

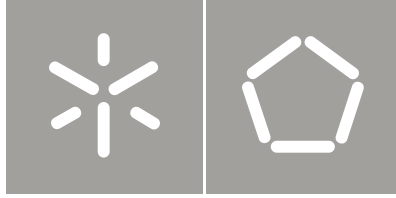


Universidade do Minho
Escola de Engenharia

Cátia Filipa Veiga Alves

Desenvolvimento de um modelo de
gestão em tempo real para empresas virtuais

Cátia Filipa Veiga Alves
Desenvolvimento de um modelo de
gestão em tempo real para empresas virtuais



Universidade do Minho
Escola de Engenharia

Cátia Filipa Veiga Alves

Desenvolvimento de um modelo de
gestão em tempo real para empresas virtuais

Dissertação de Mestrado
Ciclo de Estudos Integrados Conducentes ao
Grau de Mestre em Engenharia e Gestão Industrial

Trabalho efectuado sob a orientação de
Professor Doutor Goran D. Putnik
Professora Doutora Maria Leonilde R. Varela

AGRADECIMENTOS

A elaboração e finalização desta dissertação não seria possível sem o apoio de todas as pessoas que direta ou indiretamente contribuíram para o seu culminar. Não posso deixar de expressar os meus sinceros agradecimentos a algumas pessoas que foram um ponto-chave na redação desta dissertação.

Em primeiro lugar, e acima de tudo, queria expressar os meus maiores agradecimentos ao Prof. Doutor Goran D. Putnik, meu orientador, que fez com que esta dissertação não fosse individual, mas sim coletiva, através da sua disponibilidade e orientação. Pela sua capacidade em transmitir conhecimento com alegria, mérito e exigência, o meu obrigado. Gostaria também de agradecer à Prof. Doutora Maria Leonilde Varela, coorientadora, pelo seu contributo assertivo, incentivo e apoio durante todo o período de estudo, desenvolvimento do projeto.

Ao Eng.º Hélio Castro, que sempre me apoiou com esclarecimento de dúvidas que foram surgindo ao longo de todo o desenvolvimento da dissertação, mas também pelo interesse demonstrado no resultado final. O meu muito obrigado pelas horas de partilha do mesmo espaço de trabalho. Ao Prof. Luís Ferreira e ao Mestre Vaibhav Shah pela ajuda prestada em temas desta dissertação e alegria sempre contagiante que me transmitiram.

Desejaria de agradecer ainda a todos os professores de dentro e fora da Universidade do Minho que através do seu trabalho me proporcionaram fontes para a valorização e fundamentação desta dissertação.

Os meus agradecimentos aos meus colegas de perfil de especialidade, Alberto Granja, André Silva, Armando Torre e Tiago Torrão, que com eles debati ideias que fizeram crescer o meu conhecimento.

Não podia esquecer de agradecer à minha família pelo apoio incondicional que me deram ao longo do meu curso. Aos meus pais e irmão, e a meus sogros pela força e ânimo pela confiança que depositaram em mim.

Por fim gostaria de deixar um agradecimento muito especial ao meu marido José Domingos pela paciência, apoio, exemplo, alegria, disponibilidade e amor que sempre demonstrou em todos os momentos ao longo desta jornada, e que me fez sempre acreditar do que eu era capaz.

A Todos o meu Obrigado!

RESUMO

Desenvolvimento de um modelo de gestão em tempo real para empresas virtuais

Hoje em dia tem-se a percepção do crescimento das empresas como um fator importante no desenvolvimento da economia. Como tal, Associações e Projetos têm vindo a desenvolver projetos traçados para o que as empresas necessitam, apontando para a crescente aposta em sistemas de gestão em tempo real. Nesse sentido nesta dissertação é proposta a investigação sobre o desenvolvimento de um modelo de gestão em tempo real para empresas virtuais (empresas em rede), com vista a redução do tempo de resposta ao mercado.

Além deste modelo, e devido à importância do tempo de reconfiguração na crescente necessidade de alinhamento de negócio das empresas, desenvolveu-se uma estrutura para o tempo de reconfiguração e integração, onde se melhorou o modelo de estrutura do tempo de integração, introduzindo o tempo de transporte entre recursos.

Com a construção e a validação do modelo de gestão em tempo real verificou-se a necessidade das empresas conseguirem mudar de recursos quase em tempo real, a cada momento de reconfiguração. No contexto de rede de empresas, estas devem ser essencialmente pequenas empresas devido aos seus baixos custos fixos.

A dissertação apresenta contribuição original para a literatura através (1) do desenvolvimento de um modelo de gestão em tempo real onde o processo de gestão em tempo real é realizado através de um modelo teórico, e (2) do desenvolvimento de uma estrutura para o tempo de integração através da construção e preenchimento de novas visões sobre as arquiteturas de integração.

Desta dissertação surge ainda a necessidade de trabalho futuro em campo empresarial que certamente irá trazer uma mais-valia para as empresas em rede, com o objetivo de as tornar mais cooperantes entre si, de modo a satisfazer objetivamente os seus clientes e reduzir o consumo de energia, como por exemplo, nos serviços de transporte.

Palavras-chave: reprogramação da produção, planeamento “*fixed horizon*”, planeamento “*rolling horizon*”, gestão em tempo real, sistemas de produção reconfiguráveis, empresas virtuais, integração, mercado de recursos.

ABSTRACT

Development of a real time management model for virtual enterprises

The growth of enterprises is seen as a relevant economic development factor in nowadays. Aligning with the contemporary and emergent enterprises needs, the main company's investments and projects focus goes towards the real time management systems. Considering this and in order to make more agile and to minimize the time-to-market reaction, the development of a new model of real time management on virtual enterprises is proposed in the adjacent work of this thesis.

The emergent need to be quickly aligned with the continuous changes on global business paradigms and overcome the competition brought by the multiple potential stakeholders, the time to reconfigure and to face with the new requirements is critical. Since a new structure for reconfiguration and integration times that considers the transport time between resources was developed and a better integration time structured was archived.

After the proposed real time management model validation, the enterprises needs for real time resources change in their reconfiguration process, became evident. Furthermore, in a networked enterprises context these companies need to be essentially small enterprises due to their lower fixed costs.

This thesis presents an innovative scientific contribution to real time systems since it follows a theoretical model. It develops an integration time structure through the construction and fulfilment of new visions about integration architectures, as well.

From this thesis appears the need of future work in the industry that will bring an added value to the networked enterprise, in order to make them more co-operative to achieve the client's needs and reduce energy consumption.

Keywords: production reprogramming, fixed horizon planning, rolling horizon planning, Real Time management, reconfigurable manufacturing systems, virtual enterprises, integration, market of resources.

Índice

AGRADECIMENTOS	iii
RESUMO	v
ABSTRACT	vii
Índice	ix
Índice de Figuras	xiii
Índice de Tabelas	xv
Índice de Equações	xvii
Lista de Abreviaturas	xix
Capítulo 1. Introdução	3
1.1 ENQUADRAMENTO	3
1.2 OBJETIVOS	4
1.3 METODOLOGIA	5
1.4 ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO	5
Capítulo 2. Estado da Arte	9
2.1 MODELOS DE “ <i>FIXED HORIZON</i> ” E “ <i>ROLLING HORIZON</i> ”	10
2.2 MODELOS DE GESTÃO EM TEMPO REAL	13
2.2.1 Informação em Tempo Real	13
2.2.2 Algoritmo “ <i>Greedy</i> ”	16
2.3 “ <i>RECONFIGURABLE MANUFACTURING SYSTEMS</i> ”	16
2.4 MODELOS ORGANIZACIONAIS AVANÇADOS	18
2.4.1 “ <i>Extended Enterprise</i> ”	18
2.4.2 “ <i>Agile Enterprise/Manufacturing Model</i> ”	19
2.4.3 “ <i>Supply Chain Management</i> ”	20

2.4.4	Empresa ou Organização Virtual.....	21
2.4.5	Modelo de Referência BM_VEARM	22
2.5	REQUISITOS PARA A INTEGRAÇÃO DE EMPRESAS VIRTUAIS.....	24
2.5.1	Dinâmica de Redes de Organizações	24
2.5.2	Dinâmica de Reconfigurabilidade das Redes de Organizações.....	25
2.5.2.1	Parâmetros da Dinâmica de Reconfigurabilidade das Redes de Organizações	27
2.5.2.2	Limitações da Dinâmica de Reconfigurabilidade das Redes de Organizações	29
2.5.3	Instrumento de Alinhamento de Negócio e Dinâmica de Organizações – Caso: Mercado de Recursos.....	30
2.5.4	Estrutura Global do Mercado de Recursos	31
2.5.5	Modelos de Pesquisa, Seleção e Integração Dependente e Independente	32
2.6	“ <i>GENERATIVE INTEGRATION</i> ” COMO PARADIGMA DE INTEGRAÇÃO DE EMPRESAS VIRTUAIS.....	36
Capítulo 3. Modelo de Estrutura de Tempo de Reconfiguração e Integração.....		41
3.1	ABORDAGEM INICIAL.....	41
3.2	MODELO DE ESTRUTURA DO TEMPO DE RECONFIGURAÇÃO OU INTEGRAÇÃO.....	43
3.3	EXEMPLOS COM ARQUITETURAS DE SISTEMAS SEQUENCIAIS ELEMENTARES	51
Capítulo 4. Modelo de Gestão em Tempo Real para Empresas Virtuais		59
4.1	PRESSUPOSTOS E PLANEAMENTO GERAL DO MODELO PROPOSTO	59
4.2	MODELO PARA O CÁLCULO DO “ <i>TIME-TO-MARKET</i> ” EM GERAL (SEM RECONFIGURAÇÕES).....	62
4.3	MODELO DE REPROGRAMAÇÃO COM “ <i>FIXED HORIZON</i> ” PARA EMPRESAS VIRTUAIS.....	63
4.4	MODELO DE REPROGRAMAÇÃO COM “ <i>ROLLING HORIZON</i> ” PARA EMPRESAS VIRTUAIS	66
4.5	MODELO PROPOSTO DE GESTÃO EM TEMPO REAL PARA EMPRESAS VIRTUAIS.....	68
Capítulo 5. Validação do modelo proposto.....		75
5.1	EXPERIÊNCIAS REALIZADAS.....	75
5.1.1	Experiência com Recursos no Mercado e-Tradicional	77

5.1.2	Experiência com Recursos no Mercado de Recursos	79
5.2	ANÁLISE DE RESULTADOS E DINÂMICA DE RECONFIGURAÇÃO	80
Capítulo 6.	Conclusões	85
6.1	CONSIDERAÇÕES FINAIS	85
6.2	CONTRIBUIÇÃO ORIGINAL DISSERTAÇÃO	86
6.3	TRABALHOS FUTUROS	86
	Referencias bibliográficas	89
	Anexos	99
	Anexo 1 - Capacidades disponíveis dos Recursos	103
	Anexo 2 – Procedimentos de Cálculo	111

