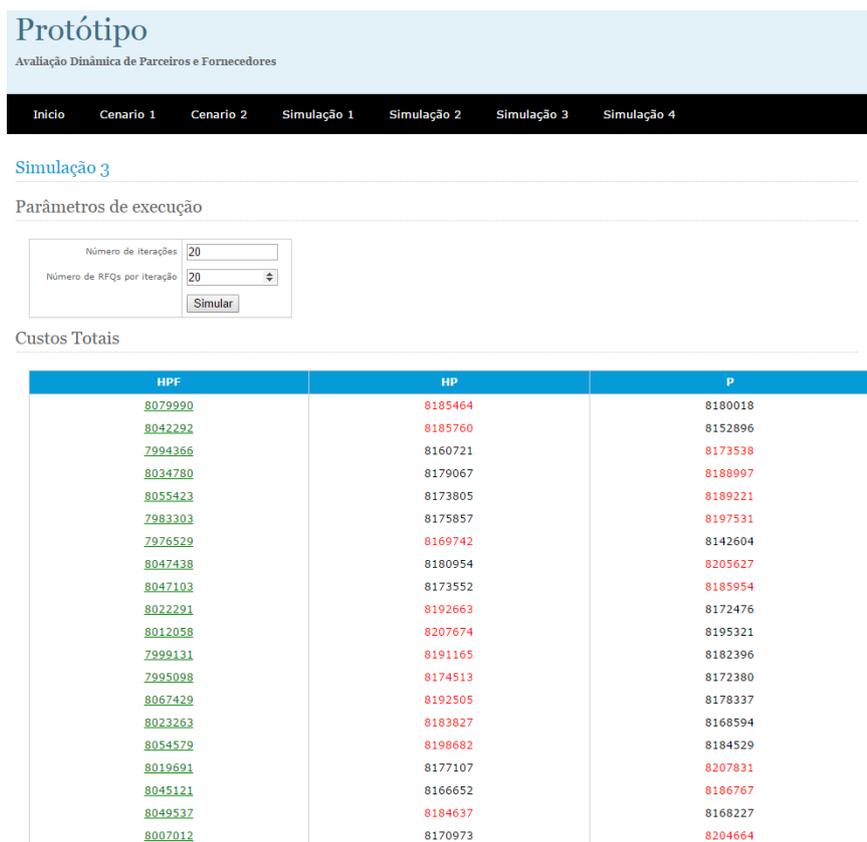


Figura 121: Visualização de resultados da simulação.

O protótipo permite alternativamente visualizar os resultados do processo de simulação de forma detalhada. Possibilita, desta forma, o seguimento do processo de avaliação das propostas vencedoras em cada uma das abordagens em análise, e consulta dos respetivos custos totais. A ilustra o resultado para um cenário de 10 consultas, com diferentes fornecedores a serem selecionados em função da abordagem de avaliação utilizada. No cenário ilustrado, e utilizando a abordagem dinâmica para a avaliação dos fornecedores, o fornecedor 6 foi aquele que apresentou a melhor proposta em 5 das 10 iterações realizadas.

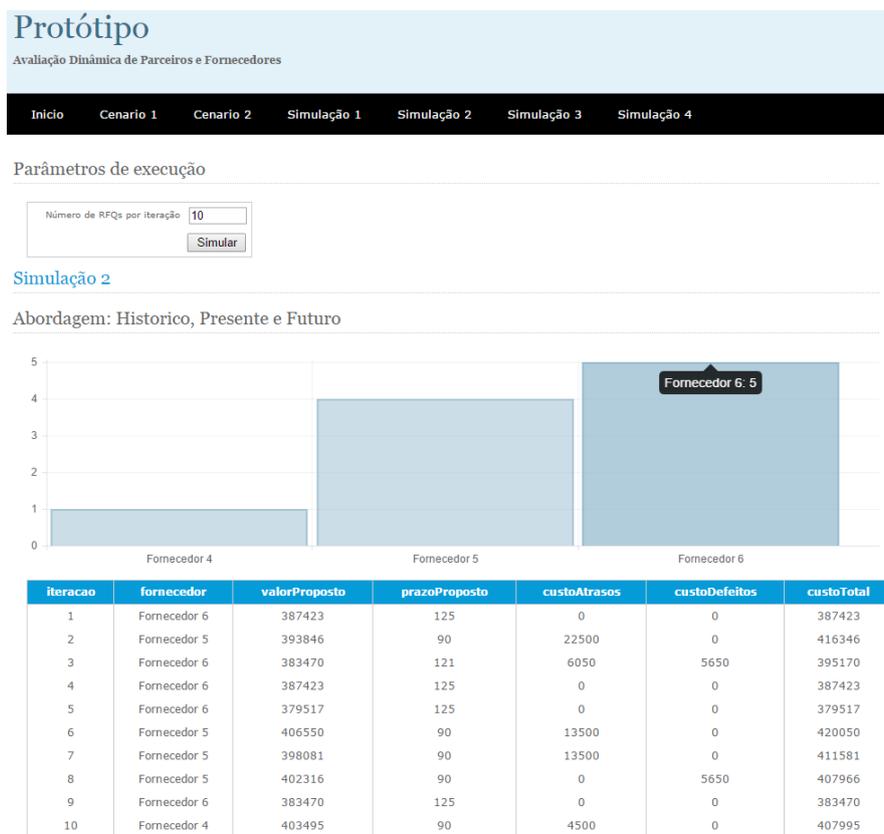


Figura 122: Visualização dos resultados para a abordagem dinâmica aplicada a um conjunto de 10 consultas.

Contrariamente, ao utilizar a avaliação baseada na matriz histórica e presente, temos resultados muito diferentes, sendo o fornecedor 4 o melhor posicionado, ao obter a melhor classificação em 6 das 10 consultas realizadas, como se ilustra na Figura 123.

Abordagem: Historico e Presente

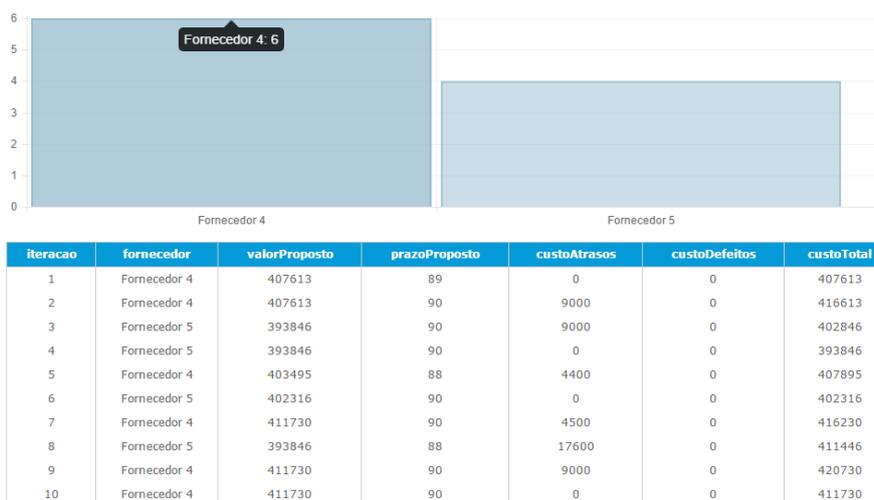


Figura 123: Visualização dos resultados de avaliação baseada na matriz histórica e presente.

O somatório do custo total associado às propostas selecionadas através da aplicação da abordagem dinâmica é inferior aos somatórios obtidos para as abordagens alternativas, como se pode visualizar na Figura 124.

Custos Totais

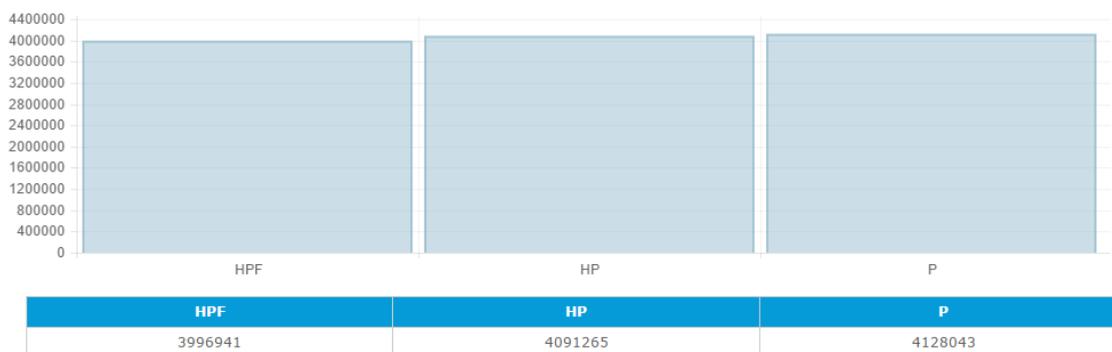


Figura 124: Visualização dos custos totais associados à adjudicação das propostas aos vencedores em cada uma das abordagens.

Por outro lado, foi criado um modo de visualização detalhado, para possibilitar o acompanhamento das propostas geradas, respetiva classificação final ordenada usando o modelo dinâmico de avaliação, e os detalhes associados à proposta vencedora, incluindo os valores previstos de custo por atrasos na entrega, custos por defeitos na entrega e custo total. A Figura 125 ilustra duas propostas geradas aleatoriamente com base nos histogramas associados aos fornecedores, respetiva classificação final ordenada e qual a proposta considerada vencedora.

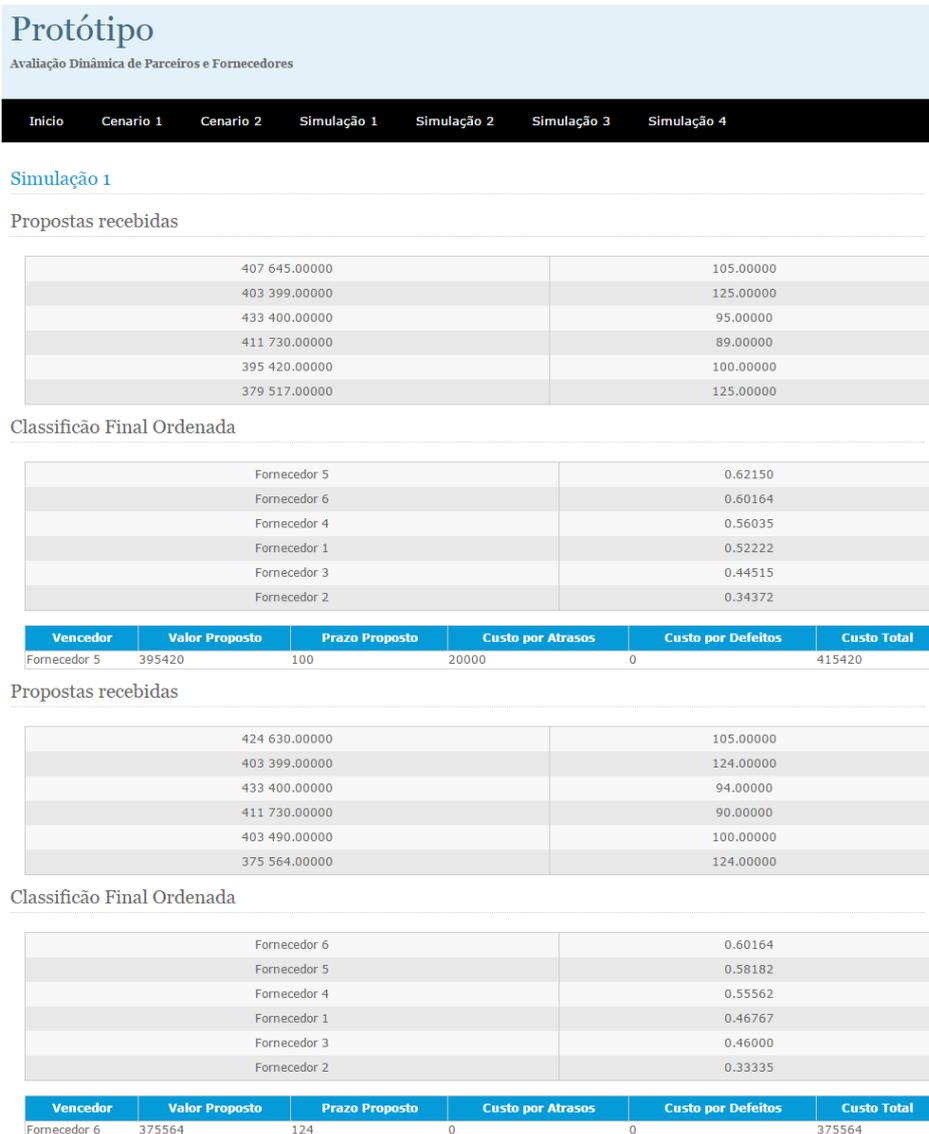


Figura 125: Visualização detalhada dos resultados de simulação usando a abordagem dinâmica de avaliação.

Da figura resulta claro que o fornecedor 6 se revelou como proponente melhor classificado na primeira consulta, com uma classificação final de 0.59855 após a aplicação da abordagem dinâmica. Na segunda consulta, as propostas geradas aleatoriamente ditaram novamente a seleção do fornecedor 6, com a classificação final de 0.70294.

De uma forma complementar, e para permitir a análise detalhada do processo de simulação, o protótipo elaborado permite a visualização de todos os passos da aplicação do modelo dinâmico para os cenários de aquisição de serviços e de aquisição de produtos, apresentados no capítulo 6. A Figura 126 ilustra a aplicação da abordagem dinâmica de avaliação ao cenário de aquisição de serviços.

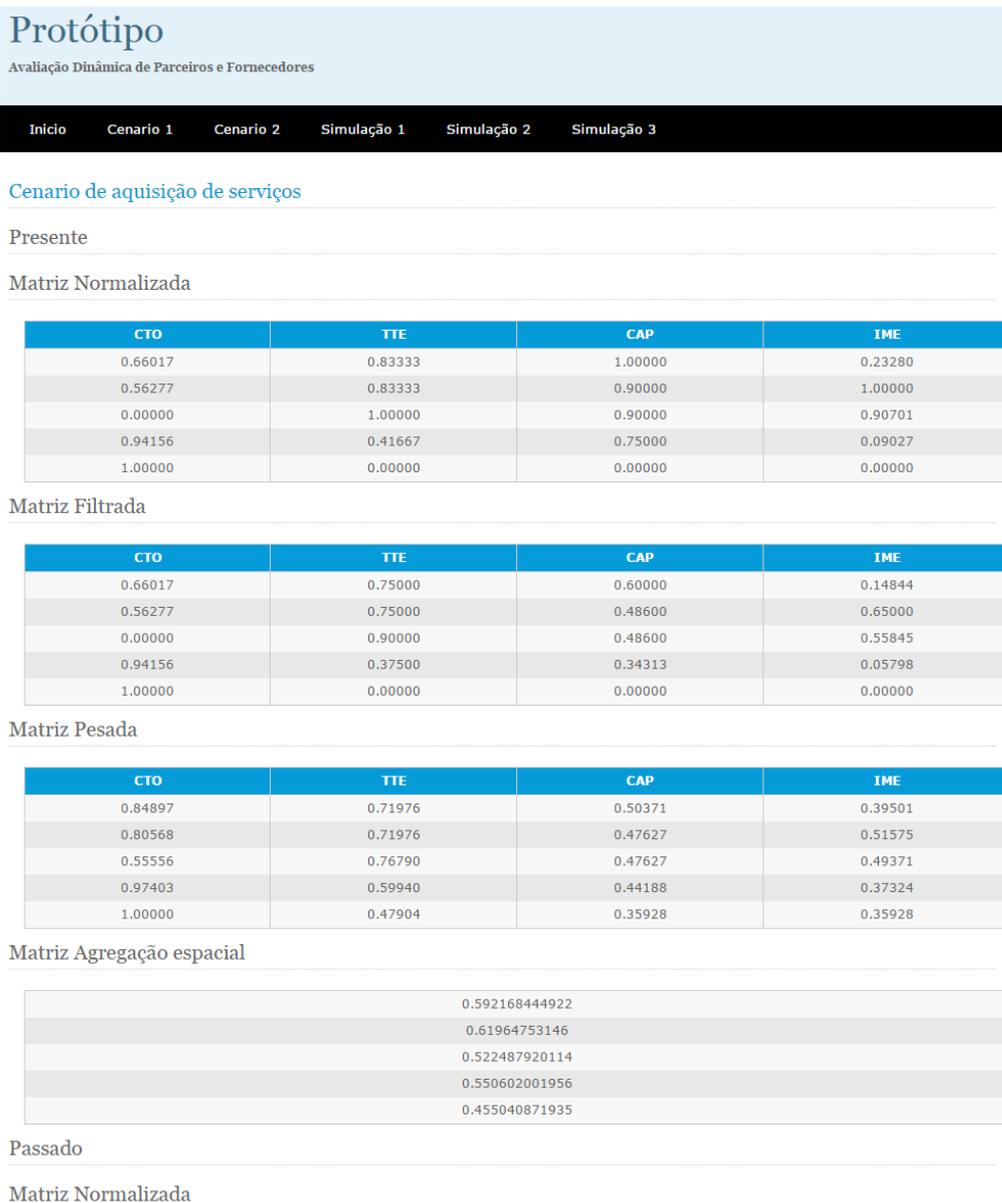


Figura 126: Visualização dos detalhes associados à aplicação da abordagem dinâmica para o cenário de aquisição de serviços.

Finalmente, o protótipo disponibiliza um modo adicional de simulação, com vista a facilitar a geração de um elevado número de registos, e sua posterior análise. Suportando a definição do número de iterações (n) e de consultas (m), estando as mesmas associadas a 6 fornecedores referência, o protótipo irá gerar $n * m * 6$ propostas aleatórias e proceder à sua avaliação usando cada uma das três abordagens anteriormente referidas. Uma vez concluída a avaliação, seleciona a proposta mais vantajosa, levando em conta o perfil do fornecedor (no que concerne à sua propensão para entregar encomendas com atraso ou com defeitos), e os custos daí inerentes de forma complementar ao custo base proposto. No final mostra um gráfico comparativo do desempenho das três abordagens utilizadas.

A Figura 127 ilustra a execução desta simulação para 100 iterações, cada uma das quais com 20 pedidos de proposta (traduzindo-se num total de 2000 consultas, que geraram 12000 propostas, tendo estas sido avaliadas no contexto de cada uma das três abordagens em estudo, traduzindo-se num total de 36000 avaliações). De acordo com os perfis definidos, a abordagem HPF foi a única a gerar a melhor solução em 1071 das consultas. Em 1808 dos casos chegou à melhor solução em conjunto com uma ou ambas as abordagens alternativas.

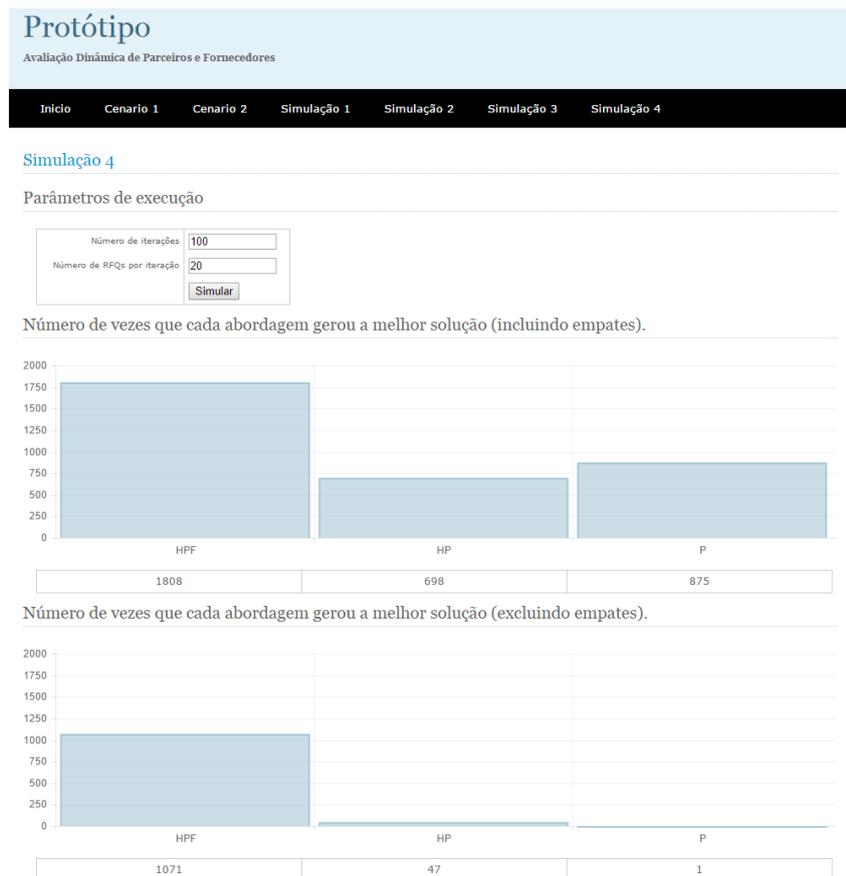


Figura 127: Visualização dos resultados finais do processo de avaliação para 2000 consultas e 12000 propostas analisadas.

Os diversos registos de resultados de execução foram persistidos em bases de dados, possibilitando a sua consulta e exportação para análise suplementar em ferramentas externas como o SPSS e o Microsoft Excel.

7.3 Discussão de resultados

Com o objetivo de analisar os resultados da aplicação da abordagem dinâmica, foram realizadas diversas simulações usando o protótipo desenvolvido, tendo-se procedido à análise dos resultados usando os modos de visualização implementados, bem como através da exportação de dados para análise em ferramentas externas, incluindo o Microsoft Excel e o SPSS.

Avaliação da primeira hipótese de avaliação

A primeira hipótese definida para o projecto de investigação é: *“a utilização de uma plataforma baseada em agentes de software e em recursos baseados na nuvem, pode suportar de forma completa o ciclo de vida de redes colaborativas e organizações virtuais.”*

A hipótese nula associada é *“a utilização de uma plataforma baseada em agentes de software satisfaz menos que 100% dos principais requisitos identificados como essenciais para suportar o ciclo de vida de redes colaborativas e organizações virtuais.”*

Teste da primeira hipótese

A primeira hipótese foi provada pelo suporte integral proporcionado pela tecnologia baseada em agentes de *software* à especificação funcional da plataforma de suporte às redes colaborativas apresentada no capítulo quarto. Como foi exposto no capítulo terceiro, os sistemas multiagente reúnem características singulares que os tornam particularmente adequados para soluções distribuídas. Na Tabela 65 resumem-se os processos relacionados com o ciclo de vida das redes colaborativas e o nível de adequação tecnológico proporcionado pelos sistemas multiagente. O nível de compatibilidade foi avaliado usando a seguinte classificação: • (suportado, requerendo tecnologias complementares); •• (suportado autonomamente, sem necessidade de recurso a tecnologias complementares); ••• (nativamente suportado pela tecnologia e pelas suas características intrínsecas).

Tabela 65: Nivel de adequação da tecnologia de agentes de software aos processos associados a CNOs.

Num.	Processo	Suporte tecnológico
1	Identificação da oportunidade semente	• A plataforma multiagente será instanciada após a identificação da oportunidade semente, que será a gênese da rede colaborativa.
2	Instanciação da plataforma	• Um interface inicial baseado na web permitirá instanciar a plataforma base que alojará as comunidades de agentes que suportarão a sua operação.
3	Avaliação e seleção de parceiros	••• A avaliação e seleção de parceiros potenciais poderão ser feitas recorrendo a agentes de <i>software</i> que representem cada uma das empresas candidatas, pelo que a compatibilidade tecnológica é elevada.
4	Fundação da comunidade virtual/CNO	•• A fundação da rede colaborativa pressupõe a instanciação das comunidades de agentes que a suportam, ficando estas disponíveis para suportar a sua operação.
5.	Operação	
5.1	Identificação de oportunidade de negócio na rede	•• A identificação e captura de oportunidades de negócio podem ser suportadas por agentes de <i>software</i> , sendo estes particularmente adequados para cenários em que as oportunidades são anunciadas, respondendo as empresas interessadas através dos agentes que as representam.
5.2	Avaliação e seleção de parceiros	•• Os agentes de <i>software</i> podem interagir no contexto da identificação e avaliação de parceiros potenciais, trocando informações sobre oportunidades e requisitos associados, com vista à criação de empresas virtuais que as possam explorar.
5.3	Criação de empresa virtual	••• A criação da empresa virtual no contexto da rede colaborativa consiste na coordenação de agentes de <i>software</i> que representam as empresas envolvidas, na atribuição dos papéis associados, e na interação no seu contexto.
5.4	Consulta e negociação	••• Agentes com perfis de operação distintos e bem definidos suportarão, com elevada autonomia, o anúncio dos requisitos associados a um processo de consulta, a solicitação de cotações, a emissão das respostas associadas, a avaliação dessas mesmas respostas e a seleção das propostas vencedoras, como se propõe na plataforma descrita no capítulo 4.
5.5	Atribuição e processamento de encomenda	••• As interações respeitantes à formalização duma encomenda são suportadas por agentes de <i>software</i> , incluindo a possível integração com sistemas externos para emissão de documentos associados.
5.6	Dissolução da empresa virtual	•• O processo de dissolução da empresa virtual é compatível com a arquitetura dos sistemas multiagente, sendo que, mesmo após a dissolução da EV, as empresas se mantêm membros integrantes da rede colaborativa, podendo fazer parte de outras EVs que venham a ser criadas no seu contexto.
6	Dissolução da rede colaborativa	• A dissolução da rede colaborativa pressupõe o término das comunidades de agentes que suportam a operação da rede colaborativa, não apresentado incompatibilidades com este tipo de tecnologia. O arquivo persistente dos dados pode ser feito em repositórios externos, que podem perdurar para além do ciclo de vida da rede e das comunidades de agentes associadas.

A tecnologia baseada em agentes de *software* não só se revela compatível com os processos associados às redes colaborativas, como apresenta também algumas características que a tornam particularmente adequada para este cenário de utilização. Consideremos quatro formas distintas de implementar um sistema de suporte a redes colaborativas empresariais, conforme se descreve na Tabela 66.

Tabela 66: Abordagens tecnológicas e seu mapeamento nos requisitos associados à plataforma proposta.

Cenário Tecnológico	Descrição
Aplicações nativas	Utilização de <i>software</i> nativo no contexto dos sistemas operativos utilizados. Cada uma das empresas participantes teria que instalar <i>software</i> específico na sua rede interna. As aplicações instaladas teriam comunicar com as aplicações disponíveis noutras empresas que integrem a rede.
Plataforma baseada na Web	Plataforma assente em aplicações disponibilizadas na Internet a partir de servidores Web, operando com os protocolos <i>http</i> e <i>https</i> . Servidores web centrais implementam canais de comunicação entre as empresas participantes (clientes <i>http</i>), que comunicam através dos mesmos.
Plataforma baseada em microserviços web	Plataforma baseada em serviços Web, distribuídos por várias máquinas. Cada serviço assume competências próprias no contexto do sistema, sendo estes serviços consumidos através de <i>http/https/smtp</i> , usando as tecnologias SOAP/REST para comunicação, e XML/JSON para estruturação de mensagens.
Plataforma multiagente	Plataforma com a arquitetura definida no capítulo 4, baseada em agentes de <i>software</i> .

Analisemos o nível de adequação de cada uma destas abordagens tecnológicas no que concerne à satisfação dos requisitos enumerados na Tabela 21, na página 144, a fim de avaliar o seu nível de satisfação. Para tal podemos usar a escala ordinal ilustrada na Tabela 67 (na qual UT significa Unidade Temporal, sendo para este exemplo assumido o valor de 1 dia útil).

Tabela 67: Escala ordinal usada para avaliação das alternativas tecnológicas exemplificativas.

Simbolo	Nível de satisfação	Descrição
-	Não é possível satisfazer	Tecnologicamente incompatível
•	Difícilmente satisfeito.	Possível satisfação, recorrendo investimento temporal elevado (>1 UT) por parte de especialistas
••	Facilmente satisfeito.	Satisfação facilitada, recorrendo investimento temporal muito reduzido (<=1 UT) por parte de especialistas
•••	Nativamente satisfeito.	Satisfeito pela natureza da tecnologia, sem investimento de adequação necessário.

Em função das características das tecnologias usadas em cada uma das abordagens, podemos inferir diferentes níveis de adequação, dependendo do nível de esforço necessário para a implementação da solução que satisfaça os requisitos propostos, conforme se resume na Tabela 68.

Tabela 68: Avaliação do nível de satisfação dos requisitos por parte das alternativas tecnológicas.

Requisito	Aplicações nativas	Plataforma baseada na Web	Plataforma Web baseada em microserviços	Plataforma multiagente, usando serviços cloud e locais
Escalabilidade	•	••	•••	•••
Capacidade de reconfiguração	•	••	•••	•••
Agilidade	•	•••	•••	•••
Transparência	••	•••	•••	•••
Encapsulamento	•	••	•••	•••
Flexibilidade	•••	•••	•••	•••
Robustez	••	••	••	••
Ubiquidade	••	•••	••	••

Da análise realizada conclui-se que uma plataforma baseada em agentes de *software* e em recursos baseados na nuvem pode satisfazer os requisitos associados ao suporte do ciclo de vida de redes colaborativas e organizações virtuais, não sendo identificadas incompatibilidades tecnológicas ou baixos níveis de satisfação de requisitos que motivassem investimento temporal elevado por parte de um especialista.