Índice de Figuras

Figura 1 – Fases da Dissertação	5
Figura 2 – Planeamento baseado em “ <i>Rolling Horizon</i> ” (Fleischmann, Meyr, & Wagner, 2005).....	10
Figura 3 – Ilustração do ambiente de planeamento em “ <i>Rolling Horizon</i> ” (Narayanan & Robinson, 2010)	12
Figura 4 – Análise da Performance de: a) e c) Empresa de Multiprodutos; b) e d) Estrutura Rede [Adaptada de: (Cunha, Putnik & Ávila, 2007)]	25
Figura 5 – Dinâmica de redes considerando uma sucessão de estágios de rede ao longo do tempo (Cunha & Putnik, 2005)	25
Figura 6 – Dinâmica Organizacional: Parâmetro de configuração da rede (F) como função do tempo (t) (Putnik, Cunha, Cortes & Ávila, 2007)	27
Figura 7 – Capacidade da Rede e Procura do Mercado como função do tempo (Putnik, Cunha, Cortes & Ávila, 2007)	28
Figura 8 – Alinhamento da Capacidade da Empresas com a função do mercado (Putnik, Cunha, Cortes & Ávila, 2007)	29
Figura 9 – IDEF0 do funcionamento dos principais processos do MR (Cunha, 2003)	32
Figura 10 – Ciclo de vida da integração (G. D. Putnik & Putnik, 2010)	37
Figura 11 – Abordagem Inicial ao Modelo	42
Figura 13 – Arquiteturas de Integração: Direta, Federada, Aberta (Putnik, Spasic, Sousa & Naldinho (2002))	43
Figura 14 – Notação para as Arquiteturas de Integração	43
Figura 12 – Organização em rede interempresas de um sistema de produção.....	43
Figura 15 – Diagrama para uma estrutura do tempo de reconfiguração.....	44
Figura 16 – Exemplo: Arquitetura Aberta – Implementação Física Federada	47
Figura 17 – Combinação para a Arquitetura Federada – Implementação Física	48
Figura 18 – Combinação para a Arquitetura Aberta – Implementação Física.....	48
Figura 19 – Arquitetura Federada – Implementação Física	48
Figura 20 – Arquitetura Aberta – Implementação Física	49
Figura 21 – Diferentes notações para a integração: a) Física b) Lógica	52
Figura 22 – Organização em Rede de Serviços de ferramentas CAD	52

Figura 23 – Organização em Rede dos Recursos das Empresas	55
Figura 24 – Abordagem ao Modelo de reprogramação com “ <i>Fixed Horizon</i> ”	64
Figura 25 – Abordagem ao Modelo de reprogramação com “ <i>Rolling Horizon</i> ”	67
Figura 26 – Abordagem ao Modelo de Gestão em Tempo Real.....	69
Figura 27 – Abordagem ao Extremo do Modelo de Gestão em Tempo Real.....	71
Figura 28 – TTM no Modelo de reprogramação com “ <i>Fixed Horizon</i> ” – e-tradicional.....	77
Figura 29 – TTM no Modelo de reprogramação com “ <i>Rolling Horizon</i> ” – e-tradicional.....	78
Figura 30 – TTM no Modelo Gestão em Tempo Real – e-tradicional.....	78
Figura 31 – TTM no Modelo de reprogramação com “ <i>Fixed Horizon</i> ” – Mercado de Recursos	79
Figura 32 – TTM no Modelo de reprogramação com “ <i>Rolling Horizon</i> ” – Mercado de Recursos	79
Figura 33 – TTM no Modelo Gestão em Tempo Real – Mercado de Recursos	79
Figura 34 – Capacidades de dois recursos.....	81
Figura 35 – Capacidades de dez recursos.....	81

Índice de Tabelas

Tabela 1 - Características comuns entre RMS com DML e FMS (Koren & Shpitalni, 2010).....	18
Tabela 2 – Atividades de Integração de Empresas Virtuais [Adaptada de (Cunha & Putnik, 2006a)].	33
Tabela 3 – Modelo de Seleção, Integração dos k recursos, considerando o modelo de seleção independente.....	35
Tabela 4 – Constantes de tempo (minutos) (Cunha & Putnik, 2006a)	36
Tabela 5 - Notações presentes no Cálculo do Tempo de Reconfiguração	45
Tabela 6 - Tempo de Operação da Implementação do Meio de Integração na reconfiguração i	51
Tabela 7 – Dados de Entrada do Modelo no Excel	75
Tabela 8 – Recursos candidatos para cada operação.....	76
Tabela 9 – Tempo de Transporte dos recursos	76
Tabela 10 – Matriz de Capacidades no Planeamento sem Reconfigurações	103
Tabela 11 – Matriz de Capacidades na Primeira Reconfiguração	104
Tabela 12 – Matriz de Capacidades na Segunda Reconfiguração.....	105
Tabela 13 – Matriz de Capacidades na Terceira Reconfiguração.....	106
Tabela 14 – Matriz de Capacidades na Quarta Reconfiguração.....	107
Tabela 15 – Matriz de Capacidades na Quinta Reconfiguração	108
Tabela 16 – Modelo de “Fixed Horizon” – e-Tradicional (sem reconfiguração).....	111
Tabela 17 – Modelo de “Fixed Horizon” – e-Tradicional (reconfiguração 1)	111
Tabela 18 – Modelo de “Fixed Horizon” – e-Tradicional (reconfiguração 2)	112
Tabela 19 – Modelo de “Fixed Horizon” – e-Tradicional (reconfiguração 3)	112
Tabela 20 – Modelo de “Fixed Horizon” – e-Tradicional (reconfiguração 4)	113
Tabela 21 – Modelo de “Fixed Horizon” – Mercado de Recursos (sem reconfiguração)	114
Tabela 22 – Modelo de “Fixed Horizon” – Mercado de Recursos (reconfiguração 1)	114
Tabela 23 – Modelo de “Fixed Horizon” – Mercado de Recursos (reconfiguração 2)	115
Tabela 24 – Modelo de “Fixed Horizon” – Mercado de Recursos (reconfiguração 3)	115
Tabela 25 – Modelo de “Rolling Horizon” – e-Tradicional (sem reconfiguração)	116
Tabela 26 – Modelo de “Rolling Horizon” – e-Tradicional (reconfiguração 1).....	116
Tabela 27 – Modelo de “Rolling Horizon” – e-Tradicional (reconfiguração 2).....	117
Tabela 28 – Modelo de “Rolling Horizon” – e-Tradicional (reconfiguração 3).....	117

Tabela 29 – Modelo de “ <i>Rolling Horizon</i> ” – e-Tradicional (reconfiguração 4).....	118
Tabela 30 – Modelo de “ <i>Rolling Horizon</i> ” – Mercado de Recursos (sem reconfiguração).....	119
Tabela 31 – Modelo de “ <i>Rolling Horizon</i> ” – Mercado de Recursos (reconfiguração 1)	119
Tabela 32 – Modelo de “ <i>Rolling Horizon</i> ” – Mercado de Recursos (reconfiguração 2)	120
Tabela 33 – Modelo de “ <i>Rolling Horizon</i> ” – Mercado de Recursos (reconfiguração 3)	120
Tabela 34 – Modelo de Gestão em Tempo Real – e-Tradicional (sem reconfiguração)	121
Tabela 35 – Modelo de Gestão em Tempo Real – e-Tradicional (reconfiguração 1).....	121
Tabela 36 – Modelo de Gestão em Tempo Real – e-Tradicional (reconfiguração 2).....	122
Tabela 37 – Modelo de Gestão em Tempo Real – e-Tradicional (reconfiguração 3).....	122
Tabela 38 – Modelo de Gestão em Tempo Real – e-Tradicional (reconfiguração 4).....	123
Tabela 39 – Modelo de Gestão em Tempo Real – e-Tradicional (reconfiguração 5).....	123
Tabela 40 – Modelo de Gestão em Tempo Real – Mercado de Recursos (sem reconfiguração)	124
Tabela 41 – Modelo de Gestão em Tempo Real – Mercado de Recursos (reconfiguração 1)	124
Tabela 42 – Modelo de Gestão em Tempo Real – Mercado de Recursos (reconfiguração 2)	125
Tabela 43 – Modelo de Gestão em Tempo Real – Mercado de Recursos (reconfiguração 3)	125

Índice de Equações

Equação 1 – Cálculo do tempo de reconfiguração (1).....	27
Equação 2 – Cálculo do tempo de seleção do recurso (1).....	27
Equação 3 – Cálculo do tempo de reconfiguração (2).....	45
Equação 4 – Cálculo do tempo de seleção do recurso (2).....	46
Equação 5 – Cálculo do tempo de negociação do recurso	46
Equação 6 – Cálculo do tempo de integração do recurso.....	46
Equação 7 – Cálculo do tempo de síntese do instrumento de integração	46
Equação 8 – Cálculo do tempo de seleção	46
Equação 9 – Cálculo do tempo de negociação	47
Equação 10 – Cálculo do tempo de operação da implementação de integração	47
Equação 11 – Cálculo do tempo de integração de recursos iguais.....	47
Equação 12 – Cálculo do tempo de integração de recursos diferentes.....	47
Equação 13 – Cálculo do tempo de operação da implementação de integração	50
Equação 14 – Cálculo do tempo de operação da implementação do meio de integração	50
Equação 15 – Variável binária do tipo de arquitetura de integração	50
Equação 16 – Tempo total de reconfiguração – (exemplo 1)	53
Equação 17 – Tempo parcial da reconfiguração 1 – (exemplo 1)	53
Equação 18 – Tempo integração da reconfiguração 1 – (exemplo 1).....	53
Equação 19 – Tempo parcial da reconfiguração 2 – (exemplo 1)	54
Equação 20 – Tempo integração da reconfiguração 2 – (exemplo 1).....	54
Equação 21 – Tempo parcial da reconfiguração 1 – (exemplo 2)	56
Equação 22 – Tempo integração da reconfiguração 1 – (exemplo 2).....	56
Equação 23 – Tempo parcial da reconfiguração 2 – (exemplo 2)	56
Equação 24 – Tempo integração da reconfiguração 2 – (exemplo 2).....	56
Equação 25 – Função Objetivo – Cálculo do TTM Geral	62
Equação 26 – Restrição 1 do Cálculo do TTM Geral	62
Equação 27 – Restrição 2 do Cálculo do TTM Geral	62
Equação 28 – Restrição 3 do Cálculo do TTM Geral	62
Equação 29 – Escolha do melhor recurso no Cálculo do TTM Geral	63