Segunda hipótese em avaliação

A investigação realizada promove a abordagem dinâmica de avaliação como resposta à questão de investigação inicialmente delineada: *“Que abordagem de avaliação permitirá às empresas constituintes de uma organização virtual escolher as melhores propostas, em cada altura, levando em conta as necessidades intrínsecas relacionadas com uma oportunidade de negócio e o desempenho dos fornecedores conhecidos?”*

Importa avaliar a hipótese central associada, inicialmente definida como *“a utilização de um modelo dinâmico de avaliação de parceiros e fornecedores, levando em consideração informação histórica, presente e previewal, por comparação a abordagens alternativas não dinâmicas, suporta tomadas de decisão economicamente mais vantajosas, considerando o seu perfil, os riscos de atrasos e de falta de qualidade associados, e o desempenho dos mesmos a esse nível.”*

Face à investigação realizada, e à evolução do projeto de investigação, a hipótese pode ser atualizada para:

“A abordagem dinâmica, contemplando a avaliação do desempenho histórico, presente e previewal em relação ao futuro de cada fornecedor gera soluções economicamente mais vantajosas do que as abordagens (1) baseada em informação histórica e no presente e (2) baseada na informação presente, derivada das propostas recebidas, para um cenário caracterizado pela consulta a múltiplos fornecedores, dos quais se possui informação histórica, e que se baseiam em diferentes perfis no que concerne ao seu potencial de atraso na entrega ou da entrega com defeitos.”

A hipótese nula inicialmente definida é *“os custos associados a uma tomada de decisão assente no modelo dinâmico são superiores aos custos associados à avaliação baseada no presente”*.

Teste da segunda hipótese

Para avaliar o desempenho da abordagem dinâmica com avaliação das matrizes histórica, presente e futura foram realizados um conjunto de simulações de pedidos de consulta e sua avaliação, perfazendo entre um total de 2100 iterações, cada uma das quais com 10 consultas associadas, resultando em 21000 comparações de resultados das três abordagens de avaliação, sendo para tal realizadas um total de 126000 avaliações de propostas, sendo estas geradas aleatoriamente com base nos perfis definidos para os fornecedores. Optou-se por simular a consulta a seis fornecedores.

Para realizar a configuração do perfil dos mesmos, foram usados os histogramas referenciados na Tabela 64, na página 277, usados para calcular (1) o custo unitário proposto pelo fornecedor a cada nova consulta, (2) o prazo de entrega associado, (3) a probabilidade de ocorrerem atrasos na entrega e (4) a probabilidade de ocorrerem defeitos na entrega. Foram usados valores de referência para custos por dia de atraso na entrega e custo estimado por cada 1% de defeito nas unidades entregues.

Foram usadas as três abordagens de avaliação referenciadas anteriormente (avaliação dinâmica com matrizes histórica, presente e previewal; avaliação de informação histórica e presente; avaliação exclusivamente com base nas propostas recebidas).

Como referido, foi utilizado um número fixo de consultas por iteração (10), sendo que as 2100 iterações foram realizadas em blocos com dimensão crescente (dimensão = $10x$, em que x é inteiro e $1 \leq x \leq 20$).

A Tabela 69 ilustra o número de propostas avaliadas em cada cenário.

Tabela 69: Número de avaliações realizadas durante a simulação da hipótese 1.

Iterações	Consultas	Comparações entre abordagens	Avaliações
10	10	100	600
20	10	200	1200
30	10	300	1800
40	10	400	2400
50	10	500	3000
60	10	600	3600
70	10	700	4200
80	10	800	4800
90	10	900	5400
100	10	1000	6000
110	10	1100	6600
120	10	1200	7200
130	10	1300	7800
140	10	1400	8400
150	10	1500	9000
160	10	1600	9600
170	10	1700	10200
180	10	1800	10800
190	10	1900	11400
200	10	2000	12000

No que concerne à modelação do comportamento dos fornecedores, foram identificados os perfis descritos na Tabela 70.

Tabela 70: Definição dos perfis dos fornecedores usados na simulação.

Fornecedor	Descrição
1	Empresa com registo exemplar a nível da entrega atempada, sem registo de defeitos em anos anteriores. Tem vindo a fazer investimentos no processo produtivo, tendo vindo a propor, de forma crescente, prazos de entrega mais curtos. Estima-se que nas novas encomendas, durante este ano, o prazo possa ser reduzido em até 6%. No entanto, e face ao risco envolvido ao nível da implementação do novo processo produtivo, estima-se que as otimizações possam ser concretizadas em 95% das entregas. Os preços que propõe têm vindo a sofrer ligeiras atualizações, prevendo-se que este ano possam aumentar até 5%, prevendo-se que no próximo ano o aumento atinja 9.3%.
2	Empresa com registos prévios de atrasos em algumas encomendas (DPE de 92%) entregou algumas encomendas com defeitos (DPQ de 98%). Apresenta-se competitiva em termos de preços, prevendo-se que esta postura se mantenha este ano, pelo que os seus preços se devem manter inalterados (50% de probabilidade) ou que tenham um aumento até 2%. Para o próximo ano estima-se um aumento de 9.3% face aos preços praticados no ano passado.
3	Empresa sólida, com ampla implantação no mercado e boa capacidade de entrega, propondo habitualmente tempos de entrega curtos (95 dias em média no passado). O seu comportamento passado foi exemplar, tendo entregado todas as encomendas no prazo previsto, e sem defeitos, cumprindo os níveis de qualidade exigidos, prevendo-se que assim se mantenha no próximo ano. Pratica preços no segmento superior, prevendo-se que estes possam aumentar até 9% no próximo ano. Para este ano prevê-se que o aumento não ultrapasse 4%, podendo inclusivamente manter-se inalterados (50% de probabilidade). No que concerne aos prazos de entrega, estima-se que a empresa possa vir a encurtá-los entre 1 a 3% este ano, com 20% de probabilidade.
4	Empresa agressiva ao nível dos prazos de entrega (tempo de entrega de 90 dias em média para as encomendas realizadas no passado), oferecendo um dos melhores registos dentre os fornecedores conhecidos. No entanto, algumas das suas entregas passadas sofreram atrasos (DPE de 95%), sendo o seu desempenho ao nível da qualidade bastante bom (DQP de 99%). Prevê-se que a empresa não altere os seus preços este ano com 50% de probabilidade, e que as alterações que possam ocorrer não se traduzam num aumento superior a 2%. Para o próximo ano prevê-se que o aumento de preços possa ir até 9.3%. No que concerne ao tempo de entrega, prevê-se que possa ser encurtado entre 1 a 2% durante este ano, com 20 % de probabilidade.
5	Empresa amplamente implantada no mercado apresenta uma proposta de preços no segmento superior. Apresenta um dos tempos de entrega mais curtos (90 dias em média), prevendo-se que estes se mantenham no futuro. No que concerne ao seu desempenho, evidenciou alguns atrasos na entrega (DPE de 94%) e foram detetados defeitos em várias entregas (DPQ de 97%). Prevê-se que os seus preços possam subir até 2% este ano (com 50% de probabilidade), podendo esse aumento atingir 2 a 7%. Para o próximo ano estima-se que o aumento possa chegar perto dos 10%, de acordo com a evolução de preços que tem praticado ao longo do tempo. No que concerne ao tempo de entrega prevê-se que se mantenham este ano, com uma possibilidade de 20% de poderem ser encurtados em até 2%.
6	Empresa que está a tentar entrar no mercado e, como tal, tem vindo a propor, nas encomendas anteriores, preços por unidade mais baixos que a concorrência. No entanto prevê-se que estes possam aumentar até entre 3 e 5% já este ano (50% de probabilidade), e possam atingir 9.5% no futuro, após a empresa ter concretizado a sua estratégia de incremento da penetração no mercado. Ao nível do tempo de entrega prevê-se que possam vir a ser encurtados entre 2 a 4% este ano. A empresa tem pautado o seu desempenho por alguns atrasos ao nível da entrega (DPE de 92%) e pela ocorrência de defeitos pontuais (DPQ de 97%).

O cenário de partida relativamente a dados históricos e previsionais baseia-se no ilustrado na secção 6.2. Adicionalmente, a partir do perfil dos fornecedores foram derivados os histogramas usados para gerar de forma aleatória as propostas de cada fornecedor.

O cenário implementado encontra-se resumido na Tabela 71.

Tabela 71: Parâmetros utilizados para avaliação e definição de perfil dos fornecedores.

Elemento	Conteúdo							
Matriz Histórica		CPP	TEP	DPE	DPQ			
	E ₁	424630	105%	100%	1			
	E ₂	403398.5	125%	92%	0.98			
	E ₃	433400	95%	100%	1			
	E ₄	411730	90%	95%	0.99			
	E ₅	403490	100%	94%	0.97			
	E ₆	395330	125%	92%	0.97			
Matriz Previsional		CUE	TEE	DPQE				
	E ₁	456100	95%	100%				
	E ₂	433295	98%	98%				
	E ₃	482990	100%	100%				
	E ₄	442500	98%	100%				
	E ₅	427000	95%	99%				
	E ₆	424620	95%	99%				
Histograma de Atraso na entrega		F1	F2	F3	F4	F5	F6	Prob.
	0 – 9	0%	0%	0%	0%	0%	0%	10%
	10 – 19	0%	2%	0%	0%	2%	2%	10%
	20 – 29	0%	4%	0%	2%	4%	6%	10%
	30 – 39	0%	6%	0%	4%	6%	10%	10%
	40 – 49	0%	8%	0%	6%	8%	14%	10%
	50 – 59	0%	10%	0%	8%	10%	18%	10%
	60 – 79	0%	12%	4%	10%	12%	22%	10%
	80 – 89	2%	14%	4%	12%	14%	26%	10%
	90 – 99	4%	16%	6%	14%	16%	30%	10%
Histograma de ocorrência de defeitos		F1	F2	F3	F4	F5	F6	Prob.
	0 – 19	0%	0%	0%	0%	0%	0%	20%
	20 – 39	0%	0%	0%	0%	0%	1%	20%
	40 – 59	0%	0%	0%	0%	0%	2%	20%
	60 – 79	0%	2%	0%	0%	2%	3%	20%
80 – 99	0%	6%	8%	8%	4%	5%	20%	
Histograma otimização do tempo de entrega		F1	F2	F3	F4	F5	F6	Prob.
	0 – 29	0%	0%	0%	0%	0%	0%	30%
	30 – 59	2%	0%	2%	0%	0%	0%	30%
	60 – 79	4%	0%	4%	1%	0%	0%	20%
80 – 99	6%	1%	6%	2%	0%	1%	20%	
Histograma evolução de preços		F1	F2	F3	F4	F5	F6	Prob.
	0 – 49	0%	0%	0%	0%	0%	0%	50%
50 – 99	5%	2%	8%	2%	5%	1%	50%	

Os parâmetros de controlo usados no algoritmo de simulação estão resumidos na Tabela 72.

Tabela 72: Parâmetros de controlo usados na simulação.

Parâmetro	Significado	Valor
n	Número de iterações	10...200
m	Número de abordagens utilizadas	3
w	Número de fornecedores consultados	6
h	Número de critérios de avaliação histórica	4
q	Número de critérios de avaliação para o presente	2
f	Número de critérios de avaliação para o futuro	3
p	Número de pedidos de proposta efetuados em cada iteração	10

Foi utilizado o protótipo ilustrado na Figura 117 para realizar as simulações, tendo sido exportados os registos das 21000 comparações de resultados realizadas, tendo sido avaliado (1) qual a percentagem de vezes em que cada uma das abordagens produziu o melhor resultado; (2) o custo derivado da adjudicação da solução recomendada pela aplicação de cada uma das abordagens, levando em conta o potencial de atraso e de ocorrência de defeitos associado a cada fornecedor vencedor; (3) a diferença do custo associado a cada abordagem por comparação com o custo associado à solução mais vantajosa em cada iteração.

A Figura 128 ilustra a relação linear entre o número de iterações realizadas, número de comparações entre abordagens associado, e o número de avaliações de propostas levado a cabo em cada caso. O anexo 1 ilustra os resultados obtidos ao realizar 100 iterações com 10 consultas por iteração.

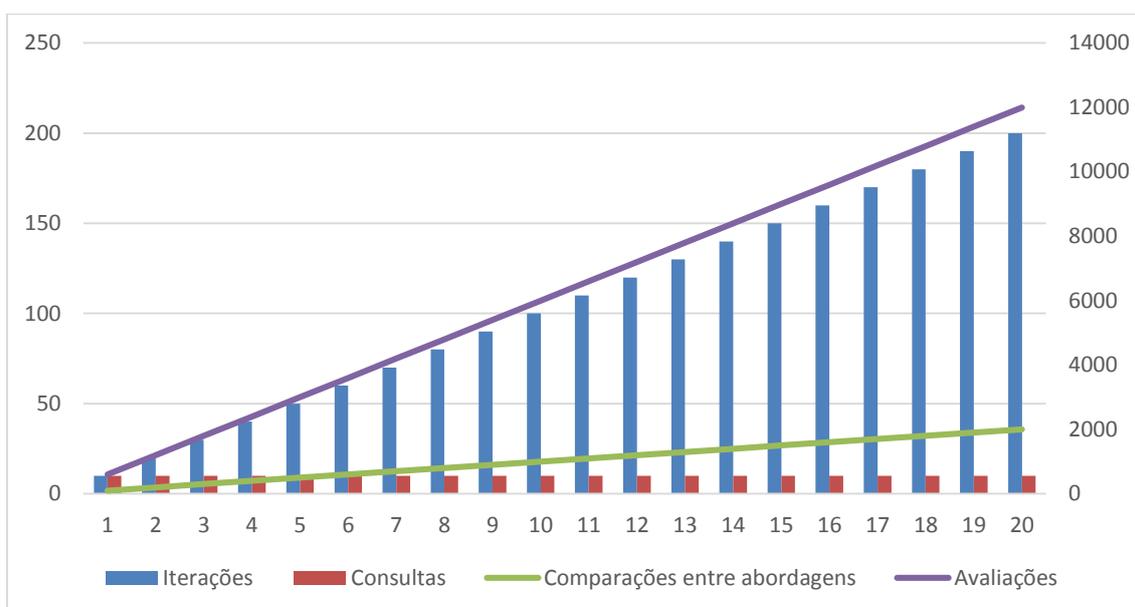


Figura 128: Número de iterações, comparações entre abordagens e avaliações realizadas.

A abordagem dinâmica envolvendo a avaliação histórica, das propostas recebidas e dos dados previsionais gerou os melhores resultados na maior parte das avaliações realizadas, como se pode verificar na Tabela 73. No anexo 2 é representado graficamente o número de melhores soluções por abordagem, sendo a sua distribuição incluída no anexo 3.

Tabela 73: Percentagem das melhores soluções propostas por cada abordagem em cada grupo de iterações.

Iter.	Consultas	Comparações.	Avaliações	HPF (%)	HP (%)	P (%)
10	10	100	600	48,39	23,12	28,49
20	10	200	1200	54,93	19,10	25,97
30	10	300	1800	55,05	19,60	25,35
40	10	400	2400	55,29	19,52	25,19
50	10	500	3000	54,50	19,18	26,32
60	10	600	3600	57,22	17,86	24,92
70	10	700	4200	52,48	20,00	27,52
80	10	800	4800	51,97	21,15	26,88
90	10	900	5400	55,62	20,00	24,38
100	10	1000	6000	52,64	20,65	26,71
110	10	1100	6600	54,23	19,99	25,79
120	10	1200	7200	53,77	20,10	26,13
130	10	1300	7800	55,19	18,97	25,83
140	10	1400	8400	54,02	19,56	26,42
150	10	1500	9000	55,66	19,27	25,07
160	10	1600	9600	53,17	20,65	26,18
170	10	1700	10200	52,99	20,67	26,34
180	10	1800	10800	53,42	20,58	26,01
190	10	1900	11400	53,54	20,17	26,29
200	10	2000	12000	54,63	19,49	25,87

Se analisarmos a evolução da geração de melhores soluções por cada abordagem, em função do número de iterações e avaliações realizado, obtemos o gráfico ilustrado na Figura 129.

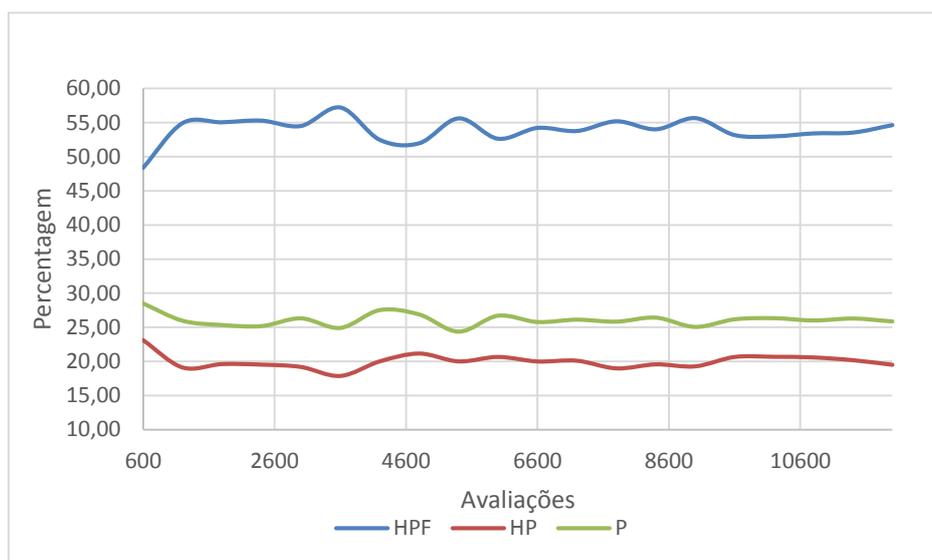


Figura 129: Evolução da porcentagem de melhores soluções geradas por cada abordagem.

Comparando o custo de cada uma das soluções geradas por cada abordagem com o custo da melhor solução, podemos concluir que a abordagem dinâmica produz a solução economicamente mais vantajosa, como se pode confirmar na Tabela 74.

Tabela 74: Somatório de custos resultantes da utilização de cada abordagem por conjunto de iterações.

Iter.	Consultas	Comparações.	Avaliações	HPF	HP	P
10	10	100	600	30 318,00	745 809,00	717 417,00
20	10	200	1200	51 384,00	1 802 301,00	1 723 081,00
30	10	300	1800	79 133,00	2 556 492,00	2 441 238,00
40	10	400	2400	101 862,00	3 517 131,00	3 342 672,00
50	10	500	3000	102 043,00	4 215 609,00	3 979 425,00
60	10	600	3600	150 692,00	5 697 671,00	5 335 173,00
70	10	700	4200	242 321,00	5 729 655,00	5 422 659,00
80	10	800	4800	255 809,00	6 398 741,00	6 090 673,00
90	10	900	5400	229 782,00	8 367 118,00	8 013 794,00
100	10	1000	6000	399 031,00	8 508 435,00	8 080 858,00
110	10	1100	6600	319 349,00	9 503 098,00	9 027 608,00
120	10	1200	7200	303 662,00	10 287 584,00	9 678 085,00
130	10	1300	7800	395 930,00	11 645 921,00	11 040 977,00
140	10	1400	8400	435 735,00	12 102 451,00	11 409 467,00
150	10	1500	9000	420 921,00	13 512 939,00	12 879 605,00
160	10	1600	9600	521 696,00	12 995 559,00	12 309 346,00
170	10	1700	10200	499 593,00	14 098 930,00	13 438 769,00
180	10	1800	10800	552 269,00	15 505 058,00	15 467 842,00
190	10	1900	11400	630 456,00	16 088 858,00	17 072 967,00
200	10	2000	12000	579 510,00	17 278 532,00	16 497 898,00

A evolução crescente da diferença dos custos para a melhor solução em cada iteração reflete o crescimento linear do número de iterações realizadas. No entanto, como podemos observar, à medida que o número de iterações aumenta, é cada vez maior a diferença entre os custos derivados da adoção da solução recomendada pela abordagem dinâmica (HPF) por comparação à das restantes abordagens. A comparação entre o custo das soluções e o custo da melhor solução proposta em cada iteração está visualmente representada no gráfico ilustrado na Figura 130.

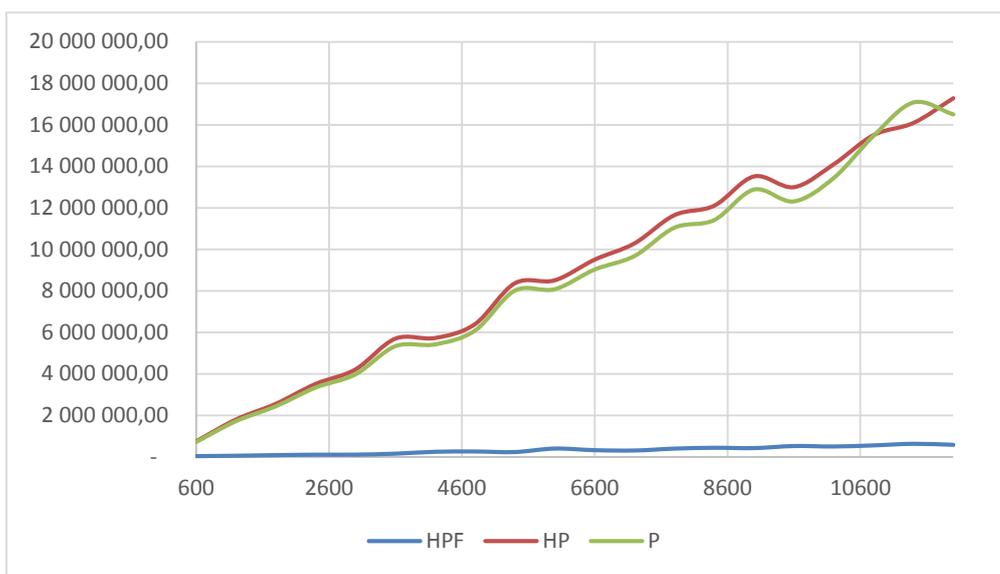


Figura 130: Evolução da diferença de custo entre as diversas abordagens e a melhor solução em cada iteração.

Na prática, e uma vez que a abordagem dinâmica é responsável pelo maior número de melhores propostas a nível económico, o seu valor está sempre mais próximo do valor da melhor solução.

A Figura 131 ilustra a evolução dos custos por abordagem, bem como o custo da melhor abordagem, por iteração.

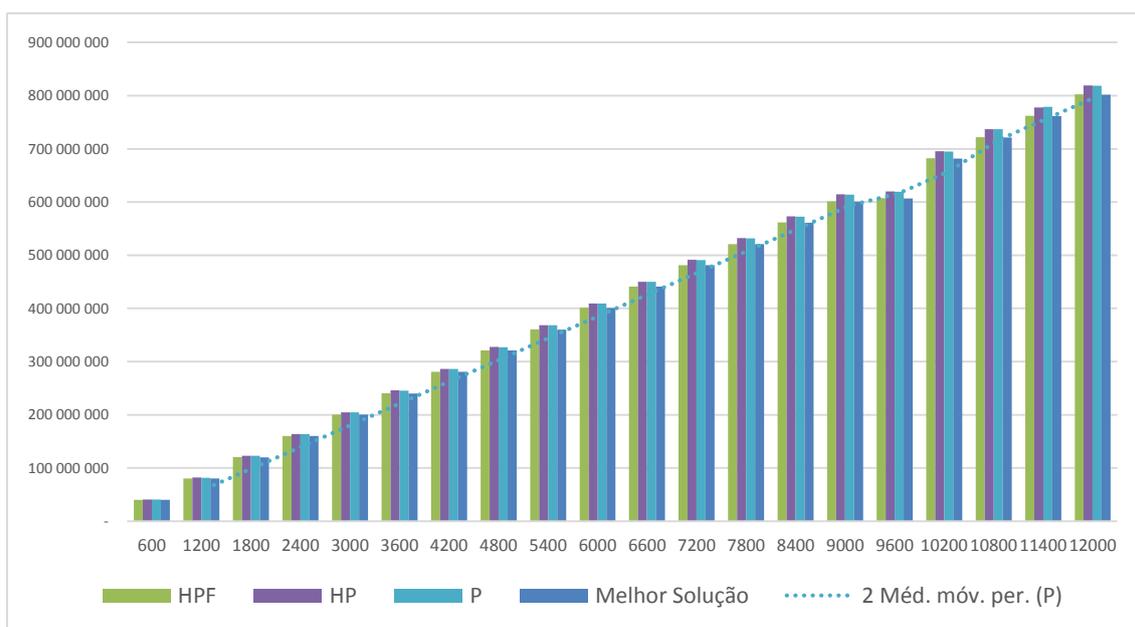


Figura 131: Gráfico comparativo dos custos associados às soluções propostas por cada abordagem.

Subjacentes ao gráfico estão os somatórios dos custos totais gerados durante a simulação, que se encontram sumariados na Tabela 75.

Tabela 75: somatório de custos totais associados às abordagens e o somatório de custos totais da melhor solução.

Iter.	Consultas	Comparações	Avaliações	HPF	HP	P	Melhor sol.
10	10	100	600	40 160 460,00	40 875 951,00	40 847 559,00	40 130 142,00
20	10	200	1200	80 114 128,00	81 865 045,00	81 785 825,00	80 062 744,00
30	10	300	1800	120 309 196,00	122 786 555,00	122 671 301,00	120 230 063,00
40	10	400	2400	160 377 380,00	163 792 649,00	163 618 190,00	160 275 518,00
50	10	500	3000	200 472 741,00	204 586 307,00	204 350 123,00	200 370 698,00
60	10	600	3600	240 314 017,00	245 860 996,00	245 498 498,00	240 163 325,00
70	10	700	4200	280 950 225,00	286 437 559,00	286 130 563,00	280 707 904,00
80	10	800	4800	321 175 164,00	327 318 096,00	327 010 028,00	320 919 355,00
90	10	900	5400	360 485 881,00	368 623 217,00	368 269 893,00	360 256 099,00
100	10	1000	6000	401 425 956,00	409 535 360,00	409 107 783,00	401 026 925,00
110	10	1100	6600	441 151 786,00	450 335 535,00	449 860 045,00	440 832 437,00
120	10	1200	7200	481 345 956,00	491 329 878,00	490 720 379,00	481 042 294,00
130	10	1300	7800	521 128 371,00	532 378 362,00	531 773 418,00	520 732 441,00
140	10	1400	8400	561 434 389,00	573 101 105,00	572 408 121,00	560 998 654,00
150	10	1500	9000	601 219 073,00	614 311 091,00	613 677 757,00	600 798 152,00
160	10	1600	9600	607 461 087,00	619 934 950,00	619 248 737,00	606 939 391,00
170	10	1700	10200	682 142 937,00	695 742 274,00	695 082 113,00	681 643 344,00
180	10	1800	10800	722 048 906,00	737 001 695,00	736 964 479,00	721 496 637,00
190	10	1900	11400	762 316 969,00	777 775 371,00	778 759 480,00	761 686 513,00
200	10	2000	12000	802 385 535,00	819 084 557,00	818 303 923,00	801 806 025,00

Os resultados obtidos através da simulação confirmam a falsidade da hipótese nula, confirmando assim a validade da hipótese em estudo.

7.4 Conclusão

A implementação dos protótipos permitiu avaliar, de forma detalhada, um dos pontos nucleares da plataforma proposta: o processo de seleção e avaliação de parceiros e fornecedores, que suportará um conjunto de atividades nucleares no ciclo de vida das organizações virtuais suportadas.

A identificação e captura de uma oportunidade de negócio pressupõe a rápida identificação dos melhores parceiros para suportarem o seu processamento. A utilização de uma plataforma ágil, suportada por agentes que colaboram entre si para suportar a sua operação, não seria suficiente por si só, a menos que a mesma esteja dotada de capacidades de rápida identificação, avaliação e seleção de parceiros e fornecedores, suportando a emissão de propostas de maior valor acrescentado para as empresas participantes.

Numa rede colaborativa, as relações entre os membros integrantes geram informação que é preciosa para suportar uma tomada de decisão acertada, que minimize os custos associados à operação e contribua para maximização dos proveitos potencialmente associados às oportunidades. Como se tornou claro nas simulações realizadas para avaliação de resultados, existem grandes diferenças ao nível dos custos quando se opta por diferentes abordagens de avaliação. No conjunto das simulações realizadas, o modelo dinâmico de avaliação proposto produziu a melhor escolha na vasta maioria das avaliações realizadas. Como antes se ilustrou, e levando em conta não só o custo inerente às propostas mas também os custos potenciais por incumprimento dos fornecedores ao nível da entrega e da qualidade, existem significativas diferenças entre os resultados produzidos pelas diversas abordagens, sendo a abordagem dinâmica de avaliação a que produz resultados mais económicos de uma forma continuada. O facto de abordagem baseada em informação histórica e presente (que reflete os riscos de incumprimento passado dos fornecedores) apresentar piores resultados que a avaliação baseada exclusivamente nas propostas recebidas, pode ser justificado pelo baixo valor associado aos custos por atraso e defeitos usados na simulação. Um valor mais elevado produzirá incumprimentos mais caros, tornando a abordagem baseada em histórico e presente mais proveitosa do que a avaliação exclusivamente baseada nas propostas.

Existem, naturalmente, vários fatores que afetam a maior ou menor eficácia da abordagem. Para a análise realizada usou-se um conjunto representativo de fornecedores, associados a um exemplo real no domínio da indústria. Evidentemente, a qualidade e abrangência dos dados históricos existentes condiciona os resultados produzidos. A abordagem pode ser usada em ambientes de maior incerteza quanto aos dados, suportando a definição de diversos parâmetros (confiança, precisão, pesos, etc.), que possibilitam a filtragem de incerteza e a produção de uma recomendação final indexada à importância que os vários critérios de avaliação têm para a empresa avaliadora, bem como à qualidade da informação existente.

Capítulo 8 – Conclusões e trabalho futuro

Neste oitavo capítulo são apresentadas as conclusões finais do trabalho realizado, bem como sistematizadas as principais contribuições dele derivadas.

8.1 Sobre o trabalho realizado

O trabalho efetuado culminou na definição de uma proposta de suporte ao ciclo de vida de redes colaborativas e organizações virtuais. Assente numa comunidade de agentes de *software* que colaboram no sentido de suportar a operação da rede colaborativa, a plataforma foi pensada para promover elevados níveis de escalabilidade, através da sua abordagem modular, baseada em componentes autónomos e encapsulados, suportados por uma infraestrutura flexível e moldável, assente numa abordagem distribuída, que integra sistemas locais às empresas, sistemas virtualizados e serviços baseados na nuvem. Para além de suportar a criação, operação e dissolução das empresas virtuais, no contexto da rede colaborativa envolvente, a plataforma está pensada para suportar a rápida identificação e seleção de parceiros e fornecedores que consolidarão a abordagem a uma oportunidade de negócio identificada e capturada.

O trabalho realizado resultou ainda na definição de uma abordagem dinâmica capaz de suportar processos de tomada de decisão que levem em consideração não só as propostas recebidas de um conjunto de fornecedores, mas também incorporar informação relativa a desempenho histórico e sua projeção futura. Esta natureza dinâmica da abordagem permite diminuir o risco inerente ao processo decisório, particularmente quando diversas soluções possíveis têm que ser avaliadas de forma equilibrada no contexto de um conjunto abrangente de critérios de avaliação. Ao possibilitar a avaliação de conjuntos de critérios distintos para passado, presente e futuro, a abordagem definida permite avaliar, de forma mais equilibrada, os diversos candidatos. Ao incorporar o tratamento da incerteza, suporta a sua utilização mesmo em cenários em que a completude e qualidade dos dados não sejam ótimos.

Os resultados da investigação têm um espectro de utilização alargado, uma vez que a plataforma concebida e a abordagem dinâmica de avaliação propostas não estão condicionadas a um modelo de negócio ou setor em particular. Por outro lado, podem ser altamente benéficos à competitividade das empresas onde se pretendam aplicar, permitindo a instanciação de redes colaborativas que possibilitem a criação de sinergias e sustentem relações simbióticas, com vista

à ampliação do mercado potencial, reação mais ágil às alterações do mercado, e resposta mais célere à evolução da concorrência.

8.2 Resumo das principais contribuições

No que concerne à abordagem multiagente ao suporte operacional a redes colaborativas e organizações virtuais, foi concebida uma plataforma que pode ser aplicada em múltiplas áreas de negócio, suportando a rápida integração de novas empresas e a operação da comunidade em que se inserem. Ao estar particularmente focada no processo de identificação, avaliação e seleção de fornecedores, e integrando serviços baseados na nuvem para incrementar a sua flexibilidade e escalabilidade, a plataforma proposta complementa contribuições prévias neste domínio, nas quais se incluem (Camarinha-Matos & Afsarmanesh (2001) (Ghiassi & Spera, 2003), (Malucelli et al., 2004), (Eymann et al., 2006), (Gutierrez-Garcia & Sim, 2010).

Em relação ao problema da seleção e avaliação de fornecedores, enquanto problema de decisão multicritério (MCDM), a principal contribuição do trabalho realizado foi a elaboração de uma abordagem que, de forma conjunta, (1) suporta, de forma completa, o processo de decisão baseado em múltiplos critérios no âmbito da identificação, seleção e avaliação de fornecedores, (2) utilizando um modelo dinâmico capaz de integrar um número variável de critérios (variação espacial) e dos seus valores associados ao longo do tempo (variação temporal, incluindo passado, presente e futuro), (3) suportando a imprecisão e a falta de confiança, usando lógica difusa para avaliação de critérios, permitindo (4) a aplicação de pesos diferenciados para distintos estágios temporais ou critérios de avaliação, baseado em (Ribeiro et al., 2013; Jassbi, Ribeiro & Varela, 2013; Campanella & Ribeiro, 2011).

Campanella e Ribeiro (2011) já tinham proposto um modelo dinâmico multicritério para suporte à tomada de decisão, combinando dados históricos com informação atual. Este modelo permite utilizar um número de alternativas e critérios variáveis ao longo do tempo. No entanto, não incorpora informação previsional, nem tão pouco suporta a gestão da incerteza. Este modelo não foi inicialmente associado ao domínio da seleção de fornecedores, tendo sido ampliado para esse domínio mais tarde por Campanella, Pereira, Ribeiro e Varela (2012). No entanto, esta versão melhorada não considera informação previsional.

Jassbi, Ribeiro e Varela (2014) ampliaram o trabalho de Campanella e Ribeiro (2011) para suportar dados previsionais em relação ao futuro. Os critérios de avaliação futura baseiam-se nas

mesmas alternativas sobre as quais são construídas as matrizes de informação histórica e previewal, no entanto o modelo pode permitir a utilização de diferentes critérios para diferentes períodos temporais. No entanto, não contempla o tratamento da incerteza. Para efeitos de normalização, divide os valores pelo mínimo (para os casos em que menor é melhor) ou pelo máximo (nos casos contrários), não usando lógica difusa para este fim.

Ribeiro et al. (2013) propõem o algoritmo FIF (*Fuzzy Information Fusion*), usando lógica difusa para a normalização de variáveis. Suporta o tratamento da incerteza, e permite controlar a importância relativa dos critérios através da afinação dos pesos associados. O algoritmo FIF não foi criado para suportar a seleção das alternativas, mas apenas para fundir a informação. Assim, não incorpora considerações temporais ou feedback, pelo que as decisões tomadas com base na sua utilização não refletem tendências históricas ou previsões para o futuro.

8.3 Conclusão e trabalho futuro

A natureza dinâmica dos sistemas de informação de suporte ao negócio motiva abordagens que promovam um elevado nível de abstração, motivando a criação de sistemas caracterizados por uma elevada modularidade. A plataforma proposta, ao basear-se numa arquitetura multiagente, promove a utilização de unidades funcionais distribuídas, capazes de realizar, de forma autónoma e focada, papéis específicos no contexto do sistema. A utilização de agentes de *software* permite atingir elevados níveis de abstração e escalabilidade, possibilitando a utilização da plataforma em múltiplos cenários.

O principal enfoque dos trabalhos foi a definição da arquitetura e processos de operação da plataforma, bem como a definição da abordagem dinâmica de seleção e avaliação de parceiros e fornecedores para integração na mesma. Como trabalho futuro fica o desenvolvimento da plataforma usando JADE, e a sua disponibilização num serviço público residente na nuvem, com um interface *web* acessível, a partir do qual se possa criar novas instâncias da plataforma e proceder à instanciação de novas redes colaborativas, de forma assistida.

A abordagem dinâmica proposta permite a tomada de decisão com base em informação histórica, informação presente e informação previewal sobre desempenhos futuros. Nas diversas simulações realizadas esta abordagem produziu os melhores resultados económicos quando comparada com as abordagens alternativas referenciadas. Os protótipos desenvolvidos permitiram avaliar a aplicação da abordagem dinâmica a cenários caracterizados por múltiplos fornecedores,

com diferentes perfis de desempenho ao nível da qualidade e da entrega. Como trabalho futuro fica a integração da abordagem na plataforma multiagente, disponibilizando-a como funcionalidade nuclear da mesma.

No domínio da validação de resultados, a utilização de agentes de processamento de encomenda permitirá modelar, de forma dinâmica, múltiplos perfis de fornecedores, que serão envolvidos nas interações associadas à plataforma. A integração da informação presente com a informação histórica à medida que a adjudicação de novas propostas for ocorrendo possibilitará a realização de simulações de maior duração, com elevado dinamismo, promotoras de um conhecimento ainda mais alargado sobre o desempenho da plataforma e do modelo dinâmico por ela implementado, em múltiplos cenários de negócio.

Referências Bibliográficas

Bibliografia do autor

Arrais-Castro, A., Varela, M. L., & Carmo-Silva, S. (2009). Products and Orders Configurator based on Web Services. In Proceedings of IDEMI09 - International Conference on Integration of Design, Engineering and Management for innovation, Porto, Portugal, 2009.

Arrais-Castro, A. A., Varela, L., & Carmo-Silva, S. (2010a). An architecture for a web service based product configuration information system, ENTERPRISE INFORMATION SYSTEMS PT II Book Series: Communications in Computer and Information Science Volume: 110 Pages: 20-31 Part: Part 2 Published: 2010 (ISI/SCIMAGO) - WOS:000288485400003.

Arrais-Castro, A., Varela, M. L., & Carmo-Silva, S. (2010b). Web Service for Interactive Products and Orders. In Proceedings of the Xata 2010 Conference on XML, Associated Technologies and Applications, Vila do Conde, Portugal, May 19-20, 2010.

Arrais-Castro, A., Varela, M. L., & Carmo-Silva, S. (2013a). Web-based Decision Support System for Orders Planning. In Madureira, A., Reis, C., Marques, V. (Eds.), Computational Intelligence and Decision Making, Intelligent Systems, Control and Automation: Science and Engineering Volume 61, 2013, pp 167-177, Springer.

Arrais-Castro, A., Varela, M. L., Jassbi, J. J., Ribeiro, R. A., & Dargam, F. C. C. (2014a). Negotiation Platform for Collaborative Networked Organizations using a Dynamic Multi-Criteria Decision Model. Proceedings of the GDN2014, International Conference on Group Decision & Negotiation Conference on Group Decision Making and Web 3.0. GDN-2014, Toulouse, France, 2014.

Arrais-Castro, A., Varela, M.L., & Putnik, G.D. (2011). Multi-site production network integration model. In Proceedings of BS11 - Second International Conference on Business Sustainability, Póvoa de Varzim, Portugal, June 22-24.

- Arrais-Castro, A., Varela, M. L., & Putnik, G.D. (2012a). A Platform for Agile Virtual Enterprise Synthesis. In Putnik, G.D, Cruz-Cunha, M.M. (Eds.). *Virtual and Networked Organizations, Emergent Technologies and Tools, Communications in Computer and Information Science* Volume 248, 2012, pp 316-326, Springer. doi: 10.1007/978-3-642-31800-9_32.
- Arrais-Castro, A., Varela, M. L., Putnik, G. D., Jassbi, J., & Ribeiro, R. A. (2014b). A dynamic data fusion approach for business partners selection. *Journal of Purchasing and Supply Management* (submetido).
- Arrais-Castro, A., Varela, M. L., Putnik, G. D., & Ribeiro, R. A. (2012b) Collaborative network platform for multi-site production. In Hernández, J.E., Zarate, P., Dargam, F. Delibašić, B., Liu, S. & Ribeiro, R. (Eds.), *Decision Support Systems – Collaborative Models and Approaches in Real Environments, Lecture Notes in Business Information Processing (LNBIP)*, Springer Berlin Heidelberg, vol 121: 1-13. DOI: 10.1007/978-3-642-32191-7_1.
- Arrais-Castro, A., Varela, M. L., Putnik, G. D, & Ribeiro, R. A. (2015a). Spatial-temporal decisions in uncertain environments: a case study of selecting business partnerships. *Journal of Purchasing and Supply Management, Special Issue Novel Methods*. (submetido)
- Arrais-Castro, A., Varela, M.L., Putnik, G.D, Ribeiro, & R.A., Dargam, F.C. (2015b). Collaborative Negotiation Platform using a Dynamic Multi-Criteria Decision Model. *International Journal of Decision Support System Technology*, issue 7(1). (in press)
- Arrais-Castro, A., Varela, M.L., Putnik, G.D., Ribeiro, R. A. (2013b). A business partner selection approach for SMEs. In *Proceedings of ViNOrg'13 - Virtual and Networked Organizations: Emergent Technologies and Tools, Póvoa do Varzim, 20-22 Novembro* (in press)
- Arrais-Castro, A., Varela, M.L., Putnik, G.D., Ribeiro, R. A. (2013c). Reconfigurable Virtual Enterprises for Agile B2B. In *Proceedings of BS'13 - Business Sustainability III, Póvoa do Varzim, 20-22 Novembro, 2013* (in press).

Referências

- Aamodt, A., & Plaza, E. (1994). Case-Based Reasoning: Foundational Issues, Methodological Variations and System Approaches. *Artificial Intelligence Comm.*, vol. 7, no. 1, pp. 39-59, 1994.
- Abraham, S. (2005). Stretching strategic thinking. *Journal of Strategy & Leadership*, vol. 33 NO. 5, pp. 5-12.
- Adam, N.R., Dogramaci, O., Gangopadhyay, A., Yesha, Y. (1999). *Electronic Commerce: Technical, Business and Legal Issues*. New Jersey: Prentice Hall PTR, Prentice-Hall Inc.
- Afsarmanesh, H., Garita, C., Ugur, Y., Frenkel, A., & Hertzberger, L. O. (1999). Design of the DIMS Architecture in PRODNET.
- Afsarmanesh, H., & Camarinha-Matos, L. M. (2005). A framework for management of virtual organization breeding environments. In L. M. Camarinha-Matos, H. Afsarmanesh & A. Ortiz (Eds.), *Collaborative networks and their breeding environments*, International Federation for Information Processing (IFIP) (pp. 35–48). New York: Springer.
- Afsarmanesh, H., Camarinha-Matos, L. M., & Msanjila, S. S. (2011). Models, methodologies, and tools supporting establishment and management of second-generation VBEs. *IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics Part C: Applications and Reviews*, 41, 692–710. doi:10.1109/TSMCC.2010.2076326.
- Aggarwal, C., Wolf, J., Wu, K., & Yu, P. (1999). Horting hatches an egg: a new graphtheoretic approach to collaborative filtering. *Proceedings of the Fifth ACM SIGKDD International Conference*, San Diego, CA.
- Agarwal, P., Sahai, M., Mishra, V., Bag, M., & Singhet, V. (2011). A review of multi-criteria decision making techniques for supplier evaluation and selection. *International Journal of Industrial Engineering Computations*, 2(4), 801–810.
- Ahuja, G. (2000). Collaboration Networks, Structural Holes, and Innovation: A Longitudinal Study. *Administrative Science Quarterly*, 45 (3), 425-455 DOI: 10.2307/2667105.

- Akbari, Z. O., & Faraahi, A. (2008). Evaluation Framework for Agent-Oriented Methodologies. *Proceedings of World Academy of Science: Engineering & Technology*, 47, 419–424.
- Aldea, C., Draghici, A., & Dragoi, G. (2011). New Perspectives of Virtual Teams' Collaboration. in *Virtual and Networked Organizations, Emergent Technologies and Tools*, Cruz-Cunha, M. and Putnik, G.D. (Eds.), *Communications in Computer and Information Science*, 248, pp. 176-185, Springer.
- Ambler, S. (2002). *Agile Modeling: Effective Practices for EXtreme Programming and the Unified Process*. J. Wiley. ISBN 0-471-20282-7.
- Ambler, S., Nalbone, J., Vizdos, M. (2005). *The Enterprise Unified Process: extending the Rational Unified Process*, Prentice Hall PTR, ISBN 978-0-13-191451-3.
- Amid, A., Ghodsypour, S.H., & O'Brien, C. (2006). Fuzzy Multiobjective Linear Model for Supplier Selection in a Supply Chain. *International Journal of Production Economics* 104 (2): 394–407.
- AOS (n.d.). AOS Autonomous Decision-Making Software. Consultado em Dezembro de 2013, em <http://aosgrp.com>.
- Appalla, R.K. (2003). *An augmented DEA for supplier evaluation*. Thesis, Arizona State University.
- Argyris, C., Putnam, R. & Smith, D.M. (1985). *Action Science*. San Francisco, CA: JosseyBass.
- Austin, J. L. (1962). *How To Do Things With Words*. Oxford University Press, Oxford.
- Aridor, Y., Lange, D. (1998). *Agent Design Patterns: Elements of Agent Application Design*. *Autonomous Agents & Multiagent Systems/International Conference on Autonomous Agents - AAMAS(Agents)*, pp. 108-115.
- Armstrong, J. (1984). Forecasting by Extrapolation: Conclusions from 25 Years of Research. *Interfaces*, 14 (Nov.-Dec. 1984), 52-66.
- Arora, S., & Sasikala, P. (2012). Developmental approaches for Agent Oriented system – A critical review. 2012 CSI Sixth International Conference on Software Engineering (CONSEG), 1–5. doi:10.1109/CONSEG.2012.6349475.

- Arrais-Castro, A., Varela, M. L., & Carmo-Silva, S. (2009). Products and Orders Configurator based on Web Services. In Proceedings of IDEMI09 - International Conference on Integration of Design, Engineering and Management for innovation, Porto, Portugal, 2009.
- Arrais-Castro, A. A., Varela, L., & Carmo-Silva, S. (2010). An architecture for a web service based product configuration information system, ENTERPRISE INFORMATION SYSTEMS PT II Book Series: Communications in Computer and Information Science Volume: 110 Pages: 20-31 Part: Part 2 Published: 2010 (ISI/SCIMAGO) - WOS:000288485400003.
- Arrais-Castro, A., Varela, M. L., & Carmo-Silva, S. (2010b). Web Service for Interactive Products and Orders. In Proceedings of the Xata 2010 Conference on XML, Associated Technologies and Applications, Vila do Conde, Portugal, May 19-20, 2010.
- Assimakopoulos, N. A., & Riggas, A. N. (2006). Designing a virtual enterprise architecture using structured system dynamics. *Human Systems Management*, 25(1), 13–29.
- Babu, S., Kulkarni, K., Sekaran, K. (2014). A Generic Agent Based Cloud Computing Architecture for E-Learning. In *ICT and Critical Infrastructure: Proceedings of the 48th Annual Convention of Computer Society of India- Vol I*, pp 523-533.
- Bădică, C., Budimac, Z., Burkhard, H.-D., & Ivanovic, M. (2011). Software agents: Languages, tools, platforms. *Computer Science and Information Systems*, 8(2), 255–298.
doi:10.2298/CSIS110214013B.
- Baker, D., Bridges, D., Hunter, R., Johnson, G., Krupa, J., Murphy, J. and Sorenson, K. (2001) *Guidebook to Decision Making Methods*, WSRC-IM-2002-00002, Department of Energy, USA.
Consultado em Dezembro de 2014 em
http://kscsma.ksc.nasa.gov/Reliability/Documents/Decision_Making_Guidebook_2002_Dep_t_of_Energy.pdf.
- Baker, R.C., & Talluri, S. (1997). A closer look at the use of DEA for technology selection. *Computers and Industrial Engineering*, 32 (1), 101–108.
- Baily, P., Farmer, D., Jessop, D., & Jones, D. (2005). *Purchasing Principles and Management*. Pearson Education Limited. 448 pages. ISBN 0273 64689 3.

- Balduino, R. (2006). Basic Unified Process: A Process for Small and Agile Projects. Consultado em Dezembro de 2013 em <http://www.eclipse.org/proposals/beam/Basic%20Unified%20Process.pdf>.
- Balduino, R. (2007). Introduction to OpenUP (Open Unified Process). Consultado em Dezembro de 2013 em <http://www.eclipse.org/epf/general/OpenUP.pdf>.
- Barbarosoglu, G., & Yazgac, T. (1997). An application of the analytic hierarchy process to the supplier selection problem. *Production and Inventory Management Journal*, 38(1), 14-21.
- Barratt, M. (2004). Understanding the meaning of collaboration in the supply chain. *Supply Chain Management: An International Journal*, Vol.9, No.1, pp.30-42.
- Barham, P., Dragovic, B., Fraser, K., Hand, S., Harris, T., Ho, A., Neugebauer, R., Pratt, I., & Warfield, A. (2003). Xen and the Art of Virtualization. In *Proceedings of the 19th ACM Symposium on Operating Systems Principles (SOSP 2003)*, Bolton Landing, USA, Oct. 2003.
- Barzilai, J., & Lootsma, F.A. (1994). Power relations and group aggregation in the multiplicative AHP and SMART. In: *Proc. of the 3rd International Symposium on the AHP*, George Washington University, Washington.
- Baskerville, R., & Myers, M. D. (2004). Special issue on action research in information systems: Making IS research relevant to practice. *MIS Quarterly* , 28 (3), pp. 329-335.
- Basu, S., & Schroeder. R. (1977). Incorporating Judgments in Sales Forecasts: Application of the Delphi Method at American Hoist & Derrick. *Interfaces* 7 (3): 18-27.
doi:10.1287/inte.7.3.18.
- Bauer, B., (1999). Extending UML for the Specification of Agent Interaction Protocols. (OMG Publication No. ad/99-12-03). Analysis and Design Task Force (ADTF) Concord, CA: FIPA.
- Bauer, B., Muller, J.P., & Odell, J. (2001). Agent UML: A formalism for specifying multi-agent software systems. *International Journal of Software Engineering and Knowledge Engineering*, 11(3), 207-230.

- Beaudoin, D., Frayret, J.M., & LeBel, L. (2007). Negotiation-based distributed wood procurement planning within a multi-firm environment. Working paper CIRRELT-2007-10, Université Laval, Canada.
- Beck, K., & Andres, C. (2004). *Extreme Programming Explained: Embrace Change* (2nd Edition). Addison-Wesley Professional. ISBN:0321278658.
- Bellifemine, F., Caire, G., Poggi, A., & Rimassa, G. (2003) JADE – A White Paper. exp - Volume 3 - n. 3 - Telecom Italia, September 2003. Consultado em Fevereiro 2014 em <http://jade.tilab.com/papers/2003/WhitePaperJADEEXP.pdf>.
- Bellifemine, F., Caire, G., Vitaglione, G., Rimassa, G., & Greenwood, D. (2005). The JADE Platform and Experiences with Mobile MAS Applications. In: Unland, R., Klusch, M., Calisti, M. (Eds.). *Software Agent-Based Applications, Platforms and Development Kits*. Whitestein Series in Software Agent Technologies and Autonomic Computing, Springer.
- Belton, V., & Gear, T. (1983). On a short-coming of Saaty's method of analytic hierarchies. *Omega* 11:228–230.
- Bianchi, M., Boyle, M., Hollingsworth, D. (1999). A comparison of methods for trend estimation. *Applied Economics Letters* 6 (2): 103–109. doi:10.1080/135048599353726.
- Bititci, U. S., Martinez, V., Albores, P., & Parung, J. (2004). Creating and managing value in collaborative networks. *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, Vol. 34 No. 3/4, pp. 251-268.
- Bittman, T. (2013). *Private Cloud Matures, Hybrid Cloud Is Next*. Gartner.
- Bogdan, R.C. & Biklen, S.K. (1999). *Investigação qualitativa em educação: uma introdução à teoria e aos métodos*. Portugal: Porto Editora, ISBN: 9789720341129.
- Bond, A., Gasser, L. (Eds.) (1988). *Readings in Distributed Artificial Intelligence*. Morgan Kaufmann Publishers, Inc., San Mateo, California.
- Bordini, R. H., Hubner, J. F., & Wooldridge, M. (2007). *Programming Multi-Agent Systems in AgentSpeak using Jason*. John Wiley & Sons.

- Bosse, T., Jonker, C., Meij, L., Robu, V., Treur, J. (2005). A System for Analysis of Multi-Issue Negotiation. . In: Unland, R., Klusch, M., Calisti, M. (Eds.). *Software Agent-Based Applications, Platforms and Development Kits*. Whitestein Series in Software Agent Technologies and Autonomic Computing, Springer, pp 253-279.
- Boukhelfa, K., & Boufaïda, M. (2004). A Generic Multi-Agent Architecture for the Virtual Enterprise. In: *EMISA'2004 Information Systems in E-Business and E-Government*, LNI Edition Vol 56. Luxemburg (2004) 199-210.
- Braglia, M., & Petroni, A. (2000). A quality assurance-oriented methodology for handling trade-offs in supplier selection. *International Journal of Physical Distribution and Logistics Management*, 30 (2), 96–111.
- Brans, J.P., & Vincke, Ph. (1985). A preference ranking organization method. *Management Science*, 31:647–656.
- Brans, J.P., Vincke, Ph., & Mareschal, B. (1986). How to select and how to rank projects: the PROMETHEE method. *European Journal of Operational Research* 24: 228–238.
- Bratman, M. E. (1987). *Intentions, Plans, and Practical Reason*. Harvard University Press.
- Bratman, M., Israel, D., Pollack, M. (1988). Plans and resource-bounded practical reasoning. *Computational Intelligence*. Volume 4, Issue 3, pp 349–355.
- Braubach, L., Pokahr, A., Lamersdorf, W. (2005) *Jadex: A BDI-Agent System Combining Middleware and Reasoning*. In Unland,R., Calisti, M., Klusch, M. (eds). *Software Agent-Based Applications, Platforms and Development Kits*. pp 143-168.
- Bremer C.F., Eversheim W., Walz M., Gutiérrez, A. (1999). Global Virtual Business: A Systematic approach for Exploiting Business Opportunities in Dynamic Markets. *International Journal of Agile Manufacturing*, Vol. 2, Issue 1, 1-11.
- Bremer, C.F., Eversheim, W., Walz, M., Gutiérrez, A. M. (1999). Global Virtual Business: A Systematic approach for Exploiting Business Opportunities in Dynamic Markets. *International Journal of Agile Manufacturing*, Vol. 2, Issue 1, 1-11.
- Brooks, F. P. (1975). *The Mythical Man-Month*. Addison-Wesley. ISBN 0-201-00650-2.

- Brooks, R. (1986). A robust layered control system for a mobile robot. *IEEE Journal of Robotics and Automation*, 2, 14–23. doi:10.1109/JRA.1986.1087032.
- Brown, R. (1956). *Exponential Smoothing for Predicting Demand*. Cambridge, Massachusetts: Arthur D. Little Inc. p. 15.
- Burkhart, R. (1997). Schedules of activity in the swarm simulation system. In proceedings of the 1997 ACM SIGPLAN Conference on Object-Oriented Programming Systems, Languages & Applications (OOPSLA '97).
- Bussink, D. (2004). A Comparison of Language Evolution and Communication Protocols in Multi-agent Systems. 1st Twente Student Conference on IT, Track C - Intelligent_Interaction.
- Bhutta, K. S., & Huq, F. (2002). Supplier selection problem: A comparison of the total cost of ownership and analytic hierarchy process approaches. *Supply Chain Management: An International Journal*, 7(3), 126–135.
- Buyya, R., Yeo, C., Venugopal, S., Broberg, J., & Brandic, I. (2009). Cloud Computing and Emerging IT Platforms: Vision, Hype, and Reality for Delivering Computing as the 5th Utility. *Future Generation Computer Systems* 25 (6) (June): 599–616. doi:10.1016/j.future.2008.12.001.
- Byrne, J., Brandt, R., & Port, O. (1993). The virtual corporation. *Business Week*, February 8: 98-102.
- Caire, G. (2013). WADE user guide. Consultado em Março de 2014 em <http://jade.tilab.com/wade/doc/WADE-User-Guide.pdf>.
- Cabri, G., Mola, F. D., & Quitadamo, R. (2006). Supporting a territorial emergency scenario with services and agents: A case study comparison. in WETICE, 2006, pp. 35–40.
- Camarinha-Matos, L.M., & Afsarmanesh, H. (1999). The virtual enterprise concept In: L.M. Camarinha-Matos and H. Afsarmanesh, Editors, *Infrastructures for Virtual Enterprises—Networking Industrial Enterprises*, Kluwer Academic Publishers, pp. 3-14.