Equação 30 – Escolha do último melhor recurso no Cálculo do TTM Geral	63
Equação 31 – Escolha do melhor recurso no Modelo de Reprogramação com " <i>Fixed Horizon</i> "	64
Equação 32 – Escolha do último melhor recurso no Modelo de Reprogramação com " <i>Fixed Horizon</i> "	64
Equação 33 – Quantidade de lotes que falta processar no período de tempo 0	65
Equação 34 – Quantidade de lotes que falta processar no período de tempo R	65
Equação 35 – Total da quantidade de lotes que falta processar em cada Reconfiguração r.....	65
Equação 36 – Cálculo da quantidade de lotes que falta processar no período de Reconfiguração r .	65
Equação 37 – Cálculo da quantidade processada no período de Reconfiguração r.....	65
Equação 38 – Cálculo do TTM – Modelo de Reprogramação com " <i>Fixed Horizon</i> "	66
Equação 39 – Valor de relação pela Máxima Capacidade no Modelo de reprogramação com " <i>Rolling Horizon</i> "	67
Equação 40 – Escolha do melhor recurso no Modelo de Reprogramação com " <i>Rolling Horizon</i> "	67
Equação 41 – Escolha do último melhor recurso no Modelo de Reprogramação com " <i>Rolling Horizon</i> "	68
Equação 42 – Cálculo do TTM – Modelo de Reprogramação com " <i>Rolling Horizon</i> "	68
Equação 43 – Valor de relação pela Máxima Capacidade no Modelo de Gestão em Tempo Real.....	69
Equação 44 – Escolha do melhor recurso no Modelo de Gestão em Tempo Real.....	70
Equação 45 – Escolha do último melhor recurso no Modelo de Gestão em Tempo Real	70
Equação 46 – Cálculo do TTM – Modelo de Gestão em Tempo Real	70

Lista de Abreviaturas

AMEF	<i>Agile Manufacturing Enterprise Forum</i>
BM_VEARM	<i>BM_Virtual Enterprise Architecture Reference Model</i>
CNC	<i>Computer Numerical Control</i>
DML	<i>Dedicated Manufacturing Lines</i>
E A/V	Empresa Ágil/Virtual
EFFRA	<i>European Factories of the Future Research Association</i>
ERP	<i>Enterprise Resources Planning</i>
EV	Empresa Virtual
FD	<i>Focused Domain</i>
FMS	<i>Flexible Manufacturing Systems</i>
IDEFO	<i>Integration Definition for Function Modeling</i>
MR	Mercado de Recursos
ND	<i>Negotiation Domain</i>
PME	Pequenas e Médias Empresas
RFB	<i>Request for Bids</i>
RFDC	<i>Radiofrequency Data Communication</i>
RFID	<i>Radiofrequency Identification</i>
RMS	<i>Reconfigurable Manufacturing Systems</i>
SAGE	<i>Semiautomatic Ground Environment System</i>
SCM	<i>Supply Chain Management</i>
SD	<i>Search Domain</i>
TTM	<i>Time-to-Market</i>
VD	<i>Visit Domain</i>
WAN	<i>Wide Area Network</i>

Capítulo 1

Introdução

Capítulo 1. Introdução

Quantas vezes se questiona: Porque é que a vida não corre como se planeou? Porque é que os projetos e planos de vida são alterados a cada semana, a cada dia ou mesmo a cada hora? Este facto não é preocupante nos mercados e nas empresas.

Neste Capítulo é apresentado o enquadramento ao tema da dissertação onde se refere o qual o sentido que a investigação, no ambiente de produção, deve seguir, e qual o problema a abordar. Posteriormente serão referidos os objetivos traçados para a presente dissertação.

Por fim são ainda referidas: a metodologia de investigação abordada, e a estrutura da dissertação de mestrado.

1.1 Enquadramento

Nos dias de hoje presencia-se uma crescente globalização da produção, por diversas razões tais como, sociais, económicas, tecnológicas e políticas. O mesmo acontece com a internacionalização dos mercados onde a procura de um bem ou serviço de um cliente a nível mundial se torna cada vez mais variada, diminuindo o ciclo de vida dos produtos e criando problemas de planeamento. Sem contar com estas dificuldades no planeamento, ao mesmo tempo que os recursos disponíveis no meio ambiente diminuem, os problemas ambientais aumentam, criando-se assim novos métodos de gestão como o *“Lean”* que visa a eliminação de desperdícios e, posteriormente, a gestão ágil, com vista a lidar com as mudanças e incertezas, implicando uma certa necessidade da existência de recursos redundantes (recursos excedentes) para assegurarem a atuação efetiva e nas situações que exigem mais recursos.

Apesar dos modelos de gestão existentes, quer para empresas tradicionais, quer para empresas virtuais, a plataforma *“ManuFuture”*¹ refere elementos-chave dentro da inovação na produção e no desenvolvimento de novas tecnologias, dentro dos quais destacamos os sistemas de gestão em tempo real (ManuFuture, 2006). Por sua vez, o roteiro de *“Factories of the Future PPP”*, apresentado pela EFFRA - *European Factories of the Future Research Association* - reforça a importância da investigação nas maiores necessidades das empresas, onde é referido que uma *“eficaz produção em rede requer a inclusão de empresas virtuais e de elementos multinível de redes de abastecimento relacionados com fatores económicos, tais como métodos de gestão de bens em tempo real”* (EFFRA, 2010).

¹ A Plataforma MANU FUTURE-EU encontra-se disponível em: <http://www.manufuture.org/>.

Devido ao diminuto ciclo de vida dos produtos e às constantes variações da procura dos produtos, que criam problemas de planeamento nas empresas, nesta dissertação é proposto o desenvolvimento de um modelo de gestão em tempo real.

O problema central que o modelo desenvolvido pretende resolver centra-se na eliminação do planeamento fixo e criação de uma maior dinâmica nas redes de empresas, partilhando os seus recursos e aumentando o nível de confiança entre os parceiros. Ainda pretende responder às necessidades propostas de investigação a nível europeu.

1.2 Objetivos

Como referido anteriormente, no sentido de responder às necessidades propostas para a investigação a nível europeu considera-se importante o desenvolvimento de um modelo de gestão em tempo real para as empresas virtuais, uma vez que, por exemplo, devido a alterações de capacidade disponíveis dos recursos das empresas, o planeamento fixo será alterado. Deste modo, a dissertação tem como objetivo principal o desenvolvimento de um modelo de gestão em tempo real no contexto de aplicação em empresas virtuais. Tem-se ainda como objetivos secundários:

- Comparar os modelos existentes de *“Fixed Horizon”* e *“Rolling Horizon”*, sobre os horizontes de planeamento, de modo a poder construir o modelo que se propõe;
- Analisar o estado da arte em volta dos modelos existentes e áreas envolventes do tema da dissertação;
- Desenvolver uma estrutura para o tempo de reconfiguração ou integração para arquitetura de sistemas sequenciais elementares, de modo a efetuar uma nova construção sobre o tempo de reconfiguração e/ou integração em empresas virtuais;
- Validar e analisar o modelo proposto.

1.3 Metodologia

A dissertação seguiu uma metodologia composta por cinco fases apresentadas na Figura 1.



Figura 1 – Fases da Dissertação

De uma forma resumida, inicialmente, e após a definição dos objetivos da dissertação, é feita uma análise em torno do estado da arte sobre os termos chave para o desenvolvimento do modelo de gestão em tempo real para empresas virtuais.

Posteriormente, na fase de estruturação do tempo de reconfiguração é proposta uma nova arquitetura na construção do tempo de integração. A estrutura do tempo de reconfiguração e integração serve como *input* no modelo de gestão em tempo real para empresas virtuais.

Assim, a fase seguinte a adotar é o desenvolvimento do modelo, o qual, é posteriormente avaliado e analisado através de experiências realizadas com a folha de cálculo em Excel.

1.4 Estrutura da dissertação

A dissertação encontra-se organizada no sentido de abranger todas as fases referidas anteriormente. Assim, no Capítulo 2, são abordados os temas fulcrais para o desenvolvimento do modelo através da análise do Estado da Arte.

No Capítulo 3 é desenvolvido um modelo de estrutura do tempo de reconfiguração e/ou integração para arquitetura de sistemas sequenciais elementares, sendo ainda apresentado um exemplo para serviços e máquinas.

Tendo a estrutura do tempo de reconfiguração, e uma vez que o modelo aborda a gestão em tempo real em função da reconfiguração, no Capítulo 4 é apresentado o modelo de Gestão em Tempo Real para Empresas Virtuais, e posterior validação do modelo no Capítulo 5, com a análise dos resultados obtidos e observações do modelo.

No Capítulo 6 são apresentadas algumas considerações finais sumárias do trabalho desenvolvido, a especificação da contribuição original da dissertação desenvolvida e por fim, os trabalhos futuros a desenvolver.

Em Anexos seguem os dados referentes ao modelo desenvolvido para posterior consulta dos procedimentos e verificações de cálculo.

Ainda de referir que alguns dos termos utilizados ao longo da dissertação não são traduzidos para a língua Portuguesa por mera questão de interpretação, mantendo-se assim, esses termos na língua Inglesa.

Capítulo 2

Estado da Arte

Capítulo 2. Estado da Arte

Neste Capítulo são discutidos os temas relevantes como alicerces que suportarão o desenvolvimento dos modelos nos Capítulos 3 e 4. Para tal, serão abordados os conceitos mais pertinentes e relevantes com a apresentação de uma revisão ao longo dos modelos desenvolvidos, que servirão de *input* para o Modelo de Gestão em Tempo Real para Empresas Virtuais.

Em primeiro lugar serão apresentados dois modelos utilizados para o planeamento nas empresas, os quais serão futuramente comparados com o modelo proposto, no contexto do nosso problema. Posteriormente abordar-se-á a questão que se prende com o modelo de gestão em tempo real e quais os potenciais benefícios da aplicação deste método de gestão, em diferentes áreas.

O tema de sistemas de produção reconfiguráveis é abordado neste Capítulo com o intuito de se perceber e familiarizar com o termo de reconfiguração, uma vez que tem vindo a estar, cada vez mais, presente nas empresas.

Neste Capítulo serão abordados alguns modelos organizacionais avançados, dentro dos quais as empresas virtuais, uma vez que o modelo proposto é aplicado no contexto de empresas virtuais. No contexto das empresas virtuais, serão apresentados requisitos para a sua integração, no qual será exposto o modelo de seleção independente, para inclusão no modelo proposto nesta dissertação e na estrutura do tempo de reconfiguração.

Por fim, será apresentado o modelo de “*Generative Integration*” como Integração de Empresas Virtuais, o qual, à semelhança do anterior, será incluído no modelo e na estrutura do tempo de reconfiguração.