- Camarinha-Matos, L., & Afsarmanesh, H. (2001). Virtual Enterprise Modeling and Support Infrastructures: Applying Multi-agent System Approaches. In Carbonell, J. and Siekmann, J. (Eds.), *Multiagents Systems and Applications*, pp. 335–364, Sanibel Island, FL, 2001.
- Camarinha-Matos, L. M., Afsarmanesh, H., & Rabelo, R. (2003a). Infrastructure developments for agile virtual enterprises. *International Journal of Computer Integrated Manufacturing*, 16(4-5), 235–254. doi:10.1080/0951192031000089156.
- Camarinha-Matos L. M., & Afsarmanesh H. (2003b). Elements of a VE base infrastructure. *J. Computers in Industry* 2003;51:139-163.
- Camarinha-Matos, L. M., & Afsarmanesh, H. (2004). Collaborative networks: a new scientific discipline. *Journal of Intelligent Manufacturing*, 16, (pp. 439–452).
- Camarinha-Matos, L. M., & Afsarmanesh, H. (2006). Collaborative Networks: value creation in a Knowledge Society. In *Knowledge Enterprise: Intelligent Strategies in Product Design, Manufacturing and Management*, K. Wang et al (Eds.), IFIP, Vol. 207, NY: Springer Publisher, 2006, pp. 26-40.
- Camarinha-Matos, L.M., & Afsarmanesh, H. (2007). A Framework for Virtual Organization Creation in a Breeding Environment. *Annual Reviews in Control*, Volume 31, Issue 1, 2007, Pages 119–135.
- Campanella, G., & Ribeiro, R.A. (2011). A Framework for dynamic multiple criteria decision making. *Decision Support Systems*, Volume 52, Issue 1, December 2011, Pages 52-60. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.dss.2011.05.003>.
- Campanella, G., Pereira, A., Ribeiro, R.A., & Varela, L.R. (2012). Collaborative Dynamic Decision Making: a Case Study from B2B Supplier Selection. In *Decision Support Systems – Collaborative Models and Approaches in Real Environments*. Hernández, J.E., Zarate, P., Dargam, F. Delibašić, B., Liu, S. and Ribeiro, R. (Eds.), *Lecture Notes in Business Information Processing (LNBIP)*, Springer Berlin Heidelberg, vol 121: 88-102 (2012). DOI: 10.1007/978-3-642-32191-7_7.
- Campanella, G., Ribeiro, R.A, & Varela, L.R. (2011). A Model for B2B Supplier Selection. *Advances in Intelligent and Soft Computing*, Springer, Warsaw, 107, 221-228, Springer, 2011, (ISBN: 978-3-642-24000-3).

- Caplice, C., & Sheffi, Y. (1994). A review and evaluation of logistics metrics. *The International Journal of Logistics Management*, Volume 5, Issue 2, p11-28.
- Carreras, I., Miorandi, D., Saint-Paul, R. & Chlamtac, I. (2009). Bottom-up design patterns and the Energy Web. *IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics, Part A, Special issue on Engineering Cyber-Physical Ecosystems*, July.
- Castells, M. (1996). *The Information Age: Economy, Society, and Culture*. Vol. 1. *The Rise of the Network Society*. Oxford, England: Blackwell.
- Castro, J., Kolp, M., & Mylopoulos, J. (2001). A Requirements-Driven Development Methodology, In *Proc. of the 13th Int. Conf. on Advanced Information Systems Engineering (CAiSE'01)*, Interlaken, Switzerland, June, pp. 108-123.
- Cavone, D., Carolis, B. De, Ferilli, S., Novielli, N., Informatica, D., & Bari, U. (2011). An Agent-based Approach for Adapting the Behavior of a Smart Home Environment. *Proceedings of the 12th Workshop on Objects and Agents*. Rende, Italy.
- Celebi, D., & Bayraktar, D. (2008). An integrated neural network and data envelopment analysis for supplier evaluation under incomplete information. *Expert Systems with Applications*, Volume 35, Issue 4, p1698–1710.
- Charnes, A., Cooper, W., & Rhodes, E. (1978). Measuring the efficiency of decision making units. *European Journal of Operation Research*, 2, 429-444.
- Charnes A, Cooper, W.W., Lewin, A.Y., & Seiford, L.M. (1995). *Data Envelopment Analysts: Theory, Methodology, and Applications*, Kluwer.
- Checkland, P. (1981). *Systems Thinking, Systems Practice*. New York, NY: John Wiley & Sons.
- Checkland, P., Holwell, S. (1998). Action research: its nature and validity. *Systemic Practice and Action Research*, v. 11, n. 1, p. 9-21, 1998. <http://dx.doi.org/10.1023/A:1022908820784>
- Chen, B., Cheng, H., & Palen, J. (2006). Mobile-C: a mobile agent platform for mobile C/C++ agents. *Software Practice and Experience* 2006; 36:1711–1733. Consultado em Março de 2013 em <http://iel.ucdavis.edu/publication/2006/SPE.pdf>.
- Chen, H.H., Lee, A.H, Wang, H., Tong, Y. (2008). Operating NPD innovatively with different technologies under a variant social environment. *Technological Forecasting & Social Change*.
- Chen, C.T., Lin, C.T., & Huang, S.F. (2006). A fuzzy approach for supplier evaluation and selection in supply chain management. *International Journal of Production Economics*, 102(2), 289–301.

- Chen, V. Y. C., Lien, H.-P., Liu, C.-H., Liou, J. J. H., Tzeng, G.-H., & Yang, L.-S. (2011). Fuzzy MCDM approach for selecting the best environment-watershed plan. *Applied Soft Computing*, 11(1), 265–275. doi:10.1016/j.asoc.2009.11.017
- Chen, Y., Peng, Y., Finin, T., Labrou, Y., Cost, S., Chu, B., Sun, R., Wilhelm, B. (1999). A negotiation-based Multi-agent System for supply chain management. In: *Proceedings of the Third Conference on Autonomous Agents, Workshop on Agent based Decision-Support for Managing the Internet-Enabled Supply-Chain*, Seattle, USA.
- Chen, W.-L., Huang, C.-Y., & Lai, Y.-C. (2009). Multi-tier and multi-site collaborative production: Illustrated by a case example of TFT-LCD manufacturing. *Computers & Industrial Engineering* 57, 61–72.
- Cheraghi, S. H., Mohammad, D., & Muthu, S. (2001). Critical Success Factors for Supplier Selection: An Update. *Journal of Applied Business Research* 20 (2): 91–108.
- Chess, D., Harrison, C., & Kershenbaum, A. (1997). Mobile agents: Are they a good idea? In *Mobile Object Systems Towards the Programmable Internet* (Vol. 1222, pp. 25–45). doi:10.1007/3-540-62852-5_4.
- Choi, T. Y., & Hartley, J. L. (1996). An exploration of supplier selection practices across the supply chain. *Journal of Operations Management*, 14(4), 333-343.
- Chopra, S., & Meindl, P. (2012). *Supply Chain Management* 5th edition. Prentice Hall, NJ. ISBN-10: 0-13-274395-7.
- Christopher, M.L. (1992). *Logistics & Supply Chain Management*. Pitman Publishing, London.
- Cremonini, M., Omicini, A., & Zambonelli, F. (1999). Multi-agent systems on the Internet: Extending the scope of coordination towards security and topology. In Garijo, F.J., Boman, M. (Eds.). *Multi-Agent System Engineering. Proceedings of the Ninth European Workshop on Modelling Autonomous Agents in a Multi-Agent World (MAAMAW-99)*, Lecture Notes in Artificial Intelligence Vol. 1647.
- Collier, R., O'Hare, G. and Rooney, C. (2004). A UML-based software engineering methodology for Agent Factory. In: *Procs. SEKE 2004*, pp:25-30.
- Collins, J., & Gini, M. (2006). MAGNET: A multi-agent system using auctions with temporal and precedence constraints. *Multiagent Based Supply Chain Management*, 314, 273–314. doi:10.1007/978-3-540-33876-5_11.

- Connolly, D., Harmelen, F., Horrocks, I., McGuinness, D., Patel-Schneider, P., Stein, L. (2001). DAML+OIL (March 2001) Reference Description. Consultado em Janeiro de 2013 em <http://www.w3.org/TR/daml+oil-reference>.
- Coughlan, P.; Coughlan, D. (2002). Action research for operations management. *International Journal of Operations & Production Management*. v. 22, n. 2, p. 220-240. <http://dx.doi.org/10.1108/01443570210417515>.
- Cox, B., & Novobilski, A. (1991). *Object-Oriented Programming: An Evolutionary Approach*. 2nd ed. Addison-Wesley, Reading ISBN 0-201-54834-8.
- Cunha, M. M., & Putnik, G. D. (2002). Discussion on Requirements for Agile/Virtual Enterprises Reconfigurability Dynamics: The Example of the Automotive Industry. In L. M. Camarinha-Matos (Ed.), *Collaborative Business Ecosystems and Virtual Enterprises* (pp. 527-534). Boston: Kluwer Academic Publishers.
- Cunha, M. M., & Putnik, G. D. (2003a). Market of Resources versus e-Based Traditional Virtual Enterprise Integration - Part I: A cost model definition. In G. D. Putnik & A. Gunasekaran (Eds.), *Proceedings of the First International Conference on Performance Measures, Benchmarking and Best Practices in New Economy* (pp. 664-669). Guimaraes, Portugal (June, 10-13): University of Minho.
- Cunha, M. M., & Putnik, G. D. (2003b). Market of Resources versus e-Based Traditional Virtual Enterprise Integration - Part II: A comparative cost analysis. In G. D. Putnik & A. Gunasekaran (Eds.), *Proceedings of the First International Conference on Performance Measures, Benchmarking and Best Practices in New Economy* (pp. 667-675). Guimaraes, Portugal (June, 10-13): University of Minho.
- Cunha, M. M., & Putnik, G. D. (2005a). Business Alignment in Agile / Virtual Enterprise Integration. In M. Khosrow-Pour (Ed.), *Advanced Topics in Information Resources Management* (Vol. IV): Idea-Group Publishing.
- Cunha, M. M., & Putnik, G. D. (2005b). Business Alignment Requirements and Dynamic Organizations. In G. D. Putnik & M. M. Cunha (Eds.), *Virtual Enterprise Integration: Technological and Organizational Perspectives* (pp. 78-101). London: Idea Group Publishing.

- Cunha, M. M., & Putnik, G. D. (2005c). Market of Resources for Agile/Virtual Enterprise Integration. In M. Khosrow-Pour (Ed.), *Encyclopedia of Information Science and Technology* (pp. 1891-1898). Hershey, PA: Idea-Group Publisher.
- Cunha, M. M., & Putnik, G. D. (2006). Identification of the domain of opportunities for a market of resources for virtual enterprise integration, *International Journal of Production Research*, Vol. 44, No. 12, June 2006, pp. 2277-2298. Taylor & Francis.
- Cunha, M. M., Putnik, G. D., & Ávila, P. (2000). Towards Focused Markets of Resources for Agile / Virtual Enterprise Integration". In L. M. Camarinha-Matos & H. Afsarmanesh & H. Erbe (Eds.), *Advances in Networked Enterprises: Virtual Organisations, Balanced Automation, and Systems Integration* (pp. 15-24). Berlin: Kluwer Academic Publishers.
- Cunha, M. M., Putnik, G. D., & Gunasekaran, A. (2002). Market of Resources as an Environment for Agile / Virtual Enterprise Dynamic Integration and for Business Alignment. In O. Khalil & A. Gunasekaran (Eds.), *Knowledge and Information Technology Management in the 21st Century Organisations: Human and Social Perspectives* (pp. 169-190). London: Idea Group Publishing.
- Cunha, M. M., Putnik, G. D., Gunasekaran, A., & Avila, P. (2005). Market of Resources as a Virtual Enterprise Integration Enabler. In G. D. Putnik & M. M. Cunha (Eds.), *Virtual Enterprise Integration: Technological and Organizational Perspectives* (pp. 145-165). London: Idea Group Publishing.
- Cunha, M. M., & Putnik, G. D., Silva, J.P., Santos, J.P. (2008). Technologies to support the Market of Resources as an infrastructure for Agile/Virtual Enterprise Integration. In Protogeris, N. (Ed). *Agent and web service technologies in virtual enterprises*. pp. 76-96. ISBN: 9781599046488
- Dalkey, N., & Helmer, Olaf. (1963). An Experimental Application of the Delphi Method to the use of experts. *Management Science*, 9(3), Apr 1963, pp 458-467.
- Dam, K., & Winikoff, M. (2004). Comparing agent-oriented methodologies. In *Agent-Oriented Information Systems* (pp. 78–93). doi:10.1049/ic:20040353

- Damáσιο, C. V., Analyti, A., Antoniou, G., & Wagner, G. (2006). Open and closed world reasoning in the semantic web. In Proceedings of IPMU 2006), special session Works on the Semantic Web, pages 1850– 1857, Paris, France. Editions E.D.K.
- Dastani, M., Riemdsdijk, B., Dignum, F., Meyer, J.-J. (2004). A Programming Language for Cognitive Agents: Goal Directed 3APL. In: Dastani, M., Dix, J., Fallah-Seghrouchni, A. (eds.). Proceedings of the First Workshop on Programming Multi-agent Systems: Languages, frameworks, techniques, and tools (ProMAS03), LNAI 3067, Springer, Berlin, 2004.
- Dastani, M. (2008). 2APL: a practical agent programming language. *Autonomous Agent and Multi-Agent Systems*, 16(3):214-248.
- Davis, R., & Smith, R.G. (1988). Negotiation as a Metaphor for Distributed Problem Solving. In: Bond, A., and Gasser, L. eds. *Readings in Distributed Artificial Intelligence*, 333-356. San Mateo, Calif.: Morgan Kaufmann.
- De Boer, L., van der Wegen, L., Telgen, J. (1998). Outranking methods in support of supplier selection. *European Journal of Purchasing & Supply Management* 4, 109–118.
- De Boer, L., Labro, E., & Morlacchi, P. (2001). A Review of Methods Supporting Supplier Selection. *Journal of Purchasing and Supply Management*, 7 (2). pp. 75-89. ISSN 1478-4092.
- Delgado, M., Verdegay, J.L., Vila, M.A. (1992). Linguistic decision-making models. *International Journal of Intelligent Systems* 7, 479–492.
- Deming, W. E. (1997). *A nova economia para a indústria, o governo e a educação*. São Paulo: Qualitymark.
- Demšar, D., Mozetič, I., & Lavrač, N. (2007). Collaboration opportunity finder. In L. M. Camarinha-Matos, H. Afsarmanesh, P. Novais & C. Analide (Eds.), *Establishing the foundation of collaborative networks*, International Federation for Information Processing (IFIP) (Vol. 243, pp. 179–186). New York: Springer.
- Deng, H., Yeh, C.H., Willis, R.J. (2000). Inter-company comparison using modified TOPSIS with objective weights. *Computers & Operations Research* 27: 963– 973.

- Denti, E., & Omicini, A. (1999). Engineering multi-agent systems in LuCe. In Rochefort, S., Sadri, F., & Toni, F. (Eds.). Proceedings of the ICLP'99 International Workshop on Multi-Agent Systems in Logic Programming (MAS'99), Las Cruces (NM).
- Deshpande, U., Gupta, A., & Basu, A. (2006). Multi-agent modeling and fuzzy task assignment for real-time operation in a supply chain. *Multiagent Based Supply Chain Management*, 202(2006), 179–202. doi:10.1007/978-3-540-33876-5_7.
- Dickson, G.W. (1966). An Analysis of Supplier Selection Systems and Decisions. *Journal of Purchasing* 2: 5-17.
- Ding, H., Benyoucef, L., & Xie, X. (2005). A simulation optimization methodology for supplier selection problem. *International Journal of Computer Integrated Manufacturing*, 18(2 & 3), 210-224.
- Domnori, E., Cabri, G., & Leonardi, L. (2011a). Ubimedic2: An Agent-Based Approach in Territorial Emergence Management, PCTH 2011.
- Domnori, E., Cabri, G., & Leonardi, L. (2011b). Multi-Agent approach for Disaster Management. SEDM 2011, Barcelona, Spain.
- Drucker, Peter. (2006). *Classic Drucker*. United States: Harvard Business School.
- Dudek, G., & Stadtler, H. (2005). Negotiation-based collaborative planning between supply chains partners. *European Journal of Operation Research*, Vol. 163, pp. 668–687.
- Dulmin, R., & Mininno, V. (2003): Supplier selection using a multi-criteria decision aid method. *Journal of Purchasing & Supply Management*, 9, pp. 177-187.
- Dutta, A. (1985). Reasoning with imprecise knowledge in expert systems. *Information Sciences: an International Journal - Special issue on expert systems*, Volume 37 Issue 1-3, Dec., pp:3-24.
- Dwiggins, W. (1922). *New Kind of Printing Calls for New Design*.
- Elahi, B., Seyed-Hosseini, S.M., & Makui, A. (2011). A Fuzzy Compromise Programming Solution for Supplier Selection in Quantity Discounts Situation. *International Journal of Industrial Engineering & Production Research*, 22(2): 107-114.

- Ellram, L.M. (1990). The Supplier Selection Decision in Strategic Partnerships. *Journal of Purchasing and Materials Management*, vol. 20:4, pp. 8-14.
- Englemore, R., & Morgan, T. (Eds.) (1988). *Blackboard Systems*. Addison-Wesley Pub. Co.
- Ertogral, K., & Wu, S.D. (2000). Auction-theoretic coordination of production planning in the supply chain. *IIE Transactions*, Vol. 32, pp.931–940.
- Eymann, T., Müller, G., & Strasser, M. (2006). Self-Organized Scheduling in Hospitals by Connecting Agents and Mobile Devices. In: Kirn, S., Herzog, O., Lockemann, P., Spaniol, O. (Eds.): *Multiagent Engineering - Theory and Applications in Enterprises*, Series: International Handbooks on Information Systems, Springer, Heidelberg 2006, S. 319-337.
- Ferreira, L., Putnik, G.D., Cruz-Cunha, M., Putnik, Z., Castro, H., Alves, C., Shah, V., & Varela, M.L.R. (2013). Cloudlet architecture for dashboard in cloud and ubiquitous manufacturing. *Procedia CIRP* 12, pp. 366 – 371.
- Figueira, J., Greco, S., & Ehrgott, M. (eds.) (2005) *Multiple Criteria Decision Analysis: State of the Art Surveys*. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht.
- Finin, T., Weber, J., Wiederhold, G., Gensereth, M., Fritzson, R., McKay, D. McGuire, J., Pelavin, R., Shapiro, S., Beck, C. (1993). *DRAFT Specification of the KQML Agent-Communication Language*, June 15.
- Fink, A. (2004). Supply chain Coordination by Means of Automated Negotiations. *Proceedings of the 37th Hawaii International Conference on System Sciences*, IEEE , Hawaii, USA.
- FIPA (2000a). Standard FIPA specifications. Consultado em Outubro de 2013 em <http://www.fipa.org/repository/standardspecs.html>.
- FIPA (2000b). FIPA Ontology Service Specification. Consultado em Outubro de 2013 em <http://www.fipa.org/repository/standardspecs.html>.
- FIPA (2002a). FIPA ACL Message Structure Specification. Consultado em Outubro de 2013 em <http://www.fipa.org/specs/fipa00061/SC00061G.html>.

- FIPA (2002b). FIPA Communicative Act Library Specification. Consultado em Outubro de 2013 em <http://www.fipa.org/specs/fipa00037/SC00037J.html>.
- FIPA (2002c). FIPA SL Content Language Specification. Consultado em Outubro de 2013 em <http://www.fipa.org/specs/fipa00008/SC00008I.html>.
- FIPA (2002d). FIPA Request Interaction Protocol Specification. Consultado em Outubro de 2013 em <http://www.fipa.org/specs/fipa00026/SC00026H.html>.
- FIPA (2002e). FIPA Contract Net Interaction Protocol Specification. Consultado em Outubro de 2013 em <http://www.fipa.org/specs/fipa00029/SC00029H.html>.
- FIPA (2002f). FIPA Agent Message Transport Service Specification. Consultado em Outubro de 2013 em <http://www.fipa.org/specs/fipa00067/SC00067F.html>.
- FIPA (2002g). FIPA ACL Message Representation in XML Specification. Consultado em Outubro de 2013 em <http://www.fipa.org/specs/fipa00071/SC00071E.pdf>.
- Fishburn, PC. (1967). Additive utilities with incomplete product set: applications to priorities and assignments. Operations Research Society of America, Baltimore.
- Fischer K, Muller JP, Heimig I, & Scheer A. (1996). Intelligent Agents in Virtual Enterprises. In 1st International Conference on the Practical Application of Intelligent Agents and Multi-Agent Technology, London, UK.
- Fox, M. S., Barbuceanu, M., & Teigen, R. (2000). Agent-oriented supply-chain management. *International Journal of Flexible Manufacturing Systems*, 12, 165–188.
doi:10.1023/a:1008195614074.
- Franchi, E., Poggi, A., & Tomaiuolo, M. (2011). Developing Applications with HDS. WOA, volume 741 of CEUR Workshop Proceedings, pp 117-122.
- Fraser, S. Astels, D., Beck, K., Boehm, B., McGregor, J., Newkirk, J., Poole, C. (2003). Discipline and practices of TDD: (test driven development). OOPSLA '03 Companion of the 18th annual ACM SIGPLAN conference on Object-oriented programming, systems, languages, and applications, pp 268-270.

- Fung, R. Y. K., & Chen, T. (2005). A multiagent supply chain planning and coordination architecture. *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 25, 811–819. doi:10.1007/s00170-003-1900-y.
- Funk, P., Gerber, C., Lind, J., & Schillo, M. (1998). SIF: An agent-based simulation toolbox using the EMS paradigm. In *Proceedings of the 3rd International Congress of the Federation of EUROpean SIMulation Societies (EuroSim)*.
- Gamma, E., Helm, R., Johnson, R., Vlissides, J. (1994) *Design patterns: elements of reusable object-oriented software*. Addison-Wesley Professional, November 10, 1994, ISBN: 0201633612.
- Gelernter, D. (1985). Generative Communication in Linda. *ACM Transactions on Programming Languages and Systems*, 7(1):80–112.
- Genesereth, M.R., & Fikes, R.E. (1992). Knowledge Interchange Format. Version 3.0, Reference Manual. Technical Report Logic-92-1, Computer Science Department, Stanford University.
- Georgeff, M. (1996). *Agents with Motivation: Essential Technology for Real World Applications*. The First International Conference on the Practical Applications of Intelligent Agents and Multi-Agent Technology, London, UK, 24th April.
- Ghuri, P.N., Grønhaug, K. (2005), *Research Methods in Business Studies: A Practical Guide*, 3rd ed., Prentice-Hall, London.
- Ghiassi, M., & Spera, C. (2003). Defining the Internet-based supply chain system for mass customized markets, *Computers & Industrial Engineering* 45, 17–41.
- Giannakis, M., & Louis, M. (2011). A multi-agent based framework for supply chain risk management. *Journal of Purchasing and Supply Management*, 17, 23–31. doi:10.1016/j.pursup.2010.05.001.
- Giddens, A. (1990). *The Consequences of Modernity*, Cambridge and Oxford: Polity and Blackwell.
- Gilbert, D., & Janca, P. (1996). *IBM Intelligent Agents*. White Paper of IBM Corporation, Research Triangle Park, NC, US.

- Giorgini, P., Perini, A., Mylopoulos, J., Giunchiglia, F., & Bresciani, P. (2001). Agent-Oriented Software Development: A Case Study. In Proc. of the 13th Int. Conference on Software Engineering & Knowledge Engineering (SEKE01), Buenos Aires, Argentina, June 2001.
- Giorgini, P., Müller, J., Odell, J (Eds.): Agent-Oriented Software Engineering IV, 4th International Workshop, AOSE 2003, Melbourne, Australia. Springer (LNCS 2935).
- Goddard, W. E. (1986). Just-In-Time: Surviving by Breaking Tradition. Oliver Wight Ltd. Pub.
- Goldman, S. L., Nagel, R. N., & Preiss, K. (1995). Agile Competitors and Virtual Organizations: Strategies for Enriching the Customer, Van Nostrand Reinhold, New York, 1995.
- Goldman, S. L., & Preiss, K. (eds) (1991): 21st Century Manufacturing Enterprise Strategy: An Industry-Led View, Bethlehem, PA, Iacocca Institute at Lehigh University.
- González, R., Hernández, D., Prieta, F., Gil, A. (2013). +Cloud: An Agent-Based Cloud Computing Platform. In Omatu, S., Neves, J., Rodriguez, J., Santana, J., Gonzalez, S. (Eds.). Distributed Computing and Artificial Intelligence. Advances in Intelligent Systems and Computing Volume 217, 2013, pp 377-384.
- Grandori, A., & Soda, G. (1995). Inter-firm network: Antecedents, mechanisms and forms. *Organization Studies*, 16(2), pp 183-214.
- Gressler, L. (1989). Pesquisa educacional. Sao Paulo : Loyola.
- Gustafsson, N. (2011). The State of Axum. Consultado em Fevereiro de 2013 em <http://blogs.msdn.com/b/maestroteam/archive/2011/02/28/the-state-of-axum.aspx>.
- Han, T., Sim, K. (2011). An Agent-Based Cloud Service Discovery System that Consults a Cloud Ontology. In Ao, S.-L., Castillo, O., Huang, X. (Eds.) *Intelligent Control and Computer Engineering. Lecture Notes in Electrical Engineering Volume 70*, 2011, pp 203-216.
- Handfield, R. B., Walton, S. V., Sroufe, R., & Melnyk, S. A. (2002). Applying environmental criteria to supplier assessment: A study in the application of the analytical hierarchy process. *European Journal of Operational Research*, 141(1), 70–87.

- Harrigan, K.R. (1985). *Strategies for Joint Ventures*. Lexington Books, ISBN:0669104485, 9780669104486.
- Harris, R. (1980) *Introduction to decision making*. Consultado em Fevereiro de 2013 em <http://www.virtualsalt.com/crebook5.htm>.
- Heineman, G., Councill, W. (2001). *Component-Based Software Engineering: Putting the Pieces Together*. Addison-Wesley Professional, Reading 2001 ISBN 0-201-70485-4.
- Helsingier, A., Thome, M. & Wright, T., (2004). *Cougaar: A Scalable, Distributed Multi-Agent Architecture*. *International Conference on Systems, Man and Cybernetics, 2004 IEEE*, Volume:2.
- Henderson-Sellers, B. (2005). *From Object-Oriented to Agent-Oriented Software Engineering Methodologies*. In *SELMAS 2004* (pp. 1–18). doi:10.1007/978-3-540.
- Henderson-Sellers, B., Giorgini, G. (Eds.) (2005). *Agent-oriented Methodologies*. Idea Group Publishing (June 28, 2005). ISBN: 1591405866.
- Hernandez, J. E., Mula, J., Poler, R., & Pavon, J. (2011). *A Multiagent Negotiation Based Model to Support the Collaborative Supply Chain Planning Process*. *Studies in Informatics and Control*, 20, 43–54.
- Heylighen, F., & Gershenson, C. (2003). *The Meaning of Self-organization in Computing*. *IEEE Intelligent Systems*, 18(4), 2003, pp. 72-75.
- Hiebeler, D. (1994). *The swarm simulation system and individual-based modeling*. In *Proceedings of the International Conference on Advanced Technology for Natural Resource Management*.
- Ho, W., Xu, X., & Dey, P. K. (2010). *Multi-criteria decision-making approaches for supplier evaluation and selection: A literature review*. *European Journal of Operational Research*, 202(1), 16–24. doi:10.1016/j.ejor.2009.05.009.
- Homburg, C., & Schneeweiss, C. (2000). *Negotiation within Supply Chains*. *Computational and Mathematical Organization Theory*, Vol. 6, pp. 47–59.

- Hong, G.H., Park, S.C., Jang, D.S., & Rho, H.M. (2005). An effective supplier selection method for constructing a competitive supply-relationship. *Expert Systems with Applications*, 28(4): 629-639.
- Horvath, L. (2001). Collaboration: the key to value creation in supply chain management. *Supply Chain Management: An International Journal*, Vol.6, No.5, pp.205-207.
- Hosseiniipour, S.J., Jamehshooran, B. G., & Boroomandalipour, N. R. (2012). The Collaborative Advantage in Management. 2nd International Conference on Management and Artificial Intelligence, IPEDR Vol.35 (2012), IACSIT Press, Singapore.
- Howden, N., Ronnquist, R., Hodgson, A., & Lucas, A. (2001). JACK Intelligent Agents – Summary of an Agent Infrastructure. In *Proceedings of the 5th International Conference on Autonomous Agents*.
- Hsieh, C. S., & Hung, J. W. (2009). Integration agent negotiation and data global consistency forms automatic and none bullwhip effect supply chain. *WSEAS Transactions on Information Science and Applications*, 6, 1037–1050.
- Huber, M. (1999). JAM: A BDI-Theoretic Mobile Agent Architecture. In *Proceedings of the 3rd International Conference on Autonomous Agents*, pp. 236–243, New York.
- Huhns, M., & Singh, M. (1998). All Agents Are Not Created Equal. *IEEE Internet Computing*, Volume 2, Issue 3, pp. 94-96.
- Huhns, M., & Stephens, L. (1999). Multiagent systems and societies of agents. In G. Weiss, editor, *Multiagent system: a modern approach to distributed artificial intelligence*. MIT press.
- Huang, S. H., Wang, G., & Dismukes, J. P. (2000). A Manufacturing Engineering Perspective on Supply Chain Integration. In *Proceedings of the 10th International Conference on Flexible Automation and Intelligent Manufacturing (Vol. 1, pp. 201-214)*, College Park.
- Humphreys, P. K., Li, W. L., & Chan, L.Y. (2007). The impact of specific supplier development efforts on buyer competitive advantage: an empirical model. *International Journal of Production Economics*, Volume 106, Issue 1, 2007/3.
- Huxham, C. (Ed.) (1996), *Creating Collaborative Advantage*, Sage Publications, London.

- Hwang, C.L., & Yoon, K.P. (1981). *Multiple attribute decision making: methods and applications*. Springer, New York.
- Irigoyen, J., Galeano, N., Guerra, D., & Molina, A. (2006). Virtual Breeding Environment: Working and Sharing Principles. *Interoperability of Enterprise Software and Applications*, 99–110.
- ISO (2012) ISO/IEC 23271:2012 Information technology – Common Language Infrastructure (CLI). Consultado em Janeiro 2014 em http://www.iso.org/iso/home/store/catalogue_tc/catalogue_detail.htm?csnumber=58046.
- Itabashi, G., Chiba, M., Takahashi, & K., Kato, Y. (2005). A Support System for Home Care Service Based on Multi-agent System. In *Proceedings of 2005 Fifth International Conference on Information, Communications and Signal Processing*.
- Ito, T., & Salleh, M.R. (2000). A blackboard-based negotiation for collaborative supply chain system. *Journal of Materials Processing Technology*, Vol. 107, pp. 398–403.
- Jassbi, J. J., Ribeiro, R. A. & Varela, L. (2014). Dynamic MCDM with Future Knowledge for Supplier Selection. *Journal of Decision Systems*, 23 (3), pp. 232-248. ISSN 1246-0125, doi: 10.1080/12460125.2014.886850.
- Jansson, K., & Thoben, K. (2005). The Extended Products Paradigm, an Introduction. *Knowledge and Skill Chains in Engineering and Manufacturing*. DOI:10.1007/0-387-23572-2_5.
- Jeng, J. J., Ettl, M., & Chung, J. Y. (2006). Commitment based sense-and-respond framework for manufacturing supply chain. *Multiagent Based Supply Chain Management*, 417, 395–417. doi:10.1007/978-3-540-33876-5_15.
- Jennings, N. R. (1994). The Archon System and its Applications. In *Proceedings of the 2nd International Working Conference on Cooperating Knowledge Based Systems (CKBS-94)*, pp. 13–29, Dake Centre, University of Keele, UK.
- Jennings, N. R. (2000). On agent-based software engineering. *Software Engineering. IEE Proceedings*, Volume:144, Issue: 1, pp. 1–20.

- Jennings, N. R., Faratin, P., Johnson, M. J., O'Brien, P., & Wiegand, M. E. (1996). Using Intelligent Agents to Manage Business Processes. First International Conference on the Practical Application of Intelligent Agents and Multi Agent Technology, London, UK.
- Jiao J., You, X., & Kumar, A. (2006). An agent-based framework for collaborative negotiation in the global manufacturing supply chain network. *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing*, Vol. 22, pp. 239–255.
- Jim, K., Giles, C. L. (2000). Talking Helps: Evolving Communicating Agents for the Predator-Prey Pursuit Problem. *Artificial Life*, 6(3), pp. 237-254.
- Jordan, J.A. Jr , & Michel, F.J. (2000). *Next Generation Manufacturing: Methods and Techniques*. John Wiley & Sons, Chichester.
- Kalman, R. E. (1960). A New Approach to Linear Filtering and Prediction Problems. *Transactions of the ASME – Journal of Basic Engineering*, No. 82 (Series D). (1960), pp. 35-45.
- Kangas, A., Kangas, J. , & Pykäläinen, J. (2001). Outranking methods as tools in strategic natural resources planning. *Silva Fennica* 35(2): 215–227. ISSN 0037-5330.
- Kannan, V., & Tan, K. (2002). Supplier selection and assessment: Their impact on business performance. *Journal of Supply Chain Management*, 11–21. doi:10.1111/j.1745-493X.2002.tb00139.x
- Kanter, R.M. (1990). When giants learn cooperative strategies. *Planning Review*, vol.18, n.1.
- Katsonov, A. & Terziyan, V. (2008). Semantic agent programming language (S-APL): A middleware plat-form for the Semantic web. In *Proc. 2nd IEEE International Conference on Semantic Computing*, pages 504–511.
- Kaufmann, A., Gupta, M.M. (1991). *Introduction to Fuzzy Arithmetic: Theory and Applications*. Van Nostrand Reinhold, New York.
- KazemiFard, M., Fatemi, A., NamatBakhsh, N. (2006). EJACK: AN Extended Developing Tool for Tropos. In *Proceedings of the Int. Conf. on Computer and Communication Engineering, ICCCE'06 Vol. I, 9-11 May 2006, Kuala Lumpur, Malaysia*.

- Khouider, S., Monteiro, T., & Portmann, M.C. (2008). Cadre de modelisation pour evaluation par simulation des mecanismes de negociation dans les entreprises en reseau. Proceedings of the 7th International Conference on Modeling and Simulation (MOSIM 08), Paris, France.
- Kidd, P.T., (1994). Agile Manufacturing Forging New Frontiers. Addison-Wesley, Reading, MA.
- Kirn, S., Herzog, O., Lockemann, P., & Spaniol, O. (2006). Multiagent Engineering - Theory and Applications in Enterprises. Springer.
- Kirn, S., Anhalt, C., Krcmar, H., Schwiger, A. (2006). Agent.Hospital – Health Care Applications of Intelligent Agents. In: Kirn, S., Herzog, O., Lockemann, P., Spaniol, O. (Eds.): Multiagent Engineering - Theory and Applications in Enterprises, Series: International Handbooks on Information Systems, Springer, Heidelberg 2006, pp 199-220.
- Klusck, M. (2001). Information Agent Technology for the Internet: a Survey. Data Knowledge Engineering 36(3): pp. 337–372.
- Kokangul, A., & Susuz, Z. (2009). Integrated analytical hierarch process and mathematical programming to supplier selection problem with quantity discount. Applied Mathematical Modeling, 33: 1417-1429.
- Kock, N. (2003). Action research: lessons learned from a multi-iteration study of computer-mediated communication in groups. IEEE Transactions on Professional Communication (46:2), pp 105-128.
- Krause, D. R., & Ellram, L. M. (1997). Critical elements of supplier development. European Journal of Purchasing & Supply Management, Volume 3, Issue 1, 1997/3 pp. 21–31.
- Kruchten, P. (2003). The Rational Unified Process: An Introduction (3rd Edition). Addison-Wesley Professional, ISBN-10: 0321197704.
- Kuwabara, D., Ishida, T., & Osato., N. (1995). AgentTalk: Coordination protocol description for multiagent systems. In Proceedings of the First International Conference on Multi-Agent Systems (ICMAS-95), page 455.

- Lange, D. B. (1996). Java Aglet Application Programming Interface (J-AAPI) White Paper - Draft. Consultado em Março 2013 em <http://ict.udlap.mx/people/edgar/java/JAAPI-whitepaper.html>.
- Lange, D. B., Chang, D. T. (1998). IBM Aglets Workbench White Paper. IBM Corporation.
- Lange, D.B., & Oshima, M. (1999). Seven good reasons for mobile agents. Communications of the ACM CACM Homepage archive Volume 42 Issue 3, March, Pages 88-89.
- Lavoie, L., Marquis, D., Laurin, P. (1996). La recherche-action: théorie et pratique. Presses de l'Université du Québec, Sainte-Foy.
- Lee, J. K., & Chang, Y. S. (2006). A Framework of Optimization Agent for Supply Chain Management, 178, 155–178.
- Lee, E., Ha, S., & Kim, S. (2001). Supplier selection and management system considering relationships in supply chain management. IEEE Transactions on Engineering Management, 48(3), 307–318.
- Lehtonen, T. (2006). Collaborative relationships in facility services. Leadership & Organization Development Journal Vol. 27 No. 6, pp. 449-464.
- Lewin, K. (1946). Action research and minority problems. Journal of Social Issues, 2, 34–36.
- Lewis, D.J. (1990). Partnership for Profit: Structuring and Managing Strategic Alliances. The Free Press, New York, NY.
- L.I.D.O. (2005). Agent Service. Consultado em 14-03-2014 em <http://www.agentservice.it/agentservice.aspx>.
- Liaoa, Z., & Rittscherb, J. (2007). A multi-objective supplier selection model under stochastic demand conditions. International Journal of Production Economics, 105(1), 150–159.
- Lind, J. (2001). Issues in Agent-Oriented Software Engineering. In: Ciancarini, P., Wooldridge, M. (Eds.). Agent-Oriented Software Engineering Lecture Notes in Computer Science Volume 1957, 2001, pp 45-58.

- Liu, J., Ding, F.Y., & Lall, V. (2000). Using data envelopment analysis to compare suppliers for supplier selection and performance improvement. *Supply Chain Management: An International Journal*, 5 (3), 143–150.
- Ljungberg, M., & Lucas, A. (1992). The OASIS Air Traffic Management System. Proceedings of the 2nd International Pacific Rim Conference on Artificial Intelligence, Vol. II, p1003, September.
- Lootsma, F.A. (1999). Multi-criteria decision analysis via ratio and difference judgement. *Applied Optimization Series*, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht.
- Lu, L., & Wang, G. (2008). A study on multi-agent supply chain framework based on network economy. *Computers & Industrial Engineering* 54, 288–300.
- Lucas, A. (1997). Decision Support Systems for Arrivals Flow Management. ATCA International Technical Conference, Prague, Czech Republic, 5 June.
- Lucas, A., Evertsz, R., Maisano, P., Morley, D. & Curmie J. (1995). New Techniques for Tactical Air Traffic Management for Single and Multiple Airports. In: Proceedings, Airports 95 Airport Engineering Innovation, Best Practice and the Environment, Institute of Engineers Australia, Sydney, 9-11 October.
- Lucas, A., Rao, A., Morley, D., Selvestrel, M., & Murray, G. (1992). Agent-oriented architecture for air combat simulation. Proceedings of Future Directions in Simulation Systems Workshop, Melbourne, Australia.
- Lysons, K., & Farrington, B. (2006). *Purchasing and Supply Chain Management*. Prentice Hall. ISBN 0-273-69438-3. 709 p.
- Magedanz, T., Bäumer, C., Breugst, M., Choy, S. (1999). Grasshopper - A Universal Agent Platform Based on OMG MASIF and FIPA Standards. Consultado em Março 2013 em <http://cordis.europa.eu/infowin/acts/analysys/products/thematic/agents/ch4/ch4.htm>.
- Makhoul, H. (1975). Linear prediction: a tutorial review, *Proc. IEEE* 63, 561–580.
- Malucelli, A., Rocha, A., & Oliveira, E. (2004). B2B Transactions enhanced with ontology-based services. *ICETE 1*, page 10-17. INSTICC Press.

- Mandal, A., & Deshmukh, S. (1993). Vendor selection using interpretive structural modelling (ISM). *International Journal of Operations & Production Management*, Volume 14, Issue 6, p52-29.
- Mardani, A., Jusoh, A., & Zavadskas, E. K. (2015). Fuzzy multiple criteria decision-making techniques and applications – Two decades review from 1994 to 2014. *Expert Systems with Applications*, 42(8), 4126–4148. doi:10.1016/j.eswa.2015.01.003
- Martin, R. (2003). *Agile Software Development: Principles, Patterns, and Practices*. Prentice Hall PTR Upper Saddle River, NJ, USA, ISBN:0135974445.
- Martin, D. L., Cheyer, A. J., & Moran, D. B. (1999). The open agent architecture: A framework for building distributed software systems. *Applied Artificial Intelligence*, 13(1-2), 91–128. doi:10.1080/088395199117504.
- Martins, H. (2004). Metodologia qualitativa de pesquisa. *Educação e Pesquisa* vol.30 no.2 São Paulo. doi:10.1590/S1517-97022004000200007.
- Masella, C., & Rangone, A. (2000). A contingent approach to the design of vendor selection systems for different types of co-operative customer/ supplier relationships. *International Journal of Operations & Production Management*, 20(1), 70–84.
- Matos, N., Sierra, C., & Jennings, N.R. (1998). Determining successful negotiation strategies: an evolutionary approach', *Proceedings of the Third International Conference on Multi-Agent Systems (ICMAS-98)*, Grenoble, France, pp. 182–189.
- McGuinness, D., & Harmelen, F. V. (2004). OWL web ontology language overview. W3C Recommendation. Consultado em Fevereiro de 2013 em <http://www.w3.org/TR/owl-features/>.
- McInnes, P.; Hibbert, P.; Beech, N. (2007). Exploring the complexities of validity claims in action research. *Management Research News*, v. 30, n. 5, p. 381-390. <http://dx.doi.org/10.1108/01409170710746373>.
- McIlroy, M.D. (1969). Mass produced software components. *Software Engineering: Report of a conference sponsored by the NATO Science Committee, Garmisch, Germany, 7-11 Oct. 1968*. Scientific Affairs Division, NATO.

- Mesarovic, M. D., Macko D., Takahara, Y. (1970). *Theory of Hierarchical, Multilevel, Systems*. Academic Press, New York.
- Meyer, B. (1988). *Object-Oriented Software Construction*, Prentice Hall, Englewood Cliffs, NJ.
- Miettinen, R.; Lehenkari, J.; Tuunainen, J. (2008). Learning and network collaboration in product development: How things work for human use. *Management Learning*. Vol 39, Edição 2. APR 2008.
- Mills, Terence C. (1990). *Time Series Techniques for Economists*. Cambridge University Press.
- Minar, N., Burkhart, R., Langton, C., & Askenazi, M. (1996). *The swarm simulation system: A toolkit for building multi-agent simulations*. Technical Report 96-06-042, Santa Fe Institute.
- Minayo, M. C. (2007). *O desafio do conhecimento*. 10 ed. São Paulo: Hucitec.
- Mitchell, M. (1996). *An Introduction to Genetic Algorithms*. Cambridge, MA: MIT Press. ISBN 9780585030944.
- Mola, F. D., Cabri, G., Muratori, N., Quitadamo, R., & Zambonelli, F. (2006). The UBIMEDIC framework to support medical emergencies by ubiquitous computing. *ITSSA*, vol. 1, no. 1, pp. 15–26.
- Molesini, A., Denti, E., Omicini, A. (2011). BaSi: Multi-Agent Based Simulation for Medieval Battles, 140-149. In: *Proceedings WOA-2011 – 12th Workshop on Objects and Agents*.
- Monczka, R., Trent, R., & Handfield, R. (1998). *Purchasing and Supply Chain Management*. South-Western College Publishing, New York.
- Monczka, R., Trent, R., & Hanfield, R. (2005). *Purchasing and Supply Chain Management* (3rd edition), Thomson South-Western, ISBN 0-324-20254-7, 768p.
- More, A., Vij, S., Mukhopadhyay, D. (2014). Agent Based Negotiation Using Cloud – An Approach in E-Commerce. In: Satapathy, S., Avadhani, P. S., Udgata, S.K., Lakshminarayana, S. (Eds.). *ICT and Critical Infrastructure: Proceedings of the 48th Annual Convention of Computer Society of India- Vol I*.

- Mototashi, K. (2008). Growing R&D Collaboration of Japanese Firms and Policy Implications for Reforming the National Innovation System. *Asia Pacific Business Review*. Vol. 14, No. 3, July 2008.
- Mowshowitz, A. (1986). Social Dimensions of Automation. In Yovitz, M.C.; Orlando et al. *Advances in Computers*, vol. 25, p. 335-404.
- Moyaux, T., Chaib-Draa, B., & D'Amours, S. (2006). Supply Chain Management and Multiagent Systems: An Overview. *Multiagent Based Supply Chain Management*, 4, 1–27.
doi:10.1007/978-3-540-33876-5.
- Mumford, E., and Weir, M. (1979). *Computer Systems Work Design: The ETHICS Method*. Associated Business Press, London.
- Mylopoulos, J., Castro, J., Kolp, M. (2000). Tropos: A Framework for Requirements-Driven Software Development. In: Brinkkemper, J., Solvberg, A. (Eds.). *Information Systems Engineering: State of the Art and Research Themes*, pp.261-273, Springer, London.
- Mylopoulos, J., Kolp, M. & Castro, J. (2001). UML for agent-oriented software development: The Tropos proposal. In *Proc. of the 4th Int. Conf. on the Unified Modeling Language UML'01*, Toronto, Canada, Oct. 2001.
- Nagarajan, M., & Bassok, Y. (2008). A Bargaining Framework in Supply Chains: The Assembly Problem. *Management Science*, Volume 54 Issue 8, August 2008, pp. 1482-1496.
- Nagel, R., & Dove, R., (1991). *Twenty-first Century Manufacturing Enterprise Strategy – An Industry Led Review*. Vols. 1 and 2. Iacocca Institute, Leigh University, USA.
- Nagurney, A., Cruz, J., & Dong, J. (2003). *Global Supply Chain Networks and Risk Management*, 134(2006), 103–134.
- NASA (2006). *A Match Made in Space*. Consultado em Maio de 2013 em http://spinoff.nasa.gov/Spinoff2006/ch_2.html.
- Neagu, N., Dorer, K., Greenwood, D., & Calisti, M. (2006) LS/ATN: Reporting on a Successful Agent-Based Solution for Transport Logistics Optimization. *Proceedings of the IEEE 2006 Workshop on Distributed Intelligent Systems (WDIS'06)*, Prague.

- Neches, R. (1994). The Knowledge Sharing Effort. Consultado em Fevereiro de 2013 em <http://www-ksl.stanford.edu/knowledge-sharing/papers/kse-overview.html>.
- Nemhauser, G.L., Rinnoy Kan, A.H.G., & Todd, M.J. (1989). Handbooks in Operations Research and Management Science: Volume 1 Optimization, North-Holland, Amsterdam.
- Ng, S.T., & Skitmore, R.M. (1995). CP-DSS: decision support system for contractor prequalification. *Civil Engineering Systems: Decision Making Problem Solving* 12 (2), 133-160.
- Nguyen, X.T., & Kowalczyk, R. (2007). WS2JADE: integrating web service with jade agents. *Proceedings of the 2007 AAMAS international workshop and SOCASE 2007 conference on Service-oriented computing: agents, semantics, and engineering*, page 147–159. Berlin, Heidelberg, Springer-Verlag.
- Nikolai, C. & Madey, G. (2009). Tools of the Trade: A Survey of Various Agent Based Modeling Platforms. *Journal of Artificial Societies and Social Simulation* 12(2)2.
- NIIP (1996). The NIIP Reference Architecture. National Industrial Information Infrastructure Protocols. Disponível na Internet em <http://www.niip.org>.
- Nottale, M., & Baillie, J.-C. (2007). Talking Robots: grounding a shared lexicon in an unconstrained environment. *Proceedings of the Seventh International Conference on Epigenetic Robotics*.
- Nwana, H. S. (1996). Software agents: an overview. *The Knowledge Engineering Review*, 11(03), 205-244. Consultado em Janeiro de 2013, em <http://www.cs.umbc.edu/agents/introduction/ao/>.
- Nwana, H.S., Ndumu, D.T., & Lee, L.C. (1998). ZEUS: An Advanced Tool-Kit for Engineering Distributed Multi-Agent Systems. *Applied AI* 13:1/2, 1998, 129-185.
- Nydick, R.L., & Hill, R.P. (1992). Using the Analytic Hierarchy Process to structure the supplier selection procedure. *International Journal of Purchasing and Materials Management* 28 (2), 31-36.

- Odell, J., Giorgini, P., Müller, J (eds.): Agent-Oriented Software Engineering V - 5th International Workshop AOSE 2004, New York. LNCS 3382, Springer, Berlin 2004.
- Odell, J., Parunak, H., & Bernhard, B. (2000). Representing Agent Interaction Protocols in UML. Proceedings 1st International Workshop on Agent-Oriented Software Engineering (AOSE00), Limerick, June.
- Oliveira, E., & Rocha, A.P. (2001). Agents advanced features for negotiation in electronic commerce and virtual organisations formation process. Lecture Notes in Computer Science, Vol. 1991, pp. 77–96.
- Ohmae, K. (1989). Managing in a Borderless World. Harvard Business Review, 67 (3): 52-61.
- Omicini, A. (2001) SODA: Societies and infrastructures in the analysis and design of agent-based systems. In Ciancarini, P., Wooldridge, M. J. (Eds.). Agent-Oriented Software Engineering. ser. LNCS, Springer, 2001, vol. 1957, pp. 185–193.
- Omicini, A., & Zambonelli, F. (1999) .Coordination for Internet application development. Autonomous Agents and Multi-Agent Systems, vol. 2, no. 3, pp. 251–269, Sep.
- Oquist, P. (1978). The epistemology of action research. Acta Sociologica, v. 21, n. 2, p. 143-163, <http://dx.doi.org/10.1177/000169937802100204>.
- Oracle (2006). Unified Method (OUM) Oracle Brief. Consultado em Março de 2014, em <http://www.oracle.com/us/products/consulting/resource-library/oracle-unified-method1-069271.pdf>.
- Ozkok, B.A., & F. Tiryaki (2011). A compensatory fuzzy approach to multi-objective linear supplier selection problem with multiple-item. Expert Systems with Applications, 38: 11363-11368.
- Padgham, Lin, & Winikoff, M. (2004). The Prometheus Methodology
- Pang, B., & Bai, S. (2011). An integrated fuzzy synthetic evaluation approach for supplier selection based on analytic network process. Journal of Intelligent Manufacturing, 24(1), 163–174. doi:10.1007/s10845-011-0551-3.

- Parandoosh, F. (2007). Evaluating Agent-Oriented Software Engineering Methodologies. 2007 2nd International Workshop on Soft Computing Applications.
doi:10.1109/SOFA.2007.4318323.
- Parunak, H. (1998). Practical and industrial Application of Agent-Based Systems.
- Parung, J., & Bititci, U. S. (2008). A metric for collaborative networks. *Business Process Management Journal* Vol. 14 No. 5, pp. 654-674.
- Passadore, A., Grosso, A., Coccoli, M., & Boccalatte, A. (2008). AgentService in a hand, WOA 2008, From Objects to Agents, Palermo, Italy, November.
- Paulk, M., Weber C., Garcia, S., Chrissis, M., & Bush, M. (1993). Key Practices of the Capability Maturity Model, Version 1.1. Software Engineering Institute, February, p 1.
- Pi, W.N., & Low, C. (2006). Supplier evaluation and selection via Taguchi loss functions and an AHP. *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 27(5-6): 625-630.
- Porter, M. E. (1998). Clusters and the new economics of competition. *Harvard Business Review*, Nov/Dec98, Vol. 76 Issue 6, p77.
- Pressman, R. S. (1997). *Software Engineering: A Practitioner's Approach*, McGraw Hill, New York.
- Provan, K., Fish, A., & Sydow, J. (2007). Interorganizational Networks at the Network Level: A Review of the Empirical Literature on Whole Networks. *Journal of Management* June, 33: 479-516.
- Putnik, G. D. (2001). BM_Virtual Enterprise Architecture Reference Model. In A. Gunasekaran (Ed.), *Agile Manufacturing: 21st Century Manufacturing Strategy* (pp. 73-93). UK: Elsevier Science Publ.
- Putnik, G. D., Souza R. M., et al. (1998). Distributed / Virtual Manufacturing System Cell: An Experimental Installation, *Proceedings of 4th International Seminar on Intelligent Manufacturing Systems*. Belgrado, Yugoslavia.

- Qureshi, M., & Barnawi, A. (2013). Evaluation of the Extended CBD Model: A Case Study using IMS Application, Published in the I.J. Information Technology and Computer Science, 07, pg.36-42, MECS, June.
- Rabelo R., & Camarinha-Matos, L. M. (1996). Towards Agile Scheduling in Extended Enterprise. Balanced Automation Systems II: Implementation Challenges for Anthropocentric Manufacturing, Chapman and Hall, London.
- Rabelo, R., Camarinha-Matos, L. M., & Vallejos, R. (2000). Agent-based brokerage for virtual enterprise creation in the moulds industry. E-Business and Virtual Enterprises, volume 184 of IFIP Conference Proceedings, page 281-290, Kluwer.
- Rao, R.V. (2007). Decision making in the manufacturing environment Using Graph Theory and Fuzzy Multiple Attribute Decision Making Methods. Springer Series in Advanced Manufacturing, Springer. ISBN: 978-1-84628-818-0.
- Rao, A. S. (1996). AgentSpeak(L): BDI agents speak out in a logical computable language. In van Hoe, R., editor, Seventh European Workshop on Modelling Autonomous Agents in a Multi-Agent World, Eindhoven, The Netherlands.
- Rao, A. S., & Georgeff, M. (1991). Modeling rational agents within a BDI architecture. In R. Fikes and E. Sandewall, editors, Second International Conference on Principles of Knowledge Representation and Reasoning, April.
- Rao, A. S., Lucas, A., Morley, D., Selvestrel, M., & Murray, G. (1993). Agent-oriented architecture for air-combat simulation. Tech. Note 43, Australian Artificial Intelligence Institute.
- Rescher, N. (1997). Predicting the Future: An Introduction to the Theory of Forecasting. State University of New York Press, ISBN: 0791435547.
- Ribeiro, R.A. (1996). Fuzzy multiple attribute decision-making: a review and new preference elicitation techniques. Fuzzy sets and systems, 78, 155-181.
- Ribeiro, R. A., Falcão, A., Mora, A., & Fonseca, J. M. (2013). FIF: A fuzzy information fusion algorithm based on multi-criteria decision-making. Knowledge-Based Systems. doi:10.1016/j.knosys.2013.08.032.

- Ricci, A., Omicini, A., Denti, E. (2001). Enlightened agents in TuCSoN. In WOA 2001, Andrea Omicini, Mirko Viroli, editors, Pitagora, September. Consultado em Maio 2013 em <http://lia.deis.unibo.it/books/woa2001/pdf/21.pdf>.
- Romero, D., & Molina, A. (2009). VO breeding environments & virtual organizations integral business process management framework. *Information Systems Frontiers*, 11(5), 569–597. doi:10.1007/s10796-009-9195-7.
- Romero, D., Galeano, N., & Molina, A. (2008). A Virtual Breeding Environment Reference Model and its Instantiation Methodology. *Virtual Enterprises and Collaborative Networks 2008*: 15-24.
- Roy, B. (1991). The outranking approach and the foundations of Electre methods. *Theory and Decision* 31:49–73.
- Roy, B. (1996). *Multicriteria Methodology for decision aiding*. Kluwer Academic Publishers.
- Russel, S., & Norvig, P. (2009). *Artificial Intelligence: A Modern Approach*, 3rd ed., Prentice-Hall.
- Saaty, T. L. (1980). *The analytic hierarchy process*, Mc Graw-Hill, New York.
- Saaty, T. L. (1996). *Decision Making with Dependence and Feedback: The Analytic Network Process*. Pittsburgh, Pennsylvania: RWS Publications. ISBN 0-9620317-9-8.
- Sabharwal, N., & Shankar, R. (2013). *Apache CloudStack Cloud Computing*. PACKT Publishing. ISBN: 978-1-78216-010-6.
- Sanchez, N., Apolinar, A., Zubiaga, G, Atahualpa, J., González, I., Molina. A. (2005). Virtual Breeding Environment: a First Approach to Understanding Working and Sharing Principles. IN: *Proceedings of INTEROP-ESA'05 First International Conference on Interoperability of Information Systems*, Geneva, Switzerland, 2005.
- Sarkar, A., & Mohapatra, P.K.J. (2006). Evaluation of supplier capability and performance: A method for supply base reduction. *Journal of Purchasing and Supply Management*, 12(3): 148-163.

- Sarkis, J., & Talluri, S., (2000). A model for strategic supplier selection. In: Leenders, M. (Ed.), Proceedings of the 9th international IPSERA Conference. Richard Ivey Business School, London, Ontario, pp. 652-661.
- Sarkis, J., & Talluri, S., (2002). A Model for Strategic Supplier Selection. The journal of supply chain management, 38(1), 18 - 28.
- Schillo, M., Lind, J., Funk, P., Gerber, C., & Jung, C. (1999). SIF - The Social Interaction Framework System Description and User's Guide to a Multi-Agent System Testbed. Technical Report TR-99-02, DFKI GmbH.
- Schumacher, M., Chantemargue, F., & Hirsbrunner, B. (1999). The STL++ coordination language: A base for implementing distributed multi-agent applications. In Ciancarini, P., & Wolf, A. (Eds.) Proceedings of the Third International Conference on Coordination Languages and Models (COORDINATION'99). Springer-Verlag.
- Schwaber, K., Beedle, M. (2001). Agile Software Development with Scrum (Series in Agile Software Development). Prentice Hall; October 21, 2001. ISBN-10: 013067634.
- Schwartz, D., Sterling, L.S., & Mayland, E.J., (1991). The FLiPSiDE Blackboard: A Financial Logic Programming System for Distributed Expertise, Proceedings of the First International Conference on Artificial Intelligence Applications on Wall Street, IEEE Press.
- Searle, J. R. (1969) Speech Acts: An Essay in the Philosophy of Language. Cambridge University Press, Cambridge.
- Seifbarghi, M., A. Pourebrahim, & M. Alidoost .(2011). A comprehensive fuzzy multi objective supplier selection model under price brakes and using interval comparison matrices. Journal of Industrial and Systems Engineering, 4(4): 224-244.
- Sheremetov, L., & Rocha-Mier, L. (2008). Supply chain network optimization based on collective intelligence and agent technologies. Human Systems Management, 27, 31–47.
- Shoham, Y. (1989). Time for Action. In Proceedings of the Eleventh International Joint Conference on Artificial Intelligence, 954-959. Menlo Park, California.
- Shoham, Y. (1993). Agent-Oriented Programming. Journal Of Artificial intelligence 60(1):51-92.