2.1 Modelos de “Fixed Horizon” e “Rolling Horizon”

“Fixed Horizon”, como o próprio nome sugere, foca-se no planeamento ao longo de um horizonte de planeamento fixo, onde as tarefas da produção são efetivamente realizadas. Para o método de “Rolling Horizon” existe também um horizonte de planeamento fixo (Figura 2), no entanto a diferença entre este método e o anterior reside no facto do horizonte de planeamento ser dividido em períodos, onde o primeiro período é o que se realiza efetivamente. No final do período é construído um novo plano considerando os efeitos do período anterior e as novas previsões para os períodos futuros (Fleischmann, Meyr & Wagner, 2005).

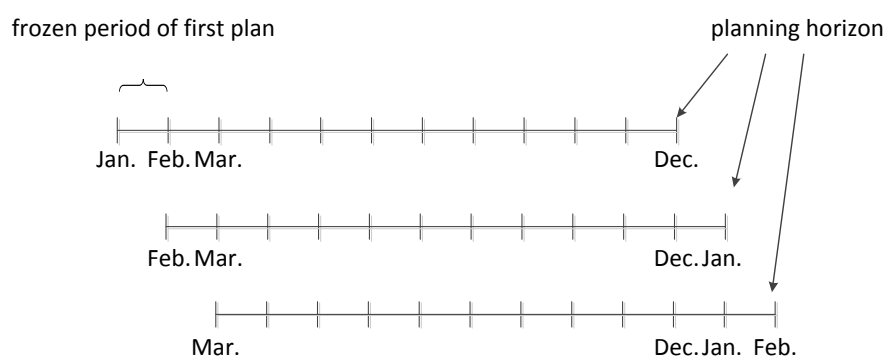


Figura 2 – Planeamento baseado em “Rolling Horizon” (Fleischmann, Meyr, & Wagner, 2005)

Os conceitos de “Fixed Horizon” e “Rolling Horizon” têm sido abordados desde os meados dos anos 60 (Derman & Klein, 1965). “Rolling Horizon” é um conceito que se sobrepôs ao “Fixed Horizon”, uma vez que o segundo modelo é consideravelmente mais complexo do que o primeiro (Tendulkar, 1977).

De seguida são apresentadas duas definições do conceito de “Rolling Horizon”:

“...using a rolling horizon in which, at every beginning of the period, the production plan is recalculated over the same number of periods...” - (Dauzère-Pérès & Lasserre, 1994, p94)

“...Planning on a rolling horizon basis is an implementation of this plan-control-revision interaction. The planning horizon (e. g. one year) is divided into periods (e. g. months). At the beginning of January a plan is made that covers January to December. But only the first period, the so-called frozen period, is actually put into practice. At the beginning of the second period (February) a new plan is made considering the actual developments during the first period and updated forecasts for the future

periods. The new planning horizon overlaps with the previous one, but reaches one period further (until the end of January of the next year....” – (Fleischmann, Meyr & Wagner, 2005).

Mais do que os métodos de “*Fixed Horizon*”, os métodos de “*Rolling Horizon*” têm sido largamente estudados, ao longo dos tempos, para diferentes áreas. O conceito de planeamento em “*Rolling Horizon*” foi inicialmente sugerido em situações onde a economia se deparava com uma enorme incerteza relativamente a fatores naturais, como a água, ou económicos, como o preço do petróleo, que tornavam difícil a obtenção de uma perspetiva do que poderia acontecer a médio-longo prazo (Tendulkar, 1977). Tendulkar (1977) refere ainda que o método de planeamento em “*Rolling Horizon*” garante uma flexibilidade de adaptação a fatores exógenos que poderão ocorrer periodicamente. Outras áreas, tais como modelos de programação da produção, dimensionamento de lotes, gestão de inventários, redes de abastecimento (“*Supply Networks*”) (Vancza, Egri & Monostori, 2008), sistemas de transporte (Schönberger & Kopfer, 2009), planeamento de recursos da empresa (do inglês: *Enterprise Resource Planning*, ERP) (Bredström, Flisberg & Rönnqvist, 2011), entre outras, estão a aplicar os modelos de planeamento de “*Rolling Horizon*”.

Os modelos de planeamento em “*Fixed Horizon*” e “*Rolling Horizon*” servem, ainda, de suporte a modelos de tomada de decisão (Derman & Klein, 1965). O plano de “*Rolling Horizon*”, devido à sua propriedade estacionária, tem vantagens computacionais sobre os processos de decisão, os quais seguem os planos de horizontes finitos para a sua conclusão, e posteriormente recalcula o próximo plano (Easley & Spulber, 1981).

Yano & Carlson (1985) analisaram os efeitos da frequência de reprogramação quando a procura é incerta. Uma vez que, no modelo do autor, a procura é estocástica (isto é, a procura não varia simplesmente em função do tempo) e não é conhecida antecipadamente, o autor propôs que, em cada período fosse determinado um plano para um horizonte finito, onde seriam implementadas as decisões atuais e, que posteriormente, ocorresse um processo de realização de procura aleatória. Seguindo o planeamento e “*Rolling Horizon*”, o horizonte finito avança para o período seguinte, repetindo-se novamente o mesmo processo.

Dekok & Inderfurth (1997) discutiram sobre a instabilidade e/ou “nervosismo” na gestão de inventários causada pela aplicação do método de “*Rolling Horizon*”, devido à instabilidade na decisão de lançamento das ordens em sucessivos ciclos de planeamento. Este nervosismo pode ocorrer ainda, na aplicação do planeamento em “*Rolling Horizon*”, no dimensionamento de lotes estáticos, uma vez

que, a procura definida para o horizonte de planeamento para um período pode ser alterada para o período seguinte, causando mudanças sobre o que já tinha sido planeado mas não implementado, e deste modo provocar *setups* adicionais. Clark & Clark (2000) e Chetty & Prasad (2001) implementaram um método para estruturas de produtos multiníveis, para dimensionamento de lotes, nos modelos de “*Fixed Horizon*” e “*Rolling Horizon*”. Mais tarde, Mohammadi, Ghomi, Karimi & Torabi (2008) desenvolveram heurísticas para o problema de capacidades de dimensionamento de lotes de multinível e multiprodutos com *setups* sequencialmente dependentes.

Os modelos de programação da produção têm sido desenvolvidos para modelos de “*Rolling Horizon*” do que “*Fixed Horizon*”. Venkataraman & Michael (2001) analisaram o impacto da frequência de replaneamento, do horizonte de previsão, técnica de dimensionamento de lotes, requisitos de inventário e erros de previsão sobre o desempenho dos modelos de programação da produção em “*Rolling Horizon*” e a iteração entre estes fatores de modo a facilitar a análise num ambiente de multiproduto, uma vez que estudos anteriores ao modelo apenas tinham sido focados para um único produto. Por sua vez, Li & Ierapetritou (2010) propuseram um método de “*Rolling Horizon*” para integrar o planeamento e o problema de otimização da programação.

Narayanan & Robinson (2010) consideraram que a eficácia dos sistemas de planeamento em “*Rolling Horizon*” é determinada: pelo horizonte de planeamento, pelo comprimento de intervalo “*frozen*”, a frequência de replaneamento e pela escolha do processo de dimensionamento de lotes para resolver problemas de planeamento a curto-prazo e os fatores de procura e custo que definem o ambiente de planeamento, como se pode observar na Figura 3.

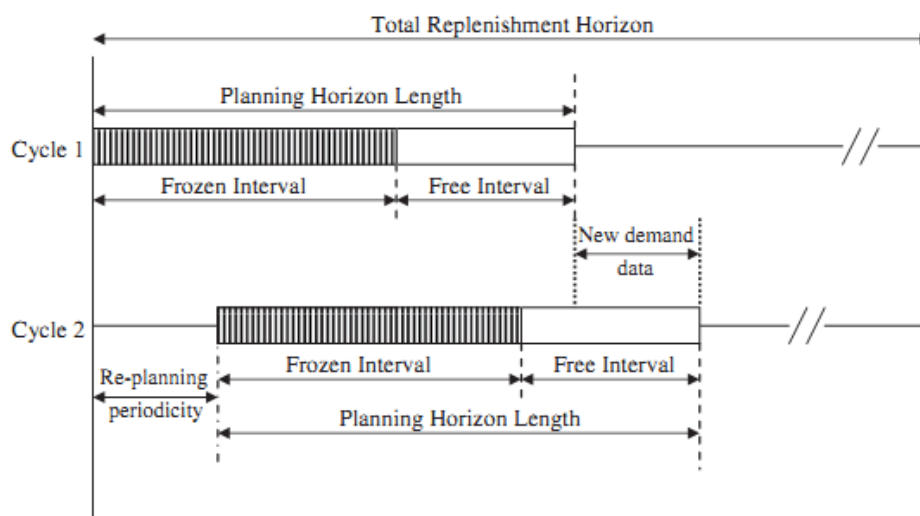


Figura 3 – Ilustração do ambiente de planeamento em “*Rolling Horizon*” (Narayanan & Robinson, 2010)

2.2 Modelos de Gestão em Tempo Real

A investigação relacionada com o tema da gestão em tempo real, não é uma abordagem recente. Tendo como base as ideias apresentadas por Jay W. Forrester, no fim dos anos 50, Everett, Zraket & Benington (1957) desenvolveram um sistema SAGE (do inglês: “*Semiautomatic Ground Environment System*”) para satisfazer requisitos militares. Este sistema é simultaneamente um sistema de controlo em tempo real, um sistema de comunicação em tempo real e ainda um sistema de gestão de informação em tempo real. Na década de 90, Wu & Kaiser (1993) investigaram como construir um sistema de monitorização para suportar a gestão em tempo real rígida no domínio da gestão de redes. O objetivo principal da aplicação da gestão em tempo real é “corrigir as condições excecionais dentro de restrições de tempo específicas” e “o primeiro passo é ter sistemas de monitorização em tempo real que conseguem detetar tais condições dentro de um dado prazo”.

Haynes, McGregor & Stewart (1997) desenvolveram um projeto cujo objetivo era aplicar o modelo “*Beer's Viable System Model*” por forma a orientar o desenvolvimento de um processo para clarificar algumas incertezas dentro da organização e, deste modo melhorar a sua efetividade. Uma vez que este modelo se centra na comunicação e no relacionamento entre diferentes partes de uma organização e no seu mundo exterior, este insiste que os canais de comunicação e os processos pelos quais as mensagens são interpretadas e as decisões são tomadas, são capazes de lidar com a complexidade de um certo ambiente. Caso contrário estes meios e processos serão destruídos tornando a organização ineficiente. Como consequência, o autor designou “gestão em tempo real” ao requisito de que a informação, que está a ser processada pela organização, deve ser atual a qualquer momento e o *feedback* sobre o desempenho da organização deve refletir o verdadeiro estado dos acontecimentos e não ser desatualizado. Caso contrário, a empresa irá produzir um produto do qual o mercado já não necessita ou resolver um problema que entretanto desapareceu nesse mesmo período.