- Shuman, J., Twombly, J. (2010). Collaborative Networks Are The Organization: An Innovation in Organization Design and Management. *Vikalpa: The Journal for Decision Makers*; Jan-Mar2010, Vol. 35 Issue 1, p1.
- Shyur, H.J., & Shih, H.S. (2006). A hybrid MCDM model for strategic vendor selection. *Mathematical and Computer Modelling* doi:10.1016/j.mcm.2005.04.018.
- Sierra, C., Faratin, P. and Jennings, N.R. (1997). A service-oriented negotiation model between autonomous agents. In: Padget, J. (Ed.). *Collaboration between Human and Artificial Societies. Lecture Notes in Computer Science Volume 1624*, 1999, pp 201-219
- Sim, K. M. (2012). Agent-Based Cloud Computing. *IEEE Transactions on Services Computing*, vol. 5, no. 4, pp. 564-577, doi:10.1109/TSC.2011.52.
- Singleton, R., Straits, B.C. (1999). *Approaches to social research* Oxford University Press, New York, USA.
- Smirnov, A., Sheremetov, L., Chilov, N., Sanchez-Sanchez, C. (2006). Agent-Based Technological Framework for Dynamic Configuration of a Cooperative Supply Chain. *Multiagent based Supply Chain Management*, Volume 28, 2006, pp 217-246.
- Smith, R.G. (1980). The Contract Net Protocol: High-Level Communication and Control in a Distributed Problem Solver. *IEEE Trans. on Computers* C-29(12):1 104-1113.
- Smith, R.G., & Davis, R. (1981). *Frameworks for Cooperation in Distributed Problem Solving*. IEEE.
- Smirnov, A. V., Sheremetov, L. B., Chilov, N., & Sanchez-Sanchez, C. (2006). Agent-based technological framework for dynamic configuration of a cooperative supply chain. *Multiagent Based Supply Chain Management*, 246, 217–246. doi:10.1007/978-3-540-33876-5_9.
- Sislak, D., Reháč, M., Pechoucek, M., Rollo, M., Pavlíček, D. (2004). A-globe: Agent Development Platform with Inaccessibility and Mobility Support. *Cooperative Information Agents VIII, Lecture Notes in Computer Science Volume 3191*, 2004, pp 199-214-
- Song, H., & Franklin, S., Negatu, A. (1996). SUMPY: A Fuzzy Software Agent. *Proceedings of the ISCA Conference on Intelligent Systems*, Reno Nevada, June.

- Sousa, P., Pimentão, J., Santos, B., & Garção, A. (2004). A Multi-Agent framework for web information retrieval Pedro A. C. Sousa. Proceedings of the Fourth Symposium on Adaptive Agents and Multi-Agent Systems.
- Srinivasan, R., Bansal, M., & Karimi, I. a. (2006). A Multi-Agent Approach to Supply Chain Management. Multiagent Based Supply Chain Management, 450, 419–450. doi:10.1007/978-3-540-33876-5_16.
- Steels, L. (1996) Self-Organising Vocabularies. In Langton, C. (Ed.) Proceedings of Artificial Life V, Nara.
- Steels, L. (1999). The Talkinh Heads Experiment. Words and Meanings, VUB, Brussels.
- Steels, L., Baillie, J.-C. (2003). Shared grounding of event descriptions by autonomous robots. Robotics and Autonomous Systems, Volume 43, Issues 2–3, 31 May 2003, Pages 163–173.
- Subercaze, J., & Maret, P. (2010). Semantic Agent Model for SWRL rule-based agents. In: Proceedings of the International Conference on Agents and Artificial Intelligence, Volume 2 – Agents. ICAART 2010, INSTICC Press, Valencia, Spain. pp. 244-248.
- Sucky, E. (2005). A dynamic model for strategic supplier selection, Operations Research Proceedings, Volume 2004, Part 4, 118-126, DOI: 10.1007/3-540-27679-3_15.
- Sudeikat, J., Braubach, L., Pokahr, A., & Lamersdorf, W. (2005). Evaluation of Agent–Oriented Software Methodologies – Examination of the Gap Between Modeling and Platform. In Agent-Oriented Software Engineering (Vol. 3382, pp. 126–141).
- Susman G.I. & Evered, R.D. (1978). An assessment of the scientific merits of action research. Administrative Science Quarterly, 23(4), 582-603.
- Swaminathan, J. M., Smith, S. F., & Sadeh, N. M. (1998). Modeling supply chain dynamics: A multiagent approach. Decision Sciences, 29, 607–631. doi:10.1111/j.1540-5915.1998.tb01356.x.
- Swierzowicz, J., & Picard, W. (2009). Social Requirements for Virtual Organization Breeding Environments. IN: Leveraging Knowledge for Innovation in Collaborative Networks. IFIP Advances in Information and Communication Technology, 2009, V. 307, 2009.

- Swift, C.O. (1995). Preferences for single sourcing and supplier selection criteria. *Journal of Business Research*, 32, pp. 105–111.
- Sycara, K. (2001). Multi-agent Infrastructure, Agent Discovery, Middle Agents for Web Services and Interoperation. In Luck, M., Mařík, V., Štěpánková, O., Trappl, R. (Eds). *Multi-Agent Systems and Applications Lecture Notes in Computer Science Volume 2086*, pp 17-49.
- Sycara, K., Paolucci, M., & Velse, M. (2003). The RETSINA MAS Infrastructure. *Autonomous Agents and Multi-Agent Systems*, 7(1-2), pp.29–48.
- Szyperski, C. (1998). *Component Software*, Addison-Wesley, Reading, MA.
- Szyperski, C. (2002). *Component Software: Beyond Object-Oriented Programming*. 2nd ed. Addison-Wesley Professional, Boston ISBN 0-201-74572-0.
- Tahiri, F., Osman, M R., Ali, A., Yusuff, R M. & Esfandiary, A. (2008). AHP Approach for supplier evaluation and selection in a steel manufacturing company, Vol. 1, No. 2, 2008, pp 54-76.
- Talia, D. (2011). *Cloud Computing and Software Agents : Towards Cloud Intelligent Services*. CEUR Workshop Proceedings, volume 741, pp 2-6.
- Talluri, S. (2002). A buyer–seller game model for selection and negotiation of purchasing bids. *European Journal of Operational Research*, volume 143, pp 171-180.
- Tam, M., & Tummala, V. (2001). An application of the AHP in vendor selection of a telecommunications system. *Omega*, 29(2), 171–182.
- The EXPIDE project, <http://www.ist-world.org/ProjectDetails.aspx?ProjectId=593d4397eca84f3aa4d556ba714e3453&SourceDatabaseId=9cd97ac2e51045e39c2ad6b86dce1ac2>.
- Thiruchelvam, S., & Tookey, J. E. (2011). Evolving Trends of Supplier Selection Criteria and Methods. *International Journal of Automotive and Mechanical Engineering (IJAME)*, 4(December), 437–454.
- Thoumrungroje, A. (2004). *The effects of globalization on marketing strategy and performance*. Ph.D. thesis, Washington State University.

- Thorat, P., & Sarje, A. (2011). MobiLim: An Agent Based License Management for Cloud Computing. IC3, Volume 168 of Communications in Computer and Information Science, page 335-346. Springer.
- Thorat, P. B., & Sarje, A. K. (2011). MobiLim: An Agent Based License Management for Cloud Computing. In Contemporary Computing (Vol. 168, pp. 335–346).
- Tidhar, G., Selvestrel, M. & Heinze, C. (1995). Modelling Teams and Team Tactics in Whole Air Mission Modelling. In G. F. Forsyth and M. Ali (Eds.) Proceedings of the Eighth International Conference on Industrial Engineering Applications of Artificial Intelligence Expert Systems, pages 373-381, Melbourne, Australia, June 1995. Gordon and Breach Publishers.
- Timpe, C. & Kallrath, J. (2000). Optimal planning in large multi-site production networks. European Journal of Operational Research, 126(2), 422-435.
- Todeva, E., & Knoke, D. (2005). Strategic alliances and models of collaboration. Management Decision, Vol. 43 No. 1, pp. 123-148.
- Tounsi, J., Boissière, J., & Habchi, G. (2009). Multiagent decision making for SME supply chain simulation. In Proceedings - 23rd European Conference on Modelling and Simulation, ECMS 2009 (pp. 203–211).
- Torrance, M. (1991). The AGENT0 Programming Manual, Technical Report, Department of Computer Science, Stanford University.
- Triantaphyllou, E. (2000). Multi-Criteria Decision Making Methods: A Comparative Study. Applied Optimization, volume 44. Springer.
- Tryllian (2013). Agent Dev Kit. Consultado em Março de 2014 em <http://www.tryllian.com/adk.html>.
- Tveit, A. (2001). A Survey of Agent-Oriented Software Engineering. NTNU CSGSC, 4, 367. doi:10.1504/IJWET.2008.019539
- Tzeng, G-H., Huang, J-J. (2011). Multiple attribute decision making: Methods and applications. CRC press, Taylor & Francis Group.

- Ulieru, M. (2007). A complex systems approach to the design and evaluation of holistic security ecosystems. ICCS'07 - 7th International Conference on Complex Systems, Boston, MA, October 28 November 2.
- Ulieru, M., Doursat, R. (2011). International Journal of Autonomous and Adaptive Communications Systems (IJAACS), Vol. 4, No. 1, 2011.
- Ungureanu, G. (2010). From cooperation to globalization. Annals of Spiru Haret University, Economic Series, vol. 1 (10), issue 3.
- UNINOVA (2002). DEEPSIA - dynamic on-line purchasing system based on intelligent agents. Consultado em Março de 2013 em <http://www.uninova.pt/website/index.php%3Fid=233.html>.
- Università degli Studi di Trento (2013). Tropos software development methodology. Consultado em Maio de 2013 em <http://www.troposproject.org/>.
- Unland, R., Klusch, M., & Calisti, M. (2005). A-globe provides the same level of services as JADE, COUGAAR, FIPA-OS, JACK. Software agent-based applications, platforms and development kits.
- Unland, R., Klusch, M., & Calisti, M. (2005). Software agent-based applications, platforms and development kits. Whitestein Series in Software Agent Technologies, pp 197-222.
- Vangen, S., & Huxham, C. (2006). Achieving collaborative advantage: understanding the challenge and making it happen. Strategic Direction, 22(2) pp. 3-5.
- Verharen, E.M., Dignum, F., & Bos, S. (1998). Implementation of a cooperative agent architecture based on the language-action perspective. In M.P. Singh, A. Rao, and M.J. Wooldridge, editors, Intelligent Agents IV. Proceedings of the Fourth International Workshop on Agent Theories, Architectures, and Languages (ATAL-97), Lecture Notes in Artificial Intelligence Vol. 1365, pages 31-44. Springer-Verlag, 1998.
- Virani, K., & Virani, D. (2012). International Journal of Engineering Research & Technology (IJERT), Vol. 1 Issue 9, ISSN: 2278-0181.

- Vogt, P., & Coumans, H. (2003). Investigating social interaction strategies for bootstrapping lexicon development. *Journal of Artificial Societies and Social Simulation* vol. 6, no. 1.
- W3C (2004). SWRL: A Semantic Web Rule Language. Consultado em Novembro 2013 em <http://www.w3.org/Submission/SWRL/>.
- W3C (2009). W3C Semantic Web Frequently Asked Questions. Consultado em Novembro 2013 em <http://www.w3.org/2001/sw/SW-FAQ>.
- Wang, T.Y., & Yang, Y.H. (2009). A fuzzy model for supplier selection in quantity discount environments. *Expert Systems with Applications*, 36: 12179-12187.
- Wang, M., Wang, H., Vogel, D., Kumar, K., & Chiu, D. K. W. (2009). Agent-based negotiation and decision making for dynamic supply chain formation. *Engineering Applications of Artificial Intelligence*, 22, 1046–1055. doi:10.1016/j.engappai.2008.09.001.
- Wayner P. (1995). Free Agents. *Byte Magazine*, March, pp 105-114.
- Weber, C. A., Current, J. R., & Benton, W.C. (1991). Vendor selection criteria and methods. *European Journal of Operational Research*, 50(1), 2- 18.
- Weber, C.A. (1996). A data envelopment analysis approach to measuring vendor performance. *Supply Chain Management*, 1(1), 28–39.
- Weiss, G. (2002). Agent orientation in software engineering. *Knowledge Engineering Review*, 16(4).
- Westbrook, R. (1995). Action research: a new paradigm for research in production and operations management. *International Journal of Operations & Production Management*, v. 15, n. 12, p. 6-20. <http://dx.doi.org/10.1108/01443579510104466>
- Weyns, D., Omicini, A., & Odell, J. J. (2007). Environment as a first-class abstraction in multi-agent systems. *Autonomous Agents and Multi-Agent Systems*, 14(1):5-30.
- Weiss, G. (1999). *Multiagent systems: a modern approach to distributed artificial intelligence*. MIT Press, Cambridge, MA, ISBN:0-262-23203-0.
- Whittle, P. (1951). *Hypothesis Testing in Time Series Analysis*. Almqvist and Wicksell. Whittle, P. (1963). *Prediction and Regulation*. English Universities Press. ISBN 0-8166-1147-5.

- Winograd, T., & Flores, F. (1986). *Understanding computers and cognition: A new foundation for design*. Norwood, New Jersey: Ablex Publishing Corporation.
- Winter, R. (2002). Truth or fiction: problems of validity and authenticity in narratives of action research. *Educational Action Research*, v. 10, n. 1, p. 143-154. <http://dx.doi>.
- Wood-Harper, T., Antill, L., & Avison, D.E. (1985). *Information Systems Definition: The Multiview Approach* Blackwell Scientific, Oxford.
- Wooldridge, M. (1992). *The Logical Modelling of Computational Multi-Agent Systems*. PhD thesis, UMIST, Manchester, October.
- Wooldridge, M., & Jennings, N. (1995). Intelligent agents: Theory and practice. *Knowledge Engineering Review*, 2(10), 115-152.
- Wooldridge, M. (1999). Intelligent Agents. In: "Multi-agent Systems – A Modern Approach to Distributed Artificial Intelligence", G. Weiss (ed.), The MIT Press, Cambridge, MA, ISBN:0-262-23203-0.
- Wooldridge, M., & Ciancarini, P. (2001). Agent-Oriented Software Engineering: The State of the Art. In *Agent-Oriented Software Engineering* (Vol. 1957, pp. 55–82). doi:10.1007/3-540-44564-1_1.
- Wooldridge, M. (2002). *An Introduction to Multiagent Systems*. John Wiley & Sons, New York.
- Wooldridge, M., & Ciancarini, P. (2000). Agent- oriented Software Engineering: The State of the Art". In: "Agent-Oriented Software Engineering", Springer-Verlag, Lecture Notes in AI, Volume 1957.
- Wooldridge, M. (2009). *An Introduction to Multiagent Systems*. 2nd ed., Wiley Publishing.
- Wu, M., & Weng, Y. (2010). A study of supplier selection factors for high-tech industries in the supply chain. *Total Quality Management & Business Excellence*, Volume 21, Issue 4.
- Wu, T., Shunk, D., Blackhurst, J., & Appalla, R. (2007). AIDEA: a Methodology for Supplier Evaluation and Selection in a Supplier-Based Manufacturing Environment. *International Journal of Manufacturing Technology and Management* 11: 174.

- Xia, W., & Wu, Zh. (2007). Supplier selection with multiple criteria in volume discount environments. *Omega*, 35: 494-504.
- Xue, X., Li, X., Shen, Q., & Wang, Y. (2005). An agent-based framework for supply chain coordination in construction. *Automation in Construction*, 14, 413–430.
doi:10.1016/j.autcon.2004.08.010
- Xue, X., Lu, J., Wang, Y., & Shen, Q. (2007). Towards an Agent-Based Negotiation Platform for Cooperative Decision-Making in Construction Supply Chain', In: Nguyen, N.T. et al. (ed.), *Lecture Notes in Computer Science, KES-AMSTA 2007, LNAI 4496*, (pp.416–425), Berlin: Springer-Verlag.
- Yahya, S., & Kingsman, B. (1999). Vendor rating for an entrepreneur development program: A case study using the analytic hierarchy process method. *The Journal of the Operational Research Society*, 51(9), 916–930.
- Yina, J.W., Zhangb, W.Y., & Cai, M. (2010). Weaving an agent-based Semantic Grid for distributed collaborative manufacturing. *International Journal of Production Research*, Vol. 48, No. 7, pp. 2109–2126, Taylor and Francis.
- Yu, F., Kaihara, T., Fujii, N. (2012). A Multi-agent Based Negotiation for Supply Chain Network Using Game Theory. In: Frick, J., Laugen, B. (Eds.). *Advances in Production Management Systems. Value Networks: Innovation, Technologies, and Management IFIP Advances in Information and Communication Technology Volume 384*, 2012, pp 299-308.
- Zadeh, L. A. (1965). Fuzzy Sets. *Information and Control*.8:338-353.
- Zambonelli, F., Jennings, N. R., & Wooldridge, M. (2003). Developing Multiagent Systems: The Gaia Methodology. In *ACM Transactions on Software Engineering Methodology*, 12(3):317-370, July 2003.
- Zhe, Z. (2007). The architecture of multiagent-based agile supply chain. In 2007 International Conference on Wireless Communications, Networking and Mobile Computing, *WiCOM 2007* (pp. 4777–4780). doi:10.1109/WICOM.2007.1173

Zwick, R., & Wallsten, T. S. (1989). Combining stochastic uncertainty and linguistic inexactness: theory and experimental evaluation of four fuzzy probability models. *International Journal of Man-Machine Studies*, 30(1), 69–111. doi:10.1016/S0020-7373(89)80021-5.

Anexos

Esta secção contém os anexos que complementam os conteúdos anteriores e que, pelo seu nível de detalhe e granularidade, se apresentam separadamente.

Anexo 1: Exemplo de simulação (100 iterações, 10 consultas por iteração)

Iteração	Consulta	Custo HPF	Custo HP	Custo P	Custo Melhor Proposta	Dif. para melhor proposta		
						HPF	HP	P
1	1	408263	408263	408263	408263	0	0	0
1	2	412335	411730	412335	411730	605	0	605
1	3	397830	411730	411730	397830	0	13900	13900
1	4	393877	411730	411730	393877	0	17853	17853
1	5	404395	404395	404395	404395	0	0	0
1	6	407613	407613	407613	407613	0	0	0
1	7	403495	403495	403495	403495	0	0	0
1	8	395330	411730	411730	395330	0	16400	16400
1	9	395330	411730	411730	395330	0	16400	16400
1	10	395955	412630	412630	395955	0	16675	16675
2	1	408053	408053	408053	408053	0	0	0
2	2	411438	411730	411438	411438	0	295	0
2	3	407000	403495	403495	403495	3905	0	0
2	4	397255	411730	411730	397255	0	14475	14475
2	5	395330	411730	411730	395330	0	16400	16400
2	6	402966	411730	402966	402966	0	8764	0
2	7	408350	411730	408350	408350	0	3360	0
2	8	397255	411730	412630	397255	0	14475	15375
2	9	397026	411730	411730	397026	0	14525	14525
2	10	393252	411730	411730	393252	0	18478	18478
3	1	398430	407613	407613	398430	0	9183	9183
3	2	403495	403495	403495	403495	0	0	0
3	3	402316	407396	402316	402316	0	5080	0
3	4	395955	407396	407396	395955	0	11441	11441
3	5	398455	411730	411730	398455	0	13275	13275
3	6	402316	402316	402316	402316	0	0	0
3	7	411438	411730	411438	411438	0	295	0
3	8	395955	411730	411730	395955	0	15775	15775
3	9	404566	404566	404566	404566	0	0	0
3	10	395330	411730	411730	395330	0	16400	16400
4	1	395980	411730	411730	395980	0	15750	15750
4	2	398455	413280	413280	398455	0	14825	14825
4	3	397255	411730	411730	397255	0	14475	14475
4	4	413035	411730	413035	411730	1305	0	1305
4	5	406550	412620	406550	406550	0	6270	0
4	6	392652	407861	407861	392652	0	15209	15209
4	7	403495	403495	403495	403495	0	0	0
4	8	394502	411730	411730	394502	0	11728	17228
4	9	412085	407613	407613	407613	4472	0	0
4	10	412135	412180	412135	412135	0	45	0
5	1	406550	403495	403495	403495	2155	0	0
5	2	407613	407613	407613	407613	0	0	0
5	3	396605	412630	412630	396605	0	16025	16025
5	4	407613	407613	407613	407613	0	0	0
5	5	391377	412610	412610	391377	0	21233	21233
5	6	392002	411730	411730	392002	0	19728	19728
5	7	398455	413280	413280	398455	0	14825	14825
5	8	411235	407613	407613	407613	3622	0	0
5	9	407900	411730	407900	407900	0	3830	0
5	10	394527	412380	412380	394527	0	17853	17853
6	1	403495	403495	403495	403495	0	0	0
6	2	395152	407613	407613	395152	0	12461	12461
6	3	395980	411730	411730	395980	0	15750	15750
6	4	404766	404766	404766	404766	0	0	0
6	5	392002	411730	411730	392002	0	19728	19728
6	6	403399	411730	411730	403399	0	8331	8331
6	7	392027	411730	411730	392027	0	19703	19703
6	8	403495	403495	403495	403495	0	0	0
6	9	397230	411730	411730	397230	0	14500	14500
6	10	391377	411730	411730	391377	0	20353	20353
7	1	404419	412630	412630	404419	0	8211	8211
7	2	410785	411730	411730	410785	0	945	945
7	3	403945	403945	403945	403945	0	0	0
7	4	395802	408338	411730	395802	0	12534	15928
7	5	392652	411730	411730	392652	0	19078	19078
7	6	397205	412630	412630	397205	0	16425	16425
7	7	395330	407396	407396	395330	0	12066	12066
7	8	396630	411730	396630	396630	0	15100	0
7	9	397830	412610	412610	397830	0	14780	14780
7	10	408513	408513	408513	408513	0	0	0
8	1	395330	411730	411730	395330	0	16400	16400
8	2	404066	407613	404066	404066	0	3547	0
8	3	403945	403945	403945	403945	0	0	0
8	4	407850	408063	407850	407850	0	213	0
8	5	395330	412630	412630	395330	0	17300	17300
8	6	395955	411730	411730	395955	0	15775	15775
8	7	391377	411730	411730	391377	0	20353	20353
8	8	408503	408503	408503	408503	0	0	0
8	9	395330	413260	413260	395330	0	17930	17930
8	10	395152	412180	412180	395152	0	17028	17028
9	1	409450	408316	409450	408316	1134	0	1134
9	2	395330	411730	411730	395330	0	16400	16400
9	3	398455	412630	412630	398455	0	14175	14175
9	4	395330	412180	412180	395330	0	16850	16850
9	5	397230	411730	411730	397230	0	14500	14500
9	6	411235	412175	412175	411235	0	940	940
9	7	399105	411730	411730	399105	0	12625	12625
9	8	396605	412180	412180	396605	0	15575	15575
9	9	403216	403216	403216	403216	0	0	0
9	10	398455	412180	412180	398455	0	13725	13725
10	1	402316	403495	402316	402316	0	2075	0
10	2	402316	404145	402316	402316	0	1825	0
10	3	392002	413280	413280	392002	0	21278	21278
10	4	395980	412630	412630	395980	0	16650	16650
10	5	403495	403495	403495	403495	0	0	0
10	6	408100	411730	408100	408100	0	3630	0
10	7	397830	412180	412180	397830	0	14350	14350
10	8	408350	412630	408350	408350	0	4280	0
10	9	395955	411730	411730	395955	0	15775	15775
10	10	404116	407396	404116	404116	0	3280	0
11	1	403940	403940	403940	403940	0	0	0
11	2	398455	411730	411730	398455	0	13275	13275
11	3	411235	412630	411235	411235	0	1395	0
11	4	395330	412630	412630	395330	0	17300	17300
11	5	391377	407396	411730	391377	0	16019	20353
11	6	391377	407396	407396	391377	0	16019	16019
11	7	397810	411730	411730	397810	0	13920	13920
11	8	397830	407396	407396	397830	0	9566	9566
11	9	407850	412180	407850	407850	0	4330	0
11	10	408063	408063	408063	408063	0	0	0
12	1	396630	407613	407613	396630	0	10983	10983
12	2	397255	412180	412180	397255	0	14925	14925
12	3	393877	411730	411730	393877	0	17853	17853
12	4	403945	403945	403945	403945	0	0	0
12	5	394527	411730	411730	394527	0	17203	17203
12	6	393302	411730	411730	393302	0	19428	19428
12	7	415670	412630	412630	412630	3040	0	0
12	8	395152	411730	411730	395152	0	16578	16578
12	9	403495	403495	403495	403495	0	0	0
12	10	391377	411730	411730	391377	0	20353	20353
13	1	392002	412610	412610	392002	0	20608	20608
13	2	397830	411730	411730	397830	0	13900	13900
13	3	407000	412630	407000	407000	0	3430	0
13	4	402966	402966	402966	402966	0	0	0
13	5	392027	416064	411730	392027	0	24037	19703
13	6	396605	412180	412180	396605	0	15575	15575
13	7	403666	411730	403666	403666	0	8064	0
13	8	391377	412630	412630	391377	0	21253	21253
13	9	406550	407613	406550	406550	0	1683	0
13	10	403495	403495	403495	403495	0	0	0
14	1	392647	412180	412180	392647	0	19533	19533
14	2	403495	403495	403495	403495	0	0	0

14	3	395580	411730	411730	395580	0	15150	15150
14	4	403899	412175	412175	403899	0	8276	8276
14	5	392002	407613	392002	392002	0	15611	0
14	6	397830	412175	412175	397830	0	14345	14345
14	7	404145	404145	404145	404145	0	0	0
14	8	408263	408263	408263	408263	0	0	0
14	9	399455	411730	411730	399455	0	13275	13275
14	10	415670	412630	412630	412630	3590	0	0
15	1	408063	408063	408063	408063	0	0	0
15	2	394502	411730	411730	394502	0	17228	17228
15	3	395330	411730	411730	395330	0	16400	16400
15	4	399110	411730	411730	399110	0	12620	12620
15	5	405216	407613	405216	405216	0	2397	0
15	6	396580	412630	412630	396580	0	10295	10295
15	7	398480	412630	412630	398480	0	14150	14150
15	8	397830	412180	412180	397830	0	14350	14350
15	9	397830	412630	412630	397830	0	14800	14800
15	10	410785	412380	410785	410785	0	1595	0
16	1	410785	411730	410785	410785	0	945	0
16	2	403495	403495	403495	403495	0	0	0
16	3	402966	403495	402966	402966	0	529	0
16	4	392677	407396	412610	392677	0	14719	19833
16	5	407900	412380	407900	407900	0	4480	0
16	6	395152	411730	411730	395152	0	16578	16578
16	7	404116	403945	404116	403945	171	0	171
16	8	408263	408263	408263	408263	0	0	0
16	9	402316	402316	402316	402316	0	0	0
16	10	398455	412630	412630	398455	0	14175	14175
17	1	415020	411730	411730	411730	3290	0	0
17	2	395330	411730	411730	395330	0	16400	16400
17	3	396580	411730	411730	396580	0	15150	15150
17	4	395980	408263	408263	395980	0	12283	12283
17	5	397830	412630	412630	397830	0	14800	14800
17	6	397830	412630	412630	397830	0	14800	14800
17	7	392652	412380	411730	392652	0	19728	19078
17	8	403399	403399	411730	403399	0	0	8331
17	9	404395	404395	404395	404395	0	0	0
17	10	392027	412630	412630	392027	0	20603	20603
18	1	410785	412180	410785	410785	0	1395	0
18	2	415670	412180	412180	412180	3490	0	0
18	3	403668	403668	403668	403668	0	0	0
18	4	406550	412380	406550	406550	0	5830	0
18	5	391377	411730	411730	391377	0	20353	20353
18	6	391377	412180	412180	391377	0	20803	20803
18	7	396580	412180	412180	396580	0	15600	15600
18	8	404590	404590	404590	404590	0	0	0
18	9	397830	412630	412630	397830	0	14800	14800
18	10	410785	403495	403495	403495	7290	0	0
19	1	415670	412180	412180	412180	3490	0	0
19	2	404409	411730	411730	404409	0	7321	7321
19	3	392652	412380	411730	392652	0	19728	19078
19	4	407450	407613	407450	407450	0	163	0
19	5	407613	407613	407613	407613	0	0	0
19	6	398455	411730	411730	398455	0	13275	13275
19	7	398480	411730	411730	398480	0	13250	13250
19	8	404395	404395	404395	404395	0	0	0
19	9	396630	411730	411730	396630	0	15100	15100
19	10	395330	411730	411730	395330	0	16400	16400
20	1	409143	409143	409143	409143	0	0	0
20	2	398480	412180	412180	398480	0	13700	13700
20	3	402766	402766	402766	402766	0	0	0
20	4	395330	412175	412175	395330	0	16845	16845
20	5	410785	412620	412620	410785	0	1835	1835
20	6	407900	408058	407900	407900	0	158	0
20	7	395955	411730	411730	395955	0	15775	15775
20	8	416260	413280	413280	413280	3540	0	0
20	9	403495	403495	403495	403495	0	0	0
20	10	399080	411730	411730	399080	0	12650	12650
21	1	411685	411730	411730	411685	0	45	45
21	2	395980	407396	407396	395980	0	11416	11416
21	3	403945	403945	403945	403945	0	0	0
21	4	395950	412830	412830	395950	0	16880	16880
21	5	411435	411435	411435	411435	25	0	0
21	6	406520	407613	406520	406520	0	1063	0
21	7	403904	411730	411730	403904	0	7826	7826
21	8	402316	402316	402316	402316	0	0	0
21	9	398455	412180	412180	398455	0	13725	13725
21	10	395330	412630	412630	395330	0	17300	17300
22	1	395330	411730	411730	395330	0	16400	16400
22	2	395330	412180	412180	395330	0	16850	16850
22	3	403495	403495	403495	403495	0	0	0
22	4	402966	407613	402966	402966	0	4647	0
22	5	397830	404395	404395	397830	0	6565	6565
22	6	408350	412175	408350	408350	0	3825	0
22	7	395330	407396	407850	395330	0	12096	12520
22	8	397830	411730	411730	397830	0	13900	13900
22	9	396630	411730	413280	396630	0	15100	16650
22	10	395330	411730	411730	395330	0	16400	16400
23	1	410785	411730	410785	410785	0	945	0
23	2	403495	403495	403495	403495	0	0	0
23	3	410785	411730	411730	410785	0	945	945
23	4	408263	408263	408263	408263	0	0	0
23	5	397830	412180	412180	397830	0	14350	14350
23	6	415020	407613	407613	407613	7407	0	0
23	7	403495	403495	403495	403495	0	0	0
23	8	413035	412630	413035	412630	405	0	405
23	9	398455	411730	411730	398455	0	13275	13275
23	10	394502	412180	412180	394502	0	17678	17678
24	1	404395	404395	404395	404395	0	0	0
24	2	413885	412175	412175	412175	1710	0	0
24	3	395955	412825	412825	395955	0	16870	16870
24	4	395955	407613	407613	395955	0	11658	11658
24	5	395955	411730	411730	395955	0	15775	15775
24	6	408350	412180	408350	408350	0	3830	0
24	7	397830	412175	412175	397830	0	14345	14345
24	8	403495	403495	403495	403495	0	0	0
24	9	411685	407613	407613	407613	4072	0	0
24	10	404385	404385	404385	404385	0	0	0
25	1	397830	412630	412630	397830	0	14800	14800
25	2	416370	411730	411730	411730	4640	0	0
25	3	411685	413280	411685	411685	0	1595	0
25	4	403495	403495	403495	403495	0	0	0
25	5	398455	411730	411730	398455	0	13275	13275
25	6	395330	411730	412630	395330	0	16400	17300
25	7	397830	412180	412180	397830	0	14350	14350
25	8	395330	403495	403495	395330	0	8165	8165
25	9	403616	403945	403616	403616	0	329	0
25	10	397855	412180	412180	397855	0	14325	14325
26	1	395955	412630	412630	395955	0	16675	16675
26	2	410785	412180	410785	410785	0	1395	0
26	3	398455	407396	407396	398455	0	8941	8941
26	4	398480	411730	411730	398480	0	13250	13250
26	5	407450	411730	407450	407450	0	4280	0
26	6	395330	416064	411730	395330	0	20734	16400
26	7	416260	411730	411730	411730	3990	0	0
26	8	404385	404385	404385	404385	0	0	0
26	9	413235	412630	413235	412630	605	0	605
26	10	403899	408063	408063	403899	0	4164	4164
27	1	391377	412180	412180	391377	0	20803	20803
27	2	398455	412380	412380	398455	0	13925	13925
27	3	412135	407396	408613	407396	4739	0	1117
27	4	407613	407613	407613	407613	0	0	0
27	5	413235	411730	411730	411730	1505	0	0
27	6	397830	407396	407396	397830	0	9566	9566
27	7	395330	411730	411730	395330	0	16400	16400
27	8	391377	412180	412180	391377	0	20803	20803
27	9	396605	411730	411730	396605	0	15125	15125
27	10	397830	412180	412180	397830	0	14350	14350

28	1	397830	411730	411730	397830	0	13900	13900
28	2	395330	411730	411730	395330	0	16400	16400
28	3	395330	412630	412630	395330	0	17300	17300
28	4	402966	407613	402966	402966	0	4647	0
28	5	395330	411730	411730	395330	0	16400	16400
28	6	402316	402316	402316	402316	0	0	0
28	7	397830	412380	412380	397830	0	14550	14550
28	8	396580	407613	411730	396580	0	13816	15150
28	9	407613	407613	407613	407613	0	0	0
28	10	407613	407613	407613	407613	0	0	0
29	1	395955	411730	411730	395955	0	15775	15775
29	2	391377	411730	411730	391377	0	20353	20353
29	3	392652	411730	411730	392652	0	19078	19078
29	4	395330	412630	412630	395330	0	17300	17300
29	5	415670	411730	411730	411730	3940	0	0
29	6	407850	411730	407850	407850	0	3880	0
29	7	395330	412180	412180	395330	0	16850	16850
29	8	393252	412180	412180	393252	0	18926	18926
29	9	397830	407396	397830	397830	0	9566	0
29	10	407850	411730	407850	407850	0	3880	0
30	1	417020	412630	412630	412630	4390	0	0
30	2	395330	412630	412630	395330	0	17300	17300
30	3	392627	408513	408513	392627	0	15886	15886
30	4	415020	411730	411730	411730	3290	0	0
30	5	412085	412380	412085	412085	0	295	0
30	6	395330	411730	411730	395330	0	16400	16400
30	7	403495	403495	403495	403495	0	0	0
30	8	399105	412620	412620	399105	0	13515	13515
30	9	403495	403495	403495	403495	0	0	0
30	10	403666	403666	403666	403666	0	0	0
31	1	408513	408513	408513	408513	0	0	0
31	2	391377	411730	411730	391377	0	20353	20353
31	3	399455	407613	407613	399455	0	9158	9158
31	4	395980	412630	412630	395980	0	16850	16850
31	5	395330	412620	412620	395330	0	17290	17290
31	6	393277	411730	411730	393277	0	18453	18453
31	7	397870	412180	412180	397870	0	14310	14310
31	8	404399	412825	412825	404399	0	8426	8426
31	9	403666	408058	403666	403666	0	4392	0
31	10	417070	407613	407613	407613	10057	0	0
32	1	395980	411730	411730	395980	0	15150	15150
32	2	395330	411730	411730	395330	0	16400	16400
32	3	392677	411730	411730	392677	0	19053	19053
32	4	395330	413280	413280	395330	0	17950	17950
32	5	416370	412180	412180	412180	4190	0	0
32	6	402766	402766	402766	402766	0	0	0
32	7	393877	411730	411730	393877	0	17853	17853
32	8	397855	411730	411730	397855	0	13875	13875
32	9	395177	411730	411730	395177	0	16553	16553
32	10	395330	412380	412380	395330	0	17050	17050
33	1	397830	411730	411730	397830	0	13900	13900
33	2	408063	408063	408063	408063	0	0	0
33	3	395955	411730	411730	395955	0	15775	15775
33	4	395330	412630	412630	395330	0	17300	17300
33	5	407613	407613	407613	407613	0	0	0
33	6	395955	412630	412630	395955	0	16675	16675
33	7	403495	403495	403495	403495	0	0	0
33	8	402966	402966	402966	402966	0	0	0
33	9	408390	403945	403945	403945	4405	0	0
33	10	395330	411730	411730	395330	0	16400	16400
34	1	398455	412630	412630	398455	0	14175	14175
34	2	399130	412170	412170	399130	0	13040	13040
34	3	415020	412175	412175	412175	2845	0	0
34	4	403940	403940	403940	403940	0	0	0
34	5	391377	411730	411730	391377	0	20353	20353
34	6	395955	412630	412630	395955	0	16880	16880
34	7	412135	412630	412135	412135	0	45	0
34	8	403945	403945	403945	403945	0	0	0
34	9	395980	411730	411730	395980	0	15750	15750
34	10	395330	412620	412620	395330	0	17290	17290
35	1	397830	412610	412610	397830	0	14780	14780
35	2	406550	412180	406550	406550	0	5530	0
35	3	403399	412180	412180	403399	0	8781	8781
35	4	395330	408046	408513	395330	0	12716	13183
35	5	395330	412180	412180	395330	0	16850	16850
35	6	392027	411730	407613	392027	0	19703	15586
35	7	403216	403216	403216	403216	0	0	0
35	8	398455	411730	411730	398455	0	13275	13275
35	9	408513	408513	408513	408513	0	0	0
35	10	397830	407851	407851	397830	0	10031	10031
36	1	395955	411730	411730	395955	0	15775	15775
36	2	410785	412830	410785	410785	0	2045	0
36	3	398455	407396	411730	398455	0	8941	13275
36	4	415020	411730	411730	411730	3290	0	0
36	5	411435	408263	408263	408263	3172	0	0
36	6	395330	412380	412380	395330	0	17050	17050
36	7	412335	411730	412335	411730	605	0	605
36	8	397830	412620	412620	397830	0	14790	14790
36	9	398455	412180	412180	398455	0	13725	13725
36	10	408800	405025	405025	405025	3775	0	0
37	1	408800	407613	408800	407613	1187	0	1187
37	2	399460	412180	412180	399460	0	13720	13720
37	3	397255	412630	412630	397255	0	15375	15375
37	4	395330	407396	411730	395330	0	12056	16400
37	5	395980	411730	411730	395980	0	15750	15750
37	6	395330	411730	411730	395330	0	16400	16400
37	7	395955	412630	412630	395955	0	16675	16675
37	8	404395	404395	404395	404395	0	0	0
37	9	403416	404595	403416	403416	0	1175	0
37	10	407000	412830	407000	407000	0	5830	0
38	1	403495	403495	403495	403495	0	0	0
38	2	403945	403945	403945	403945	0	0	0
38	3	410785	408503	408503	408503	2282	0	0
38	4	412135	412180	412135	412135	0	45	0
38	5	408513	408513	408513	408513	0	0	0
38	6	395955	411730	411730	395955	0	15775	15775
38	7	395955	412180	412180	395955	0	16225	16225
38	8	404116	408513	404116	404116	0	4397	0
38	9	403495	403495	403495	403495	0	0	0
38	10	403399	413280	413280	403399	0	9881	9881
39	1	403495	403495	403495	403495	0	0	0
39	2	396580	411730	411730	396580	0	15130	15130
39	3	411235	412180	411235	411235	0	945	0
39	4	402966	402966	402966	402966	0	0	0
39	5	393857	411730	411730	393857	0	17873	17873
39	6	395955	408263	408263	395955	0	12308	12308
39	7	407613	407613	407613	407613	0	0	0
39	8	405045	405045	405045	405045	0	0	0
39	9	393857	412620	412620	393857	0	18763	18763
39	10	412585	411730	412585	411730	855	0	855
40	1	396580	411730	411730	396580	0	15150	15150
40	2	403945	403945	403945	403945	0	0	0
40	3	399080	412175	412175	399080	0	13095	13095
40	4	403945	403945	403945	403945	0	0	0
40	5	408390	407613	408390	407613	737	0	737
40	6	395955	411730	411730	395955	0	15775	15775
40	7	398455	412620	398455	398455	0	14165	0
40	8	398455	412630	412630	398455	0	14175	14175
40	9	403495	403495	403495	403495	0	0	0
40	10	408513	408513	408513	408513	0	0	0
41	1	395955	411730	411730	395955	0	15775	15775
41	2	407613	407613	407613	407613	0	0	0
41	3	403495	403495	403495	403495	0	0	0
41	4	403495	403495	403495	403495	0	0	0
41	5	395177	412630	412630	395177	0	17453	17453
41	6	396580	411730	411730	396580	0	15150	15150
41	7	396580	411730	411730	396580	0	15150	15150
41	8	408263	408263	408263	408263	0	0	0

41	9	395955	412170	412170	395955	0	16216	16215
41	10	408800	403495	403495	403495	5305	0	0
42	1	404395	404395	404395	404395	0	0	0
42	2	392002	411730	411730	392002	0	19728	19728
42	3	398455	411730	411730	398455	0	13275	13275
42	4	398480	411730	411730	398480	0	13250	13250
42	5	403945	403945	403945	403945	0	0	0
42	6	397830	411730	411730	397830	0	13900	13900
42	7	397830	411730	411730	397830	0	13900	13900
42	8	392627	411730	411730	392627	0	19103	19103
42	9	393877	411730	411730	393877	0	17853	17853
42	10	402316	402316	402316	402316	0	0	0
43	1	393877	411730	411730	393877	0	17853	17853
43	2	404395	404395	404395	404395	0	0	0
43	3	397830	412180	412180	397830	0	14350	14350
43	4	415470	412630	412630	412630	2840	0	0
43	5	408063	408063	408063	408063	0	0	0
43	6	411435	411730	411435	411435	0	295	0
43	7	415020	412620	412620	412620	2400	0	0
43	8	397230	411730	411730	397230	0	14500	14500
43	9	407900	411730	407900	407900	0	3830	0
43	10	415020	412620	412620	412620	2400	0	0
44	1	408513	408513	408513	408513	0	0	0
44	2	395980	412170	412170	395980	0	16190	16190
44	3	411435	412630	411435	411435	0	1195	0
44	4	395152	411730	411730	395152	0	16578	16578
44	5	403940	403940	403940	403940	0	0	0
44	6	393277	409163	409163	393277	0	15886	15886
44	7	403945	403945	403945	403945	0	0	0
44	8	395980	411730	411730	395980	0	15750	15750
44	9	407850	411730	407850	407850	0	3880	0
44	10	395330	411730	411730	395330	0	16400	16400
45	1	402766	402766	402766	402766	0	1179	0
45	2	395980	411730	411730	395980	0	15750	15750
45	3	411435	412170	412170	411435	0	735	735
45	4	407000	412630	407000	407000	0	5630	0
45	5	393877	407613	407613	393877	0	13736	13736
45	6	403495	403495	403495	403495	0	0	0
45	7	404145	404145	404145	404145	0	0	0
45	8	402623	402623	402623	402623	0	0	0
45	9	402316	402316	402316	402316	0	8197	0
45	10	402316	402316	402316	402316	0	0	0
46	1	403495	403495	403495	403495	0	0	0
46	2	404116	404116	404116	404116	0	0	0
46	3	396580	411730	411730	396580	0	15150	15150
46	4	415020	412630	412630	412630	2390	0	0
46	5	399755	411730	411730	399755	0	11975	11975
46	6	395980	412180	412180	395980	0	16200	16200
46	7	407613	407613	407613	407613	0	0	0
46	8	402316	402316	402316	402316	0	0	0
46	9	406550	412180	406550	406550	0	5630	0
46	10	395330	413280	413280	395330	0	17950	17950
47	1	408263	408263	408263	408263	0	0	0
47	2	399755	408263	408263	399755	0	8308	8308
47	3	402316	402316	402316	402316	0	0	0
47	4	392002	411730	411730	392002	0	19728	19728
47	5	412785	411730	411730	411730	1055	0	0
47	6	408063	408063	408063	408063	0	0	0
47	7	395330	411730	411730	395330	0	16400	16400
47	8	399130	411730	411730	399130	0	12600	12600
47	9	417020	411730	411730	411730	5290	0	0
47	10	395330	403495	403495	395330	0	8165	8165
48	1	405416	408493	405416	405416	0	3077	0
48	2	392652	411730	411730	392652	0	19078	19078
48	3	406550	407613	406550	406550	0	1063	0
48	4	407613	407613	407613	407613	0	0	0
48	5	402969	403495	402969	402969	0	579	0
48	6	392002	412825	412825	392002	0	20823	20823
48	7	403495	403495	403495	403495	0	0	0
48	8	415020	411730	411730	411730	3290	0	0
48	9	407613	407613	407613	407613	0	0	0
48	10	395330	412610	412610	395330	0	17280	17280
49	1	412358	411730	412358	411730	808	0	808
49	2	403940	403940	403940	403940	0	0	0
49	3	412085	411730	411730	411730	355	0	0
49	4	397830	412630	412630	397830	0	14800	14800
49	5	395955	407613	407613	395955	0	11658	11658
49	6	391377	412630	412630	391377	0	21253	21253
49	7	395980	411730	411730	395980	0	15750	15750
49	8	403495	403495	403495	403495	0	0	0
49	9	395330	411730	411730	395330	0	16400	16400
49	10	395980	412175	412175	395980	0	16195	16195
50	1	394502	411730	411730	394502	0	17228	17228
50	2	396630	412180	412180	396630	0	15550	15550
50	3	407450	403399	407450	403399	4051	0	4051
50	4	412085	411730	411730	411730	355	0	0
50	5	395330	412620	412620	395330	0	17290	17290
50	6	397830	411730	411730	397830	0	13900	13900
50	7	403495	403495	403495	403495	0	0	0
50	8	405025	405025	405025	405025	0	0	0
50	9	402316	402316	402316	402316	0	0	0
50	10	397230	408493	408493	397230	0	11283	11283
51	1	396576	411730	411730	396576	0	15125	15125
51	2	396570	412180	412180	396570	0	15610	15610
51	3	397230	411730	411730	397230	0	14500	14500
51	4	395330	412630	412630	395330	0	17500	17500
51	5	398455	412630	412630	398455	0	14175	14175
51	6	395330	411730	411730	395330	0	16400	16400
51	7	396580	412630	412630	396580	0	1609	1609
51	8	395980	412630	412630	395980	0	16650	16650
51	9	405045	405045	405045	405045	0	0	0
51	10	415020	412380	412380	412380	2640	0	0
52	1	398455	411730	411730	398455	0	13275	13275
52	2	393877	411730	393877	393877	0	17853	0
52	3	408750	407996	408750	407996	1354	0	1354
52	4	395330	411730	411730	395330	0	16400	16400
52	5	407200	412630	407200	407200	0	5430	0
52	6	407450	411730	407450	407450	0	4280	0
52	7	408513	408513	408513	408513	0	0	0
52	8	397830	411730	411730	397830	0	13900	13900
52	9	407613	407613	407613	407613	0	0	0
52	10	412358	412180	412358	412180	405	0	405
53	1	397205	412630	412630	397205	0	15425	15425
53	2	411435	407613	407613	407613	3822	0	0
53	3	398455	412630	412630	398455	0	14175	14175
53	4	407900	411730	407900	407900	0	3830	0
53	5	402316	402316	402316	402316	0	0	0
53	6	394502	411730	411730	394502	0	17228	17228
53	7	408063	411730	408063	408063	0	2330	0
53	8	402316	402316	402316	402316	0	0	0
53	9	395980	407613	407613	395980	0	11633	11633
53	10	407613	407613	407613	407613	0	0	0
54	1	395330	411730	411730	395330	0	16400	16400
54	2	392617	412630	412630	392617	0	20013	20013
54	3	411236	411730	411236	411236	0	466	0
54	4	404595	404595	404595	404595	0	0	0
54	5	403495	403495	403495	403495	0	0	0
54	6	407613	407613	407613	407613	0	0	0
54	7	395980	411730	411730	395980	0	15750	15750
54	8	397830	411730	411730	397830	0	13900	13900
54	9	404595	404595	404595	404595	0	0	0
54	10	403945	403945	403945	403945	0	0	0
55	1	408550	411730	408550	408550	0	3180	0
55	2	403495	403495	403495	403495	0	0	0
55	3	395955	407396	407396	395955	0	11441	11441
55	4	410785	403495	403495	403495	7290	0	0
55	5	395330	408063	408063	395330	0	12733	12733
55	6	395330	412630	412630	395330	0	17300	17300

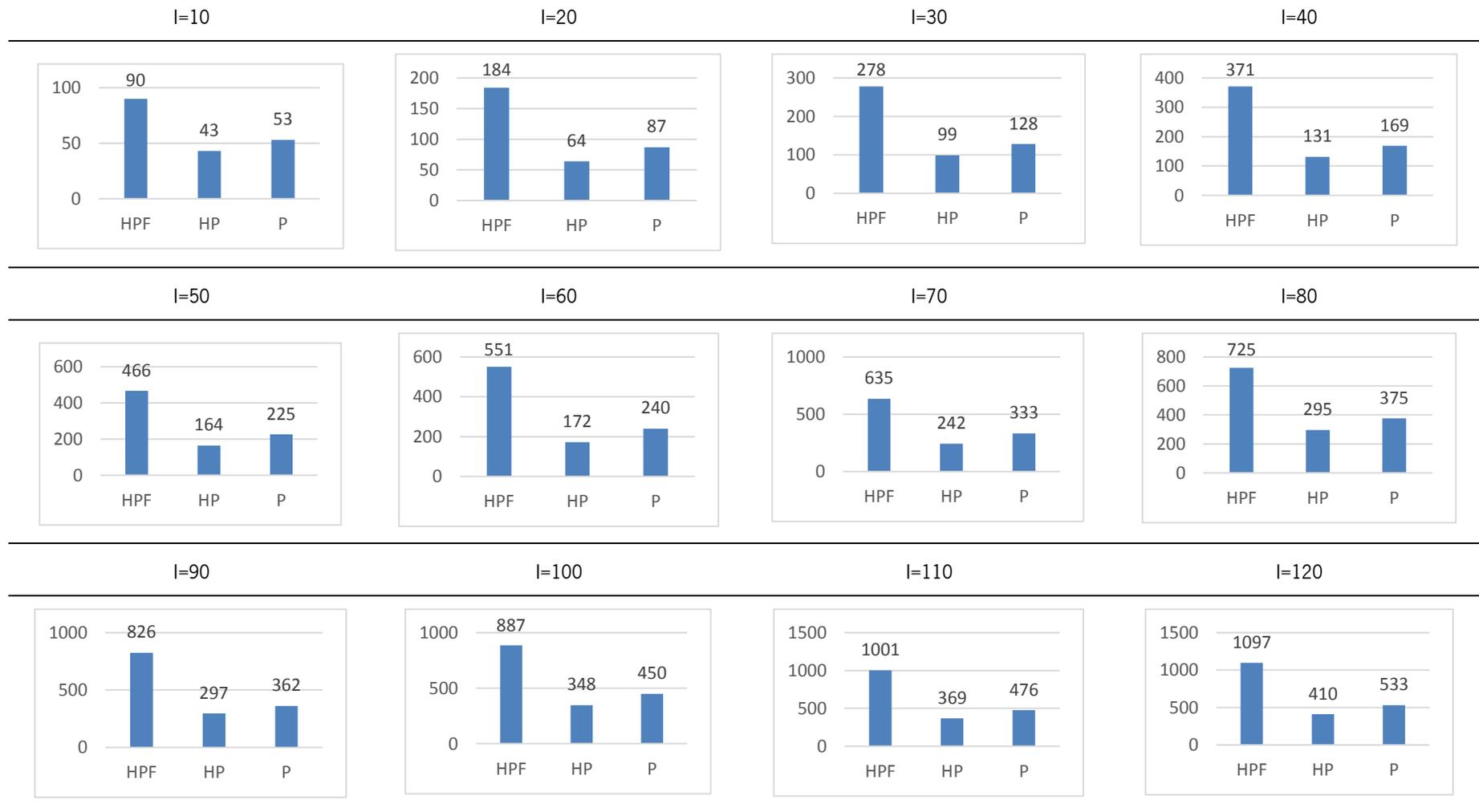
55	7	404566	408513	404566	404566	0	3947	0
55	8	410785	411730	410785	410785	0	345	0
55	9	398455	411730	411730	398455	0	13275	13275
55	10	395330	407396	407396	395330	0	12066	12066
56	1	397255	412630	411730	397255	0	15575	14475
56	2	395330	408503	408503	395330	0	13173	13173
56	3	399480	411730	411730	399480	0	13250	13250
56	4	395955	411730	411730	395955	0	15775	15775
56	5	408053	408053	408053	408053	0	0	0
56	6	403495	403495	403495	403495	0	0	0
56	7	391377	411730	411730	391377	0	20353	20353
56	8	391377	407613	407613	391377	0	16236	16236
56	9	402316	402316	402316	402316	0	0	0
56	10	395330	411730	411730	395330	0	16400	16400
57	1	406550	412630	406550	406550	0	8260	0
57	2	403945	403945	403945	403945	0	0	0
57	3	408493	408493	408493	408493	0	0	0
57	4	397230	411730	411730	397230	0	14500	14500
57	5	416820	411730	411730	411730	5090	0	0
57	6	395330	412380	412380	395330	0	17050	17050
57	7	406350	411730	406350	406350	0	3380	0
57	8	391997	411730	411730	391997	0	19733	19733
57	9	402316	409143	402316	402316	0	6827	0
57	10	412585	408513	408513	408513	4072	0	0
58	1	395955	412180	412180	395955	0	16225	16225
58	2	403495	403495	403495	403495	0	0	0
58	3	395330	412825	412825	395330	0	17495	17495
58	4	404399	404399	411730	404399	0	7331	0
58	5	395980	407396	407396	395980	0	11416	11416
58	6	398455	412825	412825	398455	0	14370	14370
58	7	402316	404395	402316	402316	0	2079	0
58	8	402316	402316	402316	402316	0	0	0
58	9	407613	407613	407613	407613	0	0	0
58	10	395330	412630	412630	395330	0	17300	17300
59	1	395955	408063	408063	395955	0	12108	12108
59	2	395955	407613	407613	395955	0	11658	11658
59	3	403495	403495	403495	403495	0	0	0
59	4	397830	407396	407396	397830	0	9566	9566
59	5	412135	408513	408513	408513	3622	0	0
59	6	395330	408063	408063	395330	0	12933	12933
59	7	399080	412630	399080	399080	0	13550	0
59	8	395330	411730	411730	395330	0	16400	16400
59	9	402316	402316	402316	402316	0	0	0
59	10	403945	403945	403945	403945	0	0	0
60	1	395955	411730	411730	395955	0	15775	15775
60	2	392002	411730	411730	392002	0	19728	19728
60	3	395955	412180	412180	395955	0	16225	16225
60	4	391377	411730	411730	391377	0	20353	20353
60	5	395955	412630	412630	395955	0	16675	16675
60	6	403495	403495	403495	403495	0	0	0
60	7	393302	407613	407613	393302	0	14311	14311
60	8	397830	411730	411730	397830	0	13900	13900
60	9	395955	411730	412630	395955	0	15775	16675
60	10	398455	412170	412170	398455	0	13715	13715
61	1	395330	407396	412180	395330	0	12066	16850
61	2	404395	404395	404395	404395	0	0	0
61	3	396605	412630	412630	396605	0	16025	16025
61	4	395127	411730	411730	395127	0	16603	16603
61	5	395330	412180	412180	395330	0	16850	16850
61	6	395330	412630	412630	395330	0	17300	17300
61	7	402766	402766	402766	402766	0	0	0
61	8	399130	412620	412620	399130	0	13490	13490
61	9	395330	411730	411730	395330	0	16400	16400
61	10	399130	413280	413280	399130	0	14150	14150
62	1	398455	412380	412380	398455	0	13925	13925
62	2	395330	411730	411730	395330	0	16400	16400
62	3	395330	412175	412175	395330	0	16845	16845
62	4	395980	408046	408046	395980	0	12066	12066
62	5	406550	411730	406550	406550	0	5180	0
62	6	397830	411730	411730	397830	0	13900	13900
62	7	403495	403495	403495	403495	0	0	0
62	8	403416	408503	403416	403416	0	5087	0
62	9	395330	412630	412630	395330	0	16400	16400
62	10	391377	411730	411730	391377	0	20353	20353
63	1	392002	411730	411730	392002	0	19728	19728
63	2	404116	404116	404116	404116	0	0	0
63	3	396605	412180	412180	396605	0	15575	15575
63	4	395330	411730	411730	395330	0	16400	16400
63	5	395955	412630	412630	395955	0	16975	16975
63	6	391377	408046	408046	391377	0	16569	16569
63	7	403495	403495	403495	403495	0	0	0
63	8	395950	412180	412180	395950	0	16230	16230
63	9	408513	408513	408513	408513	0	0	0
63	10	396630	412180	412180	396630	0	15550	15550
64	1	407000	411730	407000	407000	0	4730	0
64	2	392677	412175	412175	392677	0	19498	19498
64	3	399105	412630	412630	399105	0	13525	13525
64	4	406550	412175	406550	406550	0	5625	0
64	5	416820	408503	408503	408503	8317	0	0
64	6	415670	412620	412620	412620	3050	0	0
64	7	397830	417159	411730	397830	0	19329	13900
64	8	397230	412380	412380	397230	0	15150	15150
64	9	395330	412180	412180	395330	0	16850	16850
64	10	396630	411730	411730	396630	0	15100	15100
65	1	402316	411730	402316	402316	0	9414	0
65	2	407613	407613	407613	407613	0	0	0
65	3	403616	403616	403616	403616	0	0	0
65	4	407613	407613	407613	407613	0	0	0
65	5	403866	403866	403866	403866	0	0	0
65	6	391377	411730	411730	391377	0	20353	20353
65	7	396605	412380	412380	396605	0	15775	15775
65	8	403866	412170	403866	403866	0	8304	0
65	9	407000	411730	407000	407000	0	4730	0
65	10	393877	408491	408491	393877	0	14614	14614
66	1	415020	413270	413270	413270	1750	0	0
66	2	407613	407613	407613	407613	0	0	0
66	3	398455	411730	411730	398455	0	13275	13275
66	4	398430	407613	407613	398430	0	9183	9183
66	5	406550	408513	406550	406550	0	1963	0
66	6	408350	403945	403945	403945	4405	0	0
66	7	395330	412175	412175	395330	0	16845	16845
66	8	407200	411730	407200	407200	0	4530	0
66	9	395330	412670	412670	395330	0	17280	17280
66	10	404395	404395	404395	404395	0	0	0
67	1	403945	403945	403945	403945	0	0	0
67	2	395330	411730	411730	395330	0	16400	16400
67	3	408350	412630	408350	408350	0	4280	0
67	4	392652	411730	411730	392652	0	19078	19078
67	5	395980	412380	411730	395980	0	15400	15750
67	6	402766	407613	402766	402766	0	4847	0
67	7	394502	407396	412180	394502	0	12894	17678
67	8	404566	404566	404566	404566	0	0	0
67	9	402966	403945	402966	402966	0	979	0
67	10	417470	411730	411730	411730	5740	0	0
68	1	392002	412630	412630	392002	0	20618	20618
68	2	395330	412630	412630	395330	0	17300	17300
68	3	415020	411730	411730	411730	3290	0	0
68	4	402316	402316	402316	402316	0	0	0
68	5	403495	403495	403495	403495	0	0	0
68	6	405416	405416	405416	405416	0	0	0
68	7	410785	412630	410785	410785	0	1845	0
68	8	415020	408513	408513	408513	8507	0	0
68	9	397250	412180	412180	397250	0	14930	14930
68	10	418120	407613	407613	407613	8507	0	0
69	1	412085	412630	412085	412085	0	545	0
69	2	395330	412180	412180	395330	0	16850	16850
69	3	398480	407613	407613	398480	0	9133	9133
69	4	397830	407396	407396	397830	0	9566	9566