2.2.1 Informação em Tempo Real

Cada vez mais, os sistemas de gestão em tempo real têm vindo a evoluir e a serem integrados com tecnologias de informação para recolherem dados em tempo real. Yao & Carlson (1999), com o intuito de manter um controlo de inventários, *on-line*, em tempo-real e com qualidade, referiram que era necessário que a informação fosse automaticamente processada e que a sua visualização se efetuasse sem recurso a papel. Este facto conduziu a uma maior integração de sistemas de comunicação de

dados por radiofrequência (do inglês: *“Radiofrequency Data Communication”*, RFDC) com os sistemas de tecnologia de comunicação.

Os sistemas de comunicação podem, assim, fornecer informações logísticas bastante detalhadas e precisas de modo “virtual”. Neste caso, a ajuda à tomada de decisão surge apenas com relatórios informativos, que podem ser escolhidos *on-line* e em tempo real sem necessidade de serem impressos. Com os sistemas de comunicação estabelece-se um procedimento padronizado, o que simplifica, ajusta e atualiza as operações de inventários. Assim, e de modo a assegurar que a gestão obtenha dados precisos sobre qual o inventário que se encontra disponível, acessível e visível, em qualquer tempo e lugar da empresa, desde a receção até expedição, os sistemas de RFDC concebem a possibilidade do funcionário inserir, atualizar e aceder aos dados em tempo real. De acordo com Hardgrave, Waller & Miller (2005), em meados da década de 70, muitas empresas de diferentes áreas, usavam os códigos de barras como a primeira forma de autoidentificação.

Devido a um aumento do conhecimento e melhoria das tecnologias, uma enorme variedade de sectores industriais começaram a implementar a tecnologia RFID (do inglês: *“Radiofrequency Identification”*), que consiste no uso de ondas de rádio de diferentes frequências para identificar objetos, e na qual o sistema RFID é composto por um leitor de RFID e *“tags”* RFID (formulada por um microchip que armazena informação e uma antena integrada que serve como transmissor). Não obstante, uma questão surge, porque é que, tendo os códigos de barras tanto sucesso, o que levou a que cada vez mais se implementasse a tecnologia de RFID?

Nos métodos tradicionais de gestão de cadeias de abastecimento existem diversas limitações, tais como, inexatidão na identificação do produto e a localização do mesmo (Saygin, 2006). A tecnologia veio fazer frente a estas limitações, e trazer vantagens às quais os códigos de barras não são capazes de satisfazer. Ao invés do código de barras, quando um objeto marcado com uma etiqueta RFID é movido para a área de digitalização do leitor, a informação contida na etiqueta é lida e atualizada relativamente ao leitor. Assim, não há necessidade de uma procura do objeto em causa, pois imediatamente a partir do sistema consegue-se, com 100% de precisão, a aquisição de informação em tempo real (Lee, Huang, Liu & Lee, 2008).

Chappell, Ginsburg, Schmidt, Smith & Tobolski (2003) forneceram uma visão geral de como a tecnologia RFID poderia ser aplicada na produção. Huang, Zhang, Chen & Newman (2008) e Huang, Zhang & Jiang (2007), abordaram o uso de *“wireless manufacturing”*, aplicando tecnologias de

autoidentificação para recolha e sincronização de dados em tempo real de modo a melhorar a eficácia das decisões administrativas e a eficiência operacional.

Zhang, Huang, Qu, Ho, & Sun (2011) apresentaram uma inovadora tecnologia de “*gateway*”, composta por objetos inteligentes (“*smart objects*”) que são relacionados logicamente uns com os outros de acordo com uma configuração de fluxo de trabalho de “*shop-floor*” e equipados com dispositivos RFID, para gestão ubíqua em tempo real.

Lu, Huang, & Li (2011) investigaram vários cenários que podem ilustrar os usos da tecnologia RFID na gestão de projetos de construção. A sua pesquisa serve de incentivo para uma maior adoção da tecnologia RFID na melhoria nas práticas atuais de gestão de projetos, e fornece também uma plataforma para uma futura exploração dos usos inovadores da tecnologia RFID na construção.

Com a adoção da tecnologia RFID, as empresas podem obter inúmeros benefícios nas diferentes áreas de gestão. A tecnologia RFID proporciona entre outros: (1) uma maior visibilidade dos produtos e processos, (2) uma redução de perdas de inventário, (3) uma simplificação da gestão através da informação em tempo-real, (4) um aumento da produtividade por meio da geração de um método de aquisição de dados mais rápido e com menor custo, (5) uma melhoria na precisão de informação, (6) previsões de encomendas mais precisas e viáveis e melhoria da visibilidade das necessidades do cliente, (7) uma maior resposta a sinais da procura, (8) uma melhoria da qualidade e fiabilidade do produto, incluindo o controlo e localização, e (9) uma redução de custos de inventário, tais como os custos de rutura e operação (Attaran, 2007; Sarac, Absi, & Dautère-Pérès, 2010). No entanto, a tecnologia também possui algumas limitações devido a obstáculos técnicos e económicos. Uma das limitações é o facto de o ambiente metálico e líquido perturbarem o desempenho na leitura desta tecnologia, conduzindo deste modo, à realização de testes por forma a obter uma melhor tecnologia de acordo com o ambiente em questão.

Walmart é uma figura importante na promoção da tecnologia RFID, que usando a sua posição dominante nas indústrias, exige que os seus fornecedores de top a montante adotem a tecnologia RFID, por forma a facilitar as operações a jusante (por exemplo: distribuição, venda grossista e venda a retalho) (Lu, Huang, & Li, 2011).

2.2.2 Algoritmo “Greedy”

Na gestão em tempo real as decisões devem ser tomadas no momento e as informações para a tomada de decisão adquiridas em tempo real. Em ambientes de turbulência o modelo de gestão em tempo real deverá ser mais favorável, uma vez que as decisões são tomadas no momento, e são desconhecidas quais as consequências no futuro. Este modelo assemelha-se ao algoritmo “Greedy”, ou, como o próprio nome sugere, algoritmo guloso, mas não como um método de otimização, mas sim, como método do processo de escolhas.

Os algoritmos “Greedy” nem sempre conduzem a soluções ótimas, mas para muitos problemas isso ocorre. No algoritmo “Greedy”, a primeira propriedade “gananciosa” de escolha é o primeiro ingrediente chave, sendo baseado numa ideia muito intuitiva, construindo a solução incrementalmente (Caramia & Dell’Olmo, 2006). Assim, o algoritmo faz sempre a escolha que parece melhor no momento sem considerar os resultados dos subproblemas que surgirão. Ou seja, o algoritmo faz, localmente, uma escolha ótima, na esperança de que esta conduza a uma solução ótima global. Pode depender das escolhas efetuadas anteriormente até ao momento, mas não de quaisquer escolhas futuras ou soluções para subproblemas. É neste processo de escolha que os algoritmos “Greedy” diferem da programação dinâmica, uma vez que, na programação dinâmica faz-se uma escolha para cada passo, mas que geralmente depende das soluções para subproblemas. Tipicamente resolvem-se problemas de programação dinâmica de uma forma de “baixo para cima”, ao invés dos algoritmos “Greedy” que evoluem de uma forma de “cima para baixo”, fazendo uma escolha “gananciosa” uma após outra (Cormen, Leiserson, Rivest & Stein, 2001).

2.3 “Reconfigurable Manufacturing Systems”

Com as constantes e imprevisíveis mudanças que ocorrem a um ritmo crescente a nível dos mercados, tais como: a maior frequência de introdução de novos produtos, mudanças das peças para os produtos existentes, grandes flutuações na procura, mudanças nos regulamentos governamentais (segurança e meio ambiente), mudanças nas tecnologias de processo; justifica-se a necessidade da existência de sistemas de produção reconfiguráveis (Koren et al., 1999).

Um sistema de produção reconfigurável (do inglês: “Reconfigurable Manufacturing Systems”, RMS), segundo Koren et al. (1999), é “projetado desde início para uma rápida mudança na estrutura, bem como, nos componentes de *hardware* e *software*, de forma a ajustar rapidamente a capacidade de

produção e funcionalidade dentro de uma família de produtos em resposta a mudanças bruscas no mercado ou nas exigências regulamentares”.

Jovane, Koren & Boër (2003) mapearam os diferentes paradigmas em termos dos controladores do mercado e da sociedade e os indutores dos processos de tecnologia, com o objetivo de mostrar um modelo consistente que ligasse o produto e os processos com um modelo de negócio apropriado. Youssef & ElMaraghy (2007), propuseram uma nova abordagem de seleção de configuração para RMS que seleciona as configurações de RMS de acordo com a situação atual, em termos dos requisitos da procura, com o objetivo de atingir os melhores níveis de desempenho de um sistema viável, tendo em consideração a fluência do processo de reconfiguração antecipado de uma configuração para uma próxima configuração esperada.

Koren & Shpitalni (2010) explicaram as razões para o desenvolvimento de sistemas de produção reconfiguráveis, os quais possuem as vantagens de ambos os sistemas de produção apresentados: “linhas de produção dedicadas” e “sistemas de produção flexíveis”, e definiram as características e os princípios dos sistemas de produção reconfiguráveis e comparam a sua estrutura com a estrutura das tradicionais linhas flexíveis. Segundo os autores, reconfigurabilidade é uma nova tecnologia de engenharia que facilita o custo-benefício e respostas rápidas às mudanças do mercado e dos produtos.

Segundo Koren et al. (1999) as “linhas de produção dedicadas” (do inglês: *“Dedicated Manufacturing Lines”*, DML) são “baseadas na automação fixa de baixo custo e produzem produtos centrais da empresa, ou partes num elevado volume. Cada linha dedicada é tipicamente projetada para produzir uma única peça (ou seja, é rígida) (...) e quando a procura do produto é muito alta, o custo por peça é relativamente baixo (...), ou seja, são rentáveis desde que a procura exceda a oferta, operando assim na sua capacidade total (...); mas devido à crescente pressão da competitividade global e ao excesso de capacidade mundial, podem ocorrer situações onde as linhas dedicadas não operem em capacidade plena”. Por sua vez os sistemas de produção flexíveis (do inglês: *“Flexible Manufacturing System”*, FMS) podem produzir uma variedade de produtos, com volume variável, no mesmo sistema. Estes sistemas consistem em máquinas dispendiosas, como os computadores de controlo numérico (do inglês: *“Computer Numerical Control”*, CNC), e outras formas programáveis de automação, sendo o rendimento menor que os DML, e um custo por peça elevado (Koren et al., 1999). Deste modo, capacidade, funcionalidade e custo são as características que diferenciam os três tipos de sistemas de produção. Os RMS focam-se em famílias de peças e não são limitados pela capacidade ou funcionalidade, sendo capazes de efetuar mudanças ao longo do tempo como resposta a mudanças

de mercado. Na Tabela 1 encontram-se as características do RMS comparadas com as características dos sistemas dedicados e flexíveis.

Tabela 1 - Características comuns entre RMS com DML e FMS (Koren & Shpitalni, 2010)

	DML	RMS	FMS
Estrutura do Sistema	Fixo	Variável	Variável
Estrutura da Máquina	Fixo	Variável	Fixo
Foco do Sistema	Peça	Família de peças	Máquina
Escalabilidade	Não	Sim	Sim
Flexibilidade	Não	Personalizada (em torno de uma família de peças)	Geral
Operação de Ferramentas Simultaneamente	Sim	Possível	Não
Produtividade	Muito Alta	Alta	Baixa
Custo por peça	Baixo (para uma única peça, quando totalmente utilizado)	Médio (peças de procura variável)	Razoável (algumas peças em simultâneo)

2.4 Modelos Organizacionais Avançados

Num mundo em constante mudança e devido à curta duração do produto é cada vez mais um fator de sobrevivência que as empresas apresentem produtos mais competitivos, respondendo sempre às necessidades do mercado. Nagel & Dove (1991) mencionaram que existe uma maior necessidade em conhecer rapidamente as necessidades do mercado, em mudar rapidamente os modelos de produtos ou as linhas de produto e em responder, em tempo real, à procura do cliente. Para além da resposta ao mercado, as empresas são cada vez mais globais e organizadas em rede, procurando novas estratégias de desenvolvimento através de alianças com outras empresas. Neste subcapítulo são apresentados alguns dos modelos organizacionais mais relevantes para a dissertação.

2.4.1 “*Extended Enterprise*”

“*Extended Enterprise*”, como o termo sugere, pode ser traduzido literalmente para “Empresa Estendida”. Na realidade este conceito sugere a ideia de uma empresa que se “estende” além dos limites da empresa tradicional. “*Extended Enterprise*” é uma empresa que não se fecha sobre si, sobre os seus funcionários, executivos e membros, mas que se estende à relação entre os seus parceiros de negócio, fornecedores e, até mesmo, clientes. De acordo com Browne & Zhang (1999), a “*Extended*

Enterprise” e a Empresa Virtual podem ser vistas no contexto de parcerias da empresa, capazes de facilitar a cooperação e integração ao longo de toda a cadeia de valor, sendo que na primeira concentra-se em relacionamentos a longo prazo, ao passo que a segunda foca-se num ambiente mais dinâmico.

Browne, Sackett & Wortmann (1995) referem que as “*Extended Enterprises*” têm como característica principal o facto das funcionalidades centrais dos produtos serem fornecidas separadamente por diferentes empresas que se juntam para fornecer ao cliente o produto pretendido.

As “*Extended Enterprises*” são responsáveis por todo o ciclo de vida do produto, desde a aquisição do material para a produção de componentes e seu fabrico até à montagem final, na sequência de distribuição e atendimento ao cliente, e num crescente número de casos, para colocar à disposição e, quando possível, é responsável pela reciclagem no fim de vida do produto. Deste modo, podemos considerar que este tipo de empresa é representada por todas as organizações, ou parte destas (cliente, fornecedores e subcontratados) que estão envolvidas de forma colaborativa no *design*, desenvolvimento, produção e entrega de um produto para o cliente final (Browne & Zhang, 1999).

2.4.2 “*Agile Enterprise/Manufacturing Model*”

“Agility is the competency that sustains world class performance over time”

(Goldman, Nagel & Preiss, 1995).

Nos anos 90, os líderes da indústria tentaram formular um novo paradigma para empresas de sucesso no século XXI, apesar de muitas empresas industriais ainda lutarem para implementar os conceitos de “*Lean Manufacturing*”. Para levar a cabo estes estudos, em 1991, um grupo de mais de 150 empresas executivas, participou neste estudo, do qual resultou um relatório de dois volumes intitulado de: “*21st Century Manufacturing Enterprise Strategy*”. O grupo observou que a crescente taxa de mudança no ambiente de negócio estava a ultrapassar a adaptabilidade das organizações industriais tradicionais. Como resultado, o “*Agile Manufacturing Enterprise Forum*” (AMEF), afiliado com o Instituto Iacocca na Universidade de Lehigh, foi formado e introduzido o conceito de Produção Ágil (“*Agile Manufacturing*”) (Nagel & Dove, 1991).

A Agilidade é considerada na literatura como uma vantagem competitiva. O “*Agility Forum*” (Gundry & Metes, 2007) mencionou que a Agilidade é uma aptidão da empresa para responder e adaptar num ambiente de negócio competitivo e em contínua mudança, baseada em quatro princípios: enriquecer o

cliente, principal mudança para uma resposta rápida às mudanças nos ambientes de negócio, mobilizar recursos, e cooperar para competir.

Nagel & Dove (1991) definiram agilidade como “ (...) um sistema de manufatura com capacidades extraordinárias (...) para responder rapidamente às necessidades de mudança do mercado (rapidez, flexibilidade, clientes, competidores, fornecedores, infraestruturas, capacidade de resposta). Um sistema que muda rapidamente (rapidez e capacidade de resposta) entre os modelos de produtos ou entre linhas de produtos (flexibilidade), idealmente em tempo real, responde à procura do cliente (...)”.

Por vezes os termos de *“Lean Manufacturing”* e *“Agile Manufacturing”* parecem semelhantes, no entanto são diferentes. *“Lean Manufacturing”* é uma resposta a pressões da concorrência, com recursos limitados, e, por outro lado, *“Agile Manufacturing”* é uma resposta à complexidade provocada por uma constante mudança. *“Lean”* é uma recolha de técnicas operacionais focadas no uso produtivo de recursos e agilidade é uma estratégia global focada na prosperidade num ambiente imprevisível. Focada num cliente individual, a competição ágil avançou do refinamento de *“Lean Manufacturing”* de produção em massa para uma relação interativa entre produtor e cliente (Sanchez & Nagi, 2001).

Kidd (2000) propôs alguns aspetos da agilidade: (1) resposta rápida as oportunidades de mercado, (2) adaptabilidade ou capacidade para mudanças de direção, (3) corporações virtuais, (4) reconfigurabilidade de recursos da empresa para responderem a oportunidades de mercado inesperadas.

O maior princípio da *“Agile Manufacturing”* é o uso das tecnologias de informação para a criação de empresas virtuais que respondem de forma “ágil” (Song & Nagi, 1997). Dove (1997) referiu que o comércio eletrónico, as relações baseadas na confiança e as empresas virtuais são táticas, estratégias ou indutores, para aumentar a competência no ambiente de negócio, não obstante, sozinhos não garantem agilidade.

2.4.3 *“Supply Chain Management”*

Na última década o conceito de gestão da cadeia de abastecimento (do inglês: *“Supply Chain Management”*, SCM) tem vindo a ganhar uma maior atenção. A cadeia de abastecimento é “um processo integrado onde um número de várias entidades de negócio (isto é, fornecedores, produtores, distribuidores e retalhistas) trabalham em conjunto num esforço para: (1) adquirir matérias-primas, (2)

converter essas matérias-primas em produtos finais específicos e (3) entregar esses produtos finais aos retalhistas [(Beamon, 1998) citado por (Huang, Wang, & Dismukes, 2000)].

A cadeia de abastecimento abrange a produção e o fornecimento de materiais e peças, e serve ambas as cadeias de logística de produção e distribuição (Huang, Wang & Dismukes, 2000), isto é, a cadeia de abastecimento inclui todas as atividades associadas com o fluxo e transformação de bens, a partir da matéria-prima até ao cliente final, assim como os fluxos de informação associados.

O termo de SCM parece ter a sua origem no início dos anos 80 para descrever os potenciais benefícios de integrar as atividades através da melhoria das relações na cadeia de abastecimento, de modo a alcançar uma vantagem competitiva (Shee, Tang & Tzeng, 2000). A SCM tem por objetivo fornecer vantagens na satisfação dos clientes, redução de custos, melhoria da qualidade e valorização da flexibilidade (Jenkins & Wright, 1998). A cadeia de abastecimento inclui a gestão dos sistemas de informação, abastecimento e aquisição, escalonamento da produção, processamento de encomendas, gestão de inventários, armazenamento, serviços personalizados e disposição de reposição de embalagens e materiais (Wu, Cobzaru, Ulieru & Norrie, 2000).

Alguns autores, de modo a combater a carência na literatura de suporte teórico e explicar a existência e os limites da gestão da cadeia de abastecimento, tentaram fornecer fundamentos teóricos para as diferentes áreas da cadeia de abastecimento, implementando teorias organizacionais (Ketchenjr & Hult, 2007).

2.4.4 Empresa ou Organização Virtual

O conceito de Empresa Virtual (EV) não possui uma definição universal, uma vez que depende do domínio no qual é aplicado. Segundo Camarinha-Matos & Afsarmanesh (1999) o paradigma de empresas virtuais é uma área crescente e multidisciplinar de pesquisa e desenvolvimento, envolvendo conceitos tais como, "*Extended Enterprise*", "*Supply Chain Management*", comércio eletrónico e organizações virtuais.

A empresa ou organização virtual é uma organização temporária, na qual o seu potencial advém da possibilidade de rapidamente se formarem consórcios com fortes competências e recursos para cada oportunidade de negócio (Camarinha-Matos, Afsarmanesh, Galeano & Molina, 2009). Para Kürümlüoglu, Nøstdal & Karvonen (2005) a empresa ou organização virtual pode ser vista como um

consórcio temporário composto por parceiros de diferentes organizações, criado para preencher uma tarefa com valor acrescentado, como por exemplo, um produto ou um serviço para o cliente.

Esta empresa ou organização virtual possui ainda um tempo de vida limitado, uma vez que é criada uma rede para uma tarefa específica e após a conclusão dessa mesma tarefa é dissolvida. Empresa virtual, na visão de Gunasekaran (2004) é uma aliança temporária de empresas que combinam os seus recursos para integrar um serviço ou produto, que não pode ser fornecido de outro modo. Uma vez concluídos os objetivos desta aliança, os membros da empresa virtual retornam aos seus nichos originais. Os parceiros incluídos na empresa virtual, podem encontrar-se dispersos geograficamente, quer seja nacional ou internacionalmente.