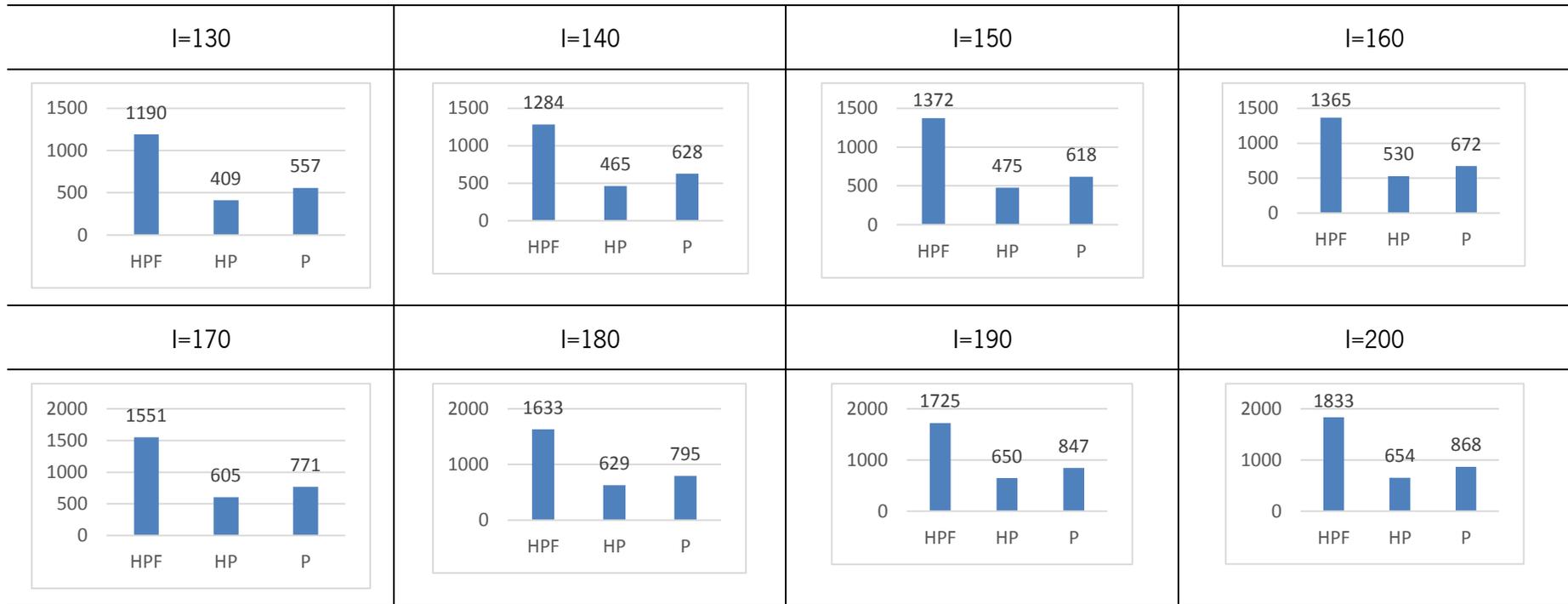
69	5	416320	408058	408058	408058	6262	0	0
69	6	403945	403945	403945	403945	0	0	0
69	7	412135	403495	403495	403495	8640	0	0
69	8	406550	411730	406550	406550	0	5180	0
69	9	395177	408063	408063	395177	0	12886	12886
69	10	393277	412380	412380	393277	0	19103	19103
70	1	407613	407613	407613	407613	0	0	0
70	2	403668	403668	403668	403668	0	0	0
70	3	399600	408063	408063	399600	0	11463	11463
70	4	403216	403216	403216	403216	0	0	0
70	5	395152	412180	412180	395152	0	17028	17028
70	6	397830	412380	412380	397830	0	14550	14550
70	7	396605	412380	412380	396605	0	15775	15775
70	8	416120	411730	411730	411730	4390	0	0
70	9	403495	403495	403495	403495	0	0	0
70	10	391377	411730	411730	391377	0	20353	20353
71	1	395330	412630	412630	395330	0	17300	17300
71	2	398480	412620	412620	398480	0	14140	14140
71	3	403495	403495	403495	403495	0	0	0
71	4	415920	411730	411730	411730	4190	0	0
71	5	414435	408513	408513	408513	2922	0	0
71	6	403495	403495	403495	403495	0	0	0
71	7	403495	403495	403495	403495	0	0	0
71	8	395330	407613	407613	395330	0	12283	12283
71	9	395330	411730	411730	395330	0	16400	16400
71	10	403495	403495	403495	403495	0	0	0
72	1	403495	403495	403495	403495	0	0	0
72	2	403668	403668	403668	403668	0	0	0
72	3	409650	412180	409650	409650	0	2530	0
72	4	416120	412630	412630	412630	3490	0	0
72	5	395955	411730	411730	395955	0	15775	15775
72	6	402316	402316	402316	402316	0	0	0
72	7	393252	411730	411730	393252	0	18478	18478
72	8	404395	404395	404395	404395	0	0	0
72	9	405874	405874	411730	405874	0	0	5826
72	10	407850	412180	407850	407850	0	4330	0
73	1	395950	411730	411730	395950	0	15780	15780
73	2	407200	412610	407200	407200	0	5410	0
73	3	403495	403495	403495	403495	0	0	0
73	4	410785	407613	407613	407613	3172	0	0
73	5	402316	402316	402316	402316	0	0	0
73	6	408513	408513	408513	408513	0	0	0
73	7	397855	412630	412630	397855	0	14775	14775
73	8	398455	411730	411730	398455	0	13275	13275
73	9	410785	412630	410785	410785	0	1845	0
73	10	406550	412630	406550	406550	0	6080	0
74	1	404116	404116	404116	404116	0	0	0
74	2	396580	412170	412170	396580	0	15590	15590
74	3	406550	411730	406550	406550	0	5180	0
74	4	403899	407613	407613	403899	0	3714	3714
74	5	406550	407396	406550	406550	0	846	0
74	6	417670	412830	412830	412830	4840	0	0
74	7	395950	412630	412630	395950	0	16670	16670
74	8	402316	402316	402316	402316	0	0	0
74	9	406550	411730	406550	406550	0	5180	0
74	10	412135	403495	403495	403495	8640	0	0
75	1	395330	412630	412630	395330	0	17300	17300
75	2	397830	411730	411730	397830	0	13900	13900
75	3	403495	403945	403945	403945	0	0	0
75	4	391377	411730	411730	391377	0	20353	20353
75	5	395330	412630	412630	395330	0	17300	17300
75	6	397830	412630	412630	397830	0	14800	14800
75	7	403495	403495	403495	403495	0	0	0
75	8	402316	402316	402316	402316	0	0	0
75	9	410785	411730	411730	410785	0	945	945
75	10	406550	411730	406550	406550	0	5180	0
76	1	412135	408063	408063	412135	3872	0	0
76	2	397830	411730	411730	397830	0	13900	13900
76	3	411435	412630	411435	411435	0	1195	0
76	4	397830	412180	412180	397830	0	14350	14350
76	5	395330	412630	412630	395330	0	17300	17300
76	6	397250	411730	411730	397250	0	14480	14480
76	7	398455	411730	411730	398455	0	13275	13275
76	8	391377	412620	412620	391377	0	21243	21243
76	9	402316	402316	402316	402316	0	0	0
76	10	404145	404145	404145	404145	0	0	0
77	1	392027	407396	412180	392027	0	15369	20153
77	2	392677	412180	412180	392677	0	19503	19503
77	3	392002	411730	411730	392002	0	19728	19728
77	4	415020	411730	411730	411730	3290	0	0
77	5	403945	403945	403945	403945	0	0	0
77	6	391377	411730	411730	391377	0	20353	20353
77	7	408263	408263	408263	408263	0	0	0
77	8	404395	404395	404395	404395	0	0	0
77	9	391377	411730	411730	391377	0	20353	20353
77	10	391377	411730	411730	391377	0	20353	20353
78	1	410785	408513	408513	408513	2272	0	0
78	2	393237	411730	411730	393237	0	18493	18493
78	3	397830	412630	412630	397830	0	14800	14800
78	4	397255	411730	411730	397255	0	14475	14475
78	5	395330	411730	411730	395330	0	16400	16400
78	6	393877	412630	412630	393877	0	18753	18753
78	7	408063	408063	408063	408063	0	0	0
78	8	391377	404585	404585	391377	0	13208	13208
78	9	409000	411730	409000	409000	0	2730	0
78	10	407450	411730	407450	407450	0	4260	0
79	1	395330	412180	412180	395330	0	16850	16850
79	2	391377	407613	407613	391377	0	1626	1626
79	3	397855	404145	404145	397855	0	6290	6290
79	4	402316	402316	402316	402316	0	0	0
79	5	394527	412180	394527	394527	0	17653	0
79	6	406550	407613	406550	406550	0	1063	0
79	7	406550	411730	406550	406550	0	5180	0
79	8	415020	411730	411730	411730	3290	0	0
79	9	397830	416864	411730	397830	0	16234	13900
79	10	397250	412630	412630	397250	0	15400	15400
80	1	397255	412380	412380	397255	0	15125	15125
80	2	403495	403495	403495	403495	0	0	0
80	3	397205	411730	412630	397205	0	14525	15425
80	4	391377	412170	412170	391377	0	20793	20793
80	5	398455	412610	412610	398455	0	14155	14155
80	6	403495	403495	403495	403495	0	0	0
80	7	404116	404116	404116	404116	0	0	0
80	8	403945	403945	403945	403945	0	0	0
80	9	402316	402316	402316	402316	0	0	0
80	10	396630	408063	408063	396630	0	11433	11433
81	1	410785	403945	403945	403945	8640	0	0
81	2	399105	412630	412630	399105	0	13525	13525
81	3	403945	403945	403945	403945	0	0	0
81	4	415020	411730	411730	411730	3290	0	0
81	5	407613	407613	407613	407613	0	0	0
81	6	415020	411730	411730	411730	3290	0	0
81	7	396630	411730	411730	396630	0	15100	15100
81	8	395330	412630	412630	395330	0	17300	17300
81	9	406550	407613	406550	406550	0	1063	0
81	10	397830	411730	411730	397830	0	13900	13900
82	1	407613	407613	407613	407613	0	0	0
82	2	395330	412180	412180	395330	0	16850	16850
82	3	403495	403495	403495	403495	0	0	0
82	4	403495	403495	403495	403495	0	0	0
82	5	394527	411730	411730	394527	0	17203	17203
82	6	395330	407613	407613	395330	0	12283	12283
82	7	397205	411730	411730	397205	0	14525	14525
82	8	411435	408058	408058	408058	3377	0	0
82	9	403495	403495	403495	403495	0	0	0
82	10	407850	411730	407850	407850	0	3880	0
83	1	411235	411730	411235	411235	0	495	0
83	2	395955	411730	411730	395955	0	15775	15775

83	3	413235	412630	413235	412630	605	0	605
83	4	395330	412620	412620	395330	0	17290	17290
83	5	408513	408513	408513	408513	0	0	0
83	6	392002	412180	412180	392002	0	20178	20178
83	7	397830	412180	412180	397830	0	14350	14350
83	8	415470	411730	411730	411730	3740	0	0
83	9	403495	403495	403495	403495	0	0	0
83	10	393887	407613	407613	393887	0	13726	13726
84	1	395980	411730	411730	395980	0	15750	15750
84	2	407613	407613	407613	407613	0	0	0
84	3	395330	412630	412630	395330	0	17300	17300
84	4	413035	411730	413035	411730	1305	0	1305
84	5	395980	412630	412630	395980	0	16650	16650
84	6	396580	407396	412180	396580	0	12816	15800
84	7	403666	407613	403666	403666	0	3947	0
84	8	395330	408063	408063	395330	0	12733	12733
84	9	398455	411730	411730	398455	0	13275	13275
84	10	399730	412380	412380	399730	0	12650	12650
85	1	415020	407613	407613	407613	7407	0	0
85	2	392002	407396	412630	392002	0	15394	20528
85	3	393002	407613	407613	393002	0	13711	13711
85	4	395980	407613	407613	395980	0	11633	11633
85	5	415020	411730	411730	411730	3290	0	0
85	6	396605	407396	407396	396605	0	10791	10791
85	7	404375	404375	404375	404375	0	0	0
85	8	407613	407613	407613	407613	0	0	0
85	9	391997	411730	411730	391997	0	19733	19733
85	10	403666	403495	403666	403666	0	724	0
86	1	410785	407613	407613	407613	3172	0	0
86	2	411235	403399	411235	403399	7836	0	7836
86	3	406550	411730	406550	406550	0	5180	0
86	4	399755	412180	412180	399755	0	12425	12425
86	5	404066	404066	404066	404066	0	0	0
86	6	403399	412630	412630	403399	0	1221	7221
86	7	395330	412195	412630	395330	0	12865	17300
86	8	406550	411730	406550	406550	0	5180	0
86	9	406550	403495	403495	403495	3055	0	0
86	10	403495	403495	403495	403495	0	0	0
87	1	397830	412830	412830	397830	0	15000	15000
87	2	395955	411730	411730	395955	0	15775	15775
87	3	402316	402316	402316	402316	0	0	0
87	4	403495	403495	403495	403495	0	0	0
87	5	415020	411730	411730	411730	3290	0	0
87	6	407000	412180	407000	407000	0	5180	0
87	7	395955	412630	412630	395955	0	16675	16675
87	8	391997	411730	411730	391997	0	19733	19733
87	9	396605	411730	411730	396605	0	15125	15125
87	10	395955	411730	411730	395955	0	15775	15775
88	1	407613	407613	407613	407613	0	0	0
88	2	394527	408063	408063	394527	0	13536	13536
88	3	394502	413260	413260	394502	0	18758	18758
88	4	395330	412825	412825	395330	0	17495	17495
88	5	393857	407613	407613	393857	0	13796	13796
88	6	392002	408513	408513	392002	0	18511	18511
88	7	392647	407613	407613	392647	0	14966	14966
88	8	392652	411730	411730	392652	0	19078	19078
88	9	397830	412380	412380	397830	0	14550	14550
88	10	412785	411730	412785	411730	1055	0	1055
89	1	395955	412630	412630	395955	0	16675	16675
89	2	403495	403495	403495	403495	0	0	0
89	3	397220	412620	412620	397220	0	15400	15400
89	4	403495	403495	403495	403495	0	0	0
89	5	391377	411730	411730	391377	0	20353	20353
89	6	415470	411730	411730	411730	3740	0	0
89	7	391377	411730	411730	391377	0	20353	20353
89	8	408493	408493	408493	408493	0	0	0
89	9	397830	412630	412630	397830	0	14800	14800
89	10	403495	403495	403495	403495	0	0	0
90	1	403495	403495	403495	403495	0	0	0
90	2	397830	412630	412630	397830	0	14800	14800
90	3	411685	408063	408063	408063	3622	0	0
90	4	416620	412620	412620	412620	4200	0	0
90	5	411435	412175	412175	411435	0	740	740
90	6	399130	412610	412610	399130	0	13480	13480
90	7	406550	403495	403495	403495	3055	0	0
90	8	398480	412180	412180	398480	0	13700	13700
90	9	395330	407396	411730	395330	0	12066	16400
90	10	395330	412620	412620	395330	0	17290	17290
91	1	399755	412380	412380	399755	0	12625	12625
91	2	404566	404566	404566	404566	0	0	0
91	3	402316	403495	402316	402316	0	2079	0
91	4	397255	412380	412380	397255	0	15125	15125
91	5	391377	411730	411730	391377	0	20353	20353
91	6	411235	412380	412380	411235	0	1145	1145
91	7	399455	411730	411730	399455	0	13275	13275
91	8	399105	411730	399105	399105	0	12625	12625
91	9	402316	411730	402316	402316	0	9414	0
91	10	392002	412380	412380	392002	0	20378	20378
92	1	396605	411730	411730	396605	0	15125	15125
92	2	399755	412620	412620	399755	0	12865	12865
92	3	397830	412180	412180	397830	0	14350	14350
92	4	402316	402316	402316	402316	0	0	0
92	5	407613	407613	407613	407613	0	0	0
92	6	397255	411730	411730	397255	0	14475	14475
92	7	395330	411730	411730	395330	0	16400	16400
92	8	395955	411730	411730	395955	0	15775	15775
92	9	395980	412630	412630	395980	0	16650	16650
92	10	391377	411730	411730	391377	0	20353	20353
93	1	412156	411730	412156	411730	405	0	405
93	2	396630	412170	412170	396630	0	15540	15540
93	3	395955	411730	411730	395955	0	15775	15775
93	4	395330	407396	407396	395330	0	12066	12066
93	5	402316	402316	402316	402316	0	0	0
93	6	407200	403495	403495	403495	3705	0	0
93	7	392627	408253	408253	392627	0	15636	15636
93	8	403495	403495	403495	403495	0	0	0
93	9	410785	411730	411730	410785	0	945	945
93	10	403495	403495	403495	403495	0	0	0
94	1	407000	412180	407000	407000	0	5180	0
94	2	395955	407851	407851	395955	0	11896	11896
94	3	406550	411730	406550	406550	0	5180	0
94	4	408063	408063	408063	408063	0	0	0
94	5	404395	404395	404395	404395	0	0	0
94	6	395330	411730	411730	395330	0	16400	16400
94	7	395330	411730	411730	395330	0	16400	16400
94	8	395330	412380	412380	395330	0	17050	17050
94	9	395980	412830	412830	395980	0	16850	16850
94	10	398455	412180	398455	398455	0	13725	0
95	1	407613	407613	407613	407613	0	0	0
95	2	397830	412630	412630	397830	0	14800	14800
95	3	417270	411730	411730	411730	5540	0	0
95	4	408703	408703	408703	408703	0	0	0
95	5	407850	407396	407850	407396	454	0	454
95	6	395955	411730	411730	395955	0	15775	15775
95	7	415020	412830	412830	412830	2190	0	0
95	8	393877	411730	411730	393877	0	17853	17853
95	9	402316	402316	402316	402316	0	0	0
95	10	395955	413280	413280	395955	0	17325	17325
96	1	392027	407396	411730	392027	0	15369	19703
96	2	395955	411730	411730	395955	0	15775	15775
96	3	393857	411730	411730	393857	0	17873	17873
96	4	393177	411730	411730	393177	0	16533	16533
96	5	395955	412610	412610	395955	0	16655	16655
96	6	403945	403945	403945	403945	0	0	0
96	7	410785	411730	411730	410785	0	945	945
96	8	397205	411730	411730	397205	0	14525	14525
96	9	416370	412170	412170	412170	4200	0	0
96	10	408300	407613	407613	407613	687	0	0

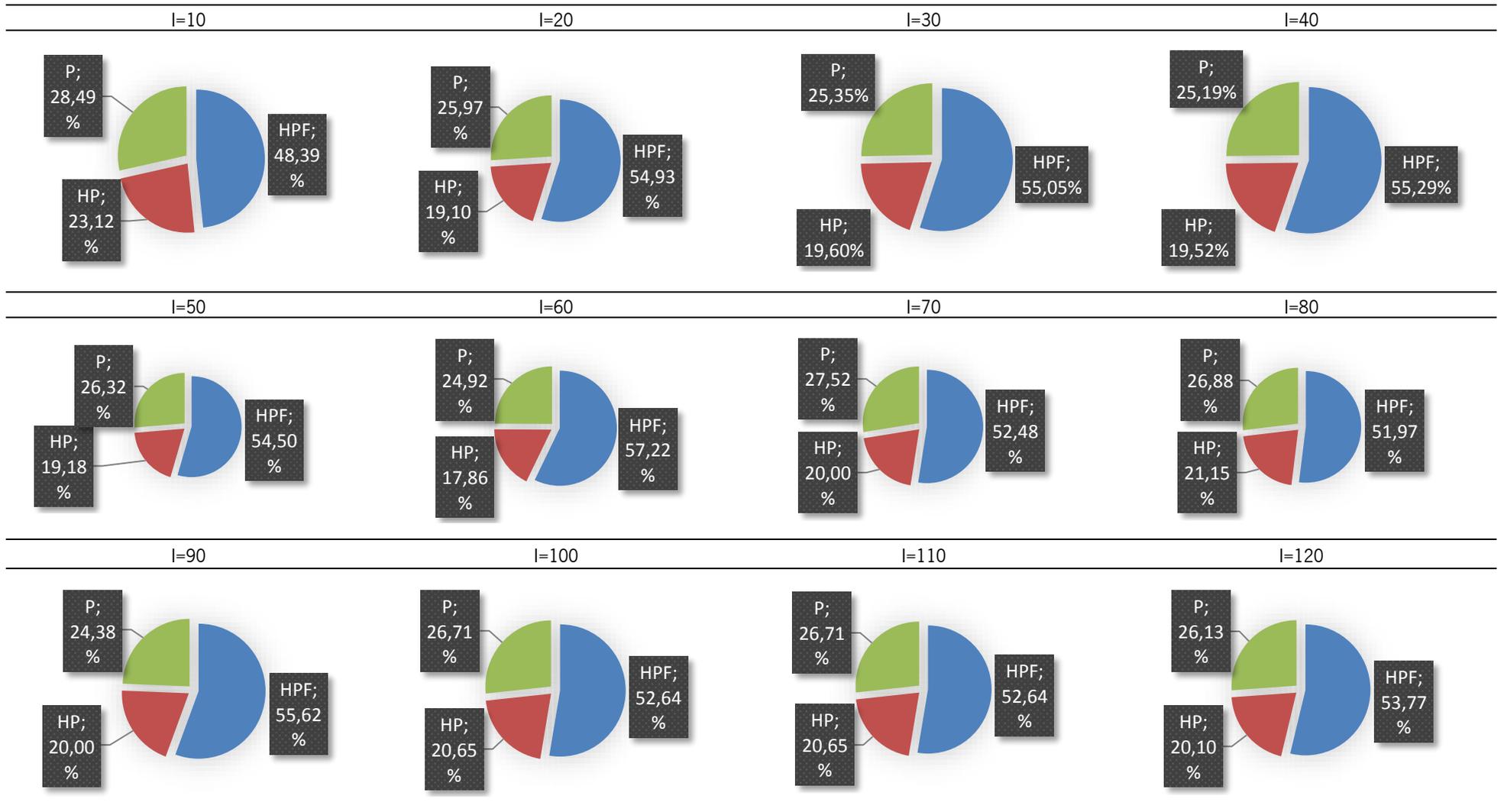
97	1	402766	402766	402766	402766	0	0	0
97	2	402316	402316	402316	402316	0	0	0
97	3	392652	408263	408263	392652	0	15611	15611
97	4	415020	412610	412610	412610	2410	0	0
97	5	396580	412620	412620	396580	0	16040	16040
97	6	399735	411730	411730	399735	0	11975	11975
97	7	397250	412620	412620	397250	0	15370	15370
97	8	406520	407851	406520	406520	0	1301	0
97	9	404116	403935	403935	403935	181	0	0
97	10	407613	407613	407613	407613	0	0	0
98	1	392677	412630	412630	392677	0	19953	19953
98	2	406550	411730	406550	406550	0	5180	0
98	3	398455	411730	411730	398455	0	13275	13275
98	4	407613	407613	407613	407613	0	0	0
98	5	408503	408503	408503	408503	0	0	0
98	6	415020	407613	407613	407613	7407	0	0
98	7	416120	412630	412630	412630	3490	0	0
98	8	399105	412180	412180	399105	0	13075	13075
98	9	392002	412380	412380	392002	0	20378	20378
98	10	412135	407613	407613	407613	4522	0	0
99	1	407613	407613	407613	407613	0	0	0
99	2	415920	407613	407613	407613	8307	0	0
99	3	391377	412180	412180	391377	0	20803	20803
99	4	393877	408063	408063	393877	0	14186	14186
99	5	394502	412380	412380	394502	0	17878	17878
99	6	403945	403945	403945	403945	0	0	0
99	7	391377	412175	412175	391377	0	20798	20798
99	8	395330	412630	412630	395330	0	17300	17300
99	9	412785	411730	412785	411730	1055	0	1055
99	10	415670	412380	412380	412380	3290	0	0
100	1	396605	412630	412630	396605	0	16025	16025
100	2	404066	404066	404066	404066	0	0	0
100	3	407613	407613	407613	407613	0	0	0
100	4	404395	404395	404395	404395	0	0	0
100	5	395330	412180	412180	395330	0	16850	16850
100	6	402316	402316	402316	402316	0	0	0
100	7	391377	412630	412630	391377	0	21253	21253
100	8	408063	408063	408063	408063	0	0	0
100	9	395330	407396	408513	395330	0	12096	13163
100	10	395330	407611	412180	395330	0	12541	16850
		401 425 956,00	409 535 960,00	409 107 783,00	401 026 925,00	887	348	450

Anexo 2: simulação - número melhores soluções por abordagem

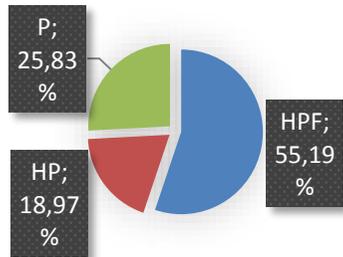




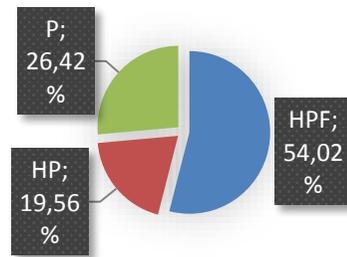
Anexo 3: Simulação - distribuição de melhores soluções por abordagem



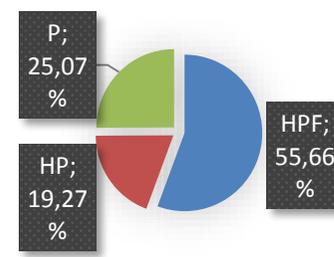
I=130



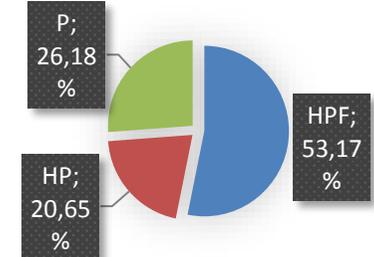
I=140



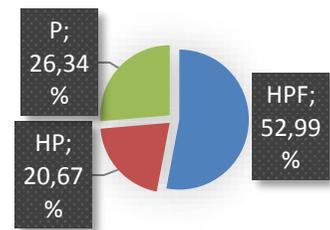
I=150



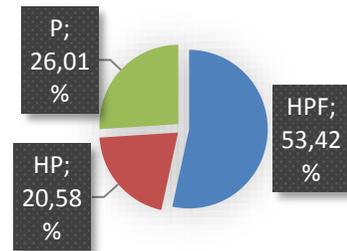
I=160



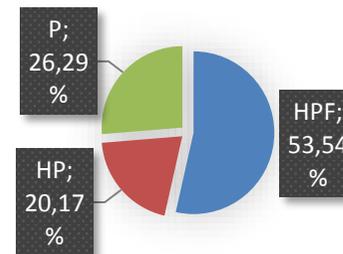
I=170



I=180



I=190



I=200