Globmen-Project (2000) definiu empresa virtual como um sistema de entrega de soluções ao cliente criado por tecnologias de informação e comunicação temporárias e reconfiguráveis, o que permite a agregação de competências centrais. Neste sentido, a empresa virtual representa uma aliança temporária de empresas que se unem para partilhar capacidades ou competências centrais e recursos, sendo esta cooperação apoiada por redes de computadores, a fim de uma melhor resposta às oportunidades de negócio (Jung, 2008; Camarinha-Matos, Afsarmanesh, Galeano & Molina, 2009).

Normalmente, as empresas ou organizações envolvidas na empresa virtual, são as pequenas e médias empresas (PME), que necessitam de colaborar entre elas, de um modo fechado, e de estarem constantemente em contacto, por forma a alcançar os seus objetivos, tais como, competitividade e melhor serviço para com os seus clientes (Jaekel, Perry, Campos, Mertins & Chalmeta, 2005).

2.4.5 Modelo de Referência BM_VEARM

O modelo “*BM_Virtual Enterprise Architecture Reference Model*” (BM_VEARM) desenvolvido por Putnik (2000), como um conceito subjacente da Empresa Ágil/Virtual (E A/V) proposto por Putnik (2001), é concebido para cobrir todos os processos da empresa, desde o nível mais elevado até ao nível menos detalhado e para qualquer tipo de produção, e ainda para suportar os requisitos para uma maior reconfiguração dinâmica das Empresas Ágeis/Virtuais (Cunha & Putnik, 2006b).

A Empresas Ágil/Virtual é, segundo Cunha & Putnik (2006b, 2006c), “uma organização em rede global reconfigurável dinamicamente, ou uma rede de empresas, partilhando informação e/ou conhecimento, habilidades, competências centrais, mercados e outros recursos e processos, configurada (...) como uma aliança temporária (...) para reunir (...) as janelas de oportunidade de

mercado, apresentado com maiores características: agilidade, virtualidade, distributividade e integrabilidade”.

O modelo BM_VEARM é então definido como um modelo hierárquico multinível de processos interempresas que deve satisfazer os requisitos de: (1) Integrabilidade, (2) Distributividade, (3) Agilidade, e (4) Virtualidade.

Os recursos trabalham internamente com as suas linguagens próprias (software ou aplicações de negócio), ou não utilizam o mesmo padrão (mecanismos mecânicos ou elétricos/eletrônicos). Assim, é importante a integrabilidade destes recursos, de modo a que sejam integrados eficientemente na empresa virtual.

No contexto de empresas virtuais, os recursos encontram-se distribuídos geograficamente. No modelo BM_VEARM a distributividade da empresa virtual é assegurada através de comunicações *WAN* (do inglês: “*Wide Area Network*”) e tecnologias telemáticas que permitem o acesso a recursos distribuídos geograficamente por todo o mundo.

A agilidade, segundo Cunha & Putnik (2006a) e Putnik & Sluga (2007), é a capacidade de rápida adaptabilidade ou reconfigurabilidade para responder rapidamente a mudanças e oportunidades de mercado (ou procura dos clientes) ou potenciais inovações (para novos produtos, processos, e iniciativas).

Uma vez que as Empresas Ágeis/Virtuais implicam a interação entre empresas independentes, será requerido o controlo e gestão da configuração, ou reconfiguração, organizacional interempresas. Deste modo, é essencial a definição de domínios de responsabilidades para a gestão da configuração, que refletem as políticas organizacionais e permitem facilidades na gestão de configurações limitadas. Este domínio, representado por um conjunto de empresas, ou empresas, deve ser gerido por um gestor particular, ou um conjunto de empresas, ou empresas. Deste modo, a agilidade da empresa virtual deve ser desenvolvida por alguns “gestores de configuração da organização”, na qual no BM_VEARM é utilizado o termo de “*broker*”. No modelo BM_VEARM, o agente “*broker*” para além da agilidade é também o principal agente da virtualidade. A virtualidade permite que não haja interrupção de qualquer processo no sistema com a capacidade de reconfigurabilidade do sistema *on-line*. Combinada com a integrabilidade, distributividade e agilidade, a virtualidade confere à empresa o mais alto nível de flexibilidade.

2.5 Requisitos para a Integração de Empresas Virtuais

Ao longo das décadas a competição global entre empresas tem aumentado. Os mercados têm vindo a ser cada vez mais internacionalizados como resultado do desenvolvimento das tecnologias de informação e comunicação. A globalização não significa apenas que as grandes empresas se tornem globais em termos das instalações de produção e vendas, mas que produzam produtos inovadores personalizáveis caso se tornem reconfiguráveis num certo nível (Jovane, Koren & Boër, 2003).

No modelo BM_VEARM, proposto por Putnik (2000), é apresentada a capacidade de rápida adaptabilidade ou reconfigurabilidade como característica para a competitividade das empresas, tendo em conta os conceitos de Empresa Ágil e Empresa Virtual que incorporam estas características.

Face à globalização e dinâmica dos mercados, além da curta duração de produtos é importante que estes sofram *redesign* de modo a torná-los mais competitivos, ou seja, alinhados com a procura dos mercados. Este caminho conduz a que as empresas tenham a capacidade de incorporar dentro dos seus produtos ou processos os melhores recursos disponíveis no mercado e, ao mesmo tempo, manter o seu alinhamento com as oportunidades de negócio através de um ajuste dinâmico da sua estrutura inter-organizacional. De acordo com Cunha, Putnik & Ávila (2007), a dinâmica de rede e de reconfigurabilidade são os principais requisitos para a integração de empresas virtuais. No entanto os fatores contra estes requisitos são os custos de reconfiguração e a preservação da informação confidencial das empresas.

2.5.1 Dinâmica de Redes de Organizações

A importância das redes é apresentada por Cunha, Putnik & Ávila (2007). Assim, para uma empresa cujo modelo organizacional consiste na produção de diferentes produtos, existem diferentes níveis de performance para os diferentes produtos (Figura 4 (a)), como consequência de diferentes níveis de performance para as operações de um produto (Figura 4 (c)). Dentro do conceito de redes de organizações, é possível a conceção de uma nova estrutura física para o sistema de produção de cada produto (Figura 4 (b)), ou seja, uma rede para cada produto, onde todos os processos para o produzir são decompostos em operações realizadas pelos parceiros da rede. Deste modo, para cada operação é selecionado o parceiro que apresentar a possibilidade de uma melhor performance, para que a performance global da rede seja otimizada (idealmente 100%) (Figura 4 (d)).

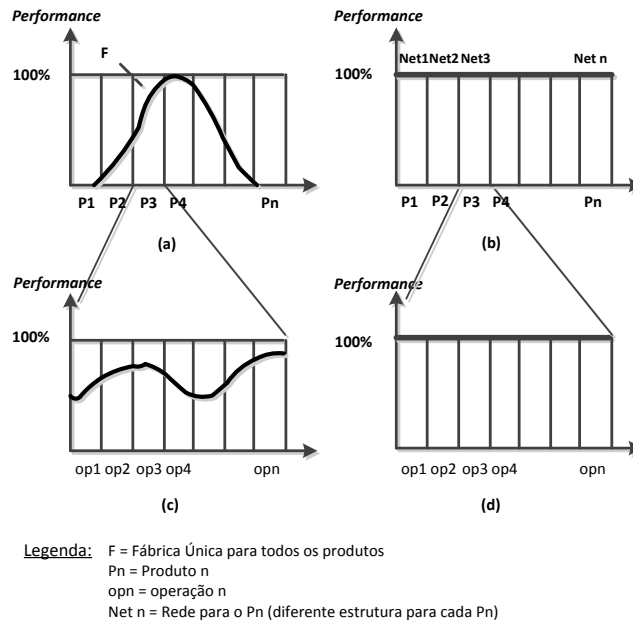


Figura 4 – Análise da Performance de: a) e c) Empresa de Multiprodutos; b) e d) Estrutura Rede [Adaptada de: (Cunha, Putnik & Ávila, 2007)]

2.5.2 Dinâmica de Reconfigurabilidade das Redes de Organizações

No contexto abordado, “Dinâmica” significa a intensidade de mudança na qual, um sistema de produção, ou empresa, é sujeita. A dinâmica organizacional de um sistema de produção ou de uma empresa considera uma sucessão de estados de sistemas de produção ou empresas ao longo do tempo, ou seja, dinâmica de reconfiguração do sistema de produção ou da empresa (Putnik & Sluga, 2007).

A dinâmica de redes de organizações é considerada uma sucessão de instâncias de redes ao longo do tempo se pode observar na Figura 5.

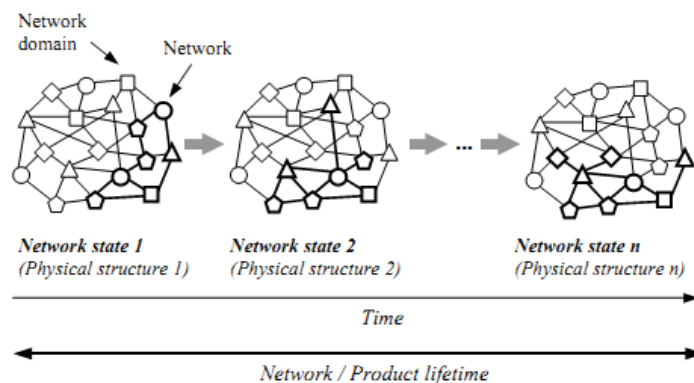


Figura 5 – Dinâmica de redes considerando uma sucessão de estágios de rede ao longo do tempo (Cunha & Putnik, 2005)

De acordo com Heisel & Meitzner (2006), a definição de Reconfigurabilidade foi desenvolvida na Universidade de Estugarda com o propósito de comparar os requisitos dos produtores e dos utilizadores, onde é referido que “a reconfiguração de um sistema deriva da configurabilidade do sistema”. Deste modo, a configuração corresponde ao *design*, seleção e composição de módulos de um conjunto de construção modular, de acordo com as especificações e requisitos do utilizador.”, e as reconfigurações são “conversões e modificações da estrutura, funcionalidade, capacidade e tecnologia” do sistema, por “substituição, complementação, e remoção discreta de componentes que operam de forma autónoma.

Ferrarini, Fogliazza, Mirandola & Veber (2008) esclareceram os termos de Reconfiguração e de Reconfigurabilidade. A Reconfiguração permite “adicionar, remover ou modificar as capacidades de um processo específico, estruturas de controlo e *software* ou máquinas”, para ajustar a capacidade de produção no sentido de responder às mudanças da procura do mercado ou de tecnologias. Os sistemas reconfiguráveis devem apresentar características de modularidade, integrabilidade, personalização e de diagnóstico, através do desenvolvimento e implementação de novas tecnologias. As empresas fortemente baseadas na automação flexível podem apresentar a propriedade de Reconfigurabilidade. A maior parte dos sistemas de produção podem ser reconfigurados, mas no entanto, apenas os sistemas reconfiguráveis podem fornecer uma escolha compatível de tempo que pode ser selecionado durante o planeamento da produção a curto-prazo.

Cunha, Putnik & Ávila (2007) apresentaram quatro razões maioritárias para a reconfiguração das redes, isto é, substituição de fornecedores de recursos, gerando uma nova instância da rede. Assim, a reconfiguração pode ocorrer como consequência: (1) do *redesign* no ciclo de vida do produto, para manter o alinhamento da rede com as exigências do mercado, (2) da natureza de uma fase particular do ciclo de vida do produto, (3) da avaliação da performance dos recursos durante uma instância da rede, ou da rescisão voluntária do contrato pelos recursos participantes, disposto a desvincular da rede, e (4) da flutuação da procura, ou do fenómeno “*Bullwhip Effect*”, também conhecido como “efeito chicote” na cadeia de abastecimento, onde uma pequena flutuação na procura do cliente final pode dramaticamente ser amplificada até ao nível mais alto da empresa, requerendo uma rápida adaptação por um curto período de tempo.

2.5.2.1 Parâmetros da Dinâmica de Reconfigurabilidade das Redes de Organizações

Em Cunha & Putnik (2002), os autores propuseram dois parâmetros para a dinâmica de reconfiguração: o número de reconfigurações requeridas por unidade de tempo (frequência de requisito de reconfiguração) e o tempo para reconfigurar (tempo de reconfiguração). A Dinâmica de Reconfigurabilidade pode ser medida pelo rácio da frequência de requisito de reconfiguração e o tempo de reconfiguração. Deste modo, a Dinâmica de Reconfigurabilidade é diretamente proporcional ao número de requisitos e inversamente proporcional ao tempo para tornar a reconfiguração operacional (seleção, negociação e integração).

O tempo de reconfiguração, segundo os autores referenciados no parágrafo anterior, é estruturado com o conjunto do tempo de seleção, contratualização e integração.

$$T_{Reconfiguração} = t_{Seleção} + t_{Contratualização} + t_{Integração}$$

Equação 1 – Cálculo do tempo de reconfiguração (1)²

A seleção envolve a identificação dos potenciais recursos candidatos (tempo de procura), seguidos pelos processos de avaliação e negociação (tempo de negociação). Assim, o tempo de seleção é decomposto por:

$$t_{Seleção} = t_{Procura} + t_{Negociação}$$

Equação 2 – Cálculo do tempo de seleção do recurso (1)³

Idealmente, o tempo de reconfiguração deverá tender para zero e a duração da configuração estável deve ser orientada conforme as necessidades de alinhamento de negócio, como podemos ver na Figura 6.

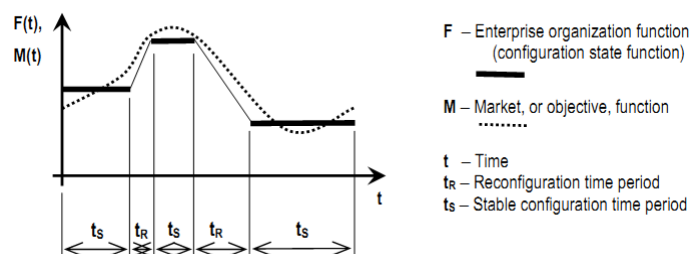


Figura 6 – Dinâmica Organizacional: Parâmetro de configuração da rede (F) como função do tempo (t) (Putnik, Cunha, Cortes & Ávila, 2007)

² De notar que a equação apresentada é semelhante à Equação 3, que será posteriormente apresentada no Capítulo 3. A designação de (1) refere-se à

³ *Idem*: Nota de Rodapé da Equação 1

A reconfiguração dinâmica é um dos indutores do alinhamento de negócio. As funções de mercado, como por exemplo, a procura do mercado ou as funções de negócio não são constantes ao longo do tempo, ou seja, flutuam devido a inúmeros fatores.

A empresa tradicional tem normalmente uma capacidade de produção constante. Devido a flutuação do mercado existe sempre excesso ou falta de capacidade (implícita pela organização estática), onde a empresa sofre perdas diretas (A) ou perda de oportunidade de receitas (B), respetivamente para o excesso ou falta de capacidade, como se pode observar na Figura 7.

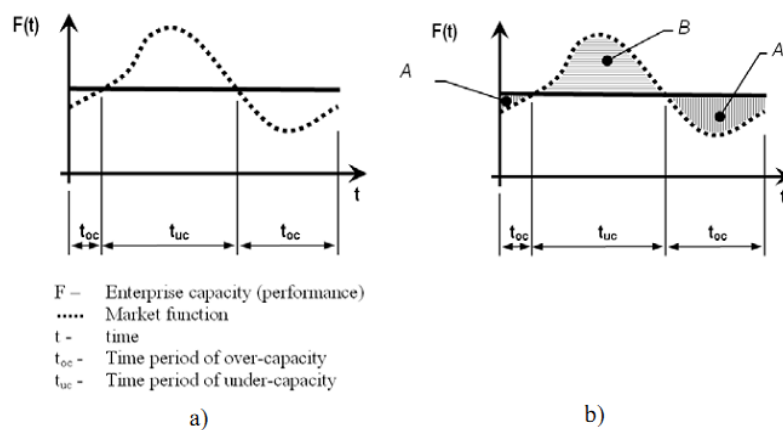


Figura 7 – Capacidade da Rede e Procura do Mercado como função do tempo (Putnik, Cunha, Cortes & Ávila, 2007)

O requisito de alinhamento de negócio é a capacidade da empresa se aproximar o mais possível da função de mercado, com o objetivo de reduzir as áreas (A) e (B). A Figura 8 pretende ilustrar uma tentativa de ajustar a capacidade da empresa para a função de mercado, onde as áreas correspondentes ao excesso e falta de capacidade, que são representadas na Figura 8 (a), são mais pequenas que as representadas na Figura 8 (b). Como referido anteriormente, o tempo de reconfiguração (t_r) deve tender para zero e a duração da configuração estável (t_s) deve ser orientada conforme as necessidades de alinhamento de negócio, para manter a performance da empresa ao mais alto nível.

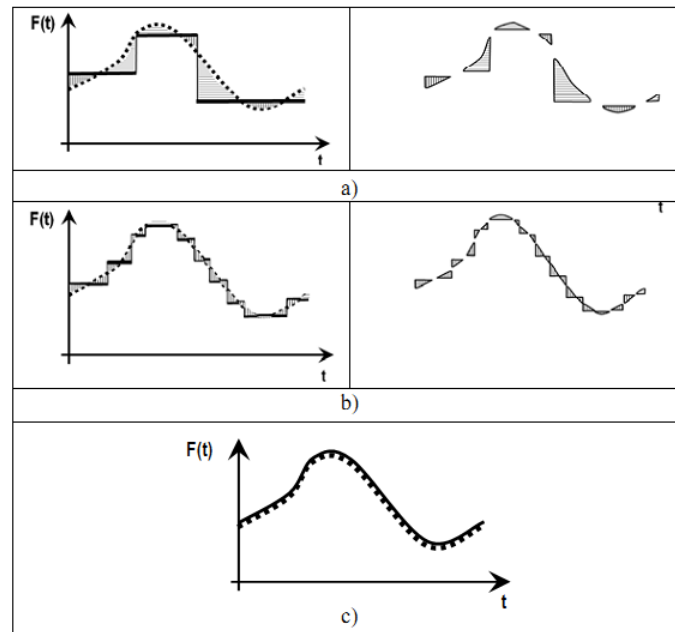


Figura 8 – Alinhamento da Capacidade da Empresas com a função do mercado (Putnik, Cunha, Cortes & Ávila, 2007)

2.5.2.2 Limitações da Dinâmica de Reconfigurabilidade das Redes de Organizações

Os principais fatores contra a dinâmica de reconfigurabilidade, isto é, os maiores limitadores da frequência de reconfiguração são os tempos e custos de reconfiguração, que reduzindo a dinâmica, aumentam a duração das reconfigurações estáveis.

Relativamente ao conceito de estruturas de rede globais reconfiguráveis dinamicamente, existem dois fatores críticos associados, ou seja, dois fatores contra a dinâmica de redes e reconfigurabilidade: (1) perdas de informação confidencial ("*Leakage of private information*") e (2) Custos de transação ("*Transaction Cost*"), os quais estão associados a custos de *outsourcing* (Cunha & Putnik, 2005; Cunha, Putnik & Ávila, 2007).

As empresas possuem informação confidencial de modo a terem uma maior vantagem no mercado e, na maior parte das vezes, terem vantagem competitiva central que as distingue das restantes empresas concorrentes. Deste modo, nas tarefas de rede ou nas tarefas repartidas entre os fornecedores de recursos o risco de perda do controlo deste tipo de informação pode aumentar. Assim, a implementação de estruturas em rede exige que haja ferramentas que permitam preservar o conhecimento da empresa. Quando se consideram redes reconfiguráveis dinamicamente, o risco de perda de informação confidencial aumenta.

Nas organizações dinâmicas os custos de transação são os custos de reconfiguração da empresa, ou seja, estão associados ao custo de procura, seleção, negociação e integração, bem como numa permanente monitorização e avaliação do desempenho dos parceiros (Cunha & Putnik, 2005).

Segundo o modelo BM_VEARM as principais ferramentas para gerir, controlar e permitir a execução em rede e a dinâmica, de modo a combater os fatores contra a dinâmica de rede e de reconfigurabilidade são:

- Mercado de Recursos (MR);
- *Broker* ou “gestores de configuração da organização”; e
- Virtualidade.

No subcapítulo seguinte será abordado apenas o caso do Mercado de Recursos, uma vez que para o modelo desenvolvido na dissertação, não são abordadas as ferramentas de “*Brokering*” e Virtualidade.

2.5.3 Instrumento de Alinhamento de Negócio e Dinâmica de Organizações – Caso: Mercado de Recursos

O Mercado de Recursos surge como uma alternativa às ferramentas tradicionais, que foram desenvolvidas para suportar atividades isoladas, tais como, procura e seleção de parceiros ou fornecedores e posterior negociação dentro das cadeias de abastecimento, mas sem o propósito de responder aos requisitos da dinâmica de reconfiguração intrínseca ao modelo de Empresas Virtuais.

O Mercado de Recursos constitui um quadro e serviço organizacional institucionalizado, assegurando o cumprimento dos requisitos de competitividade para a integração dinâmica e alinhamento de negócio das empresas virtuais (Cunha, Putnik, Gunasekaran & Ávila, 2005).

O aspeto operacional do Mercado de Recursos consiste num serviço de intermediação baseado em Internet, mediando a “oferta” e a “procura” de recursos para integrar dinamicamente uma Empresa Virtual, assegurando baixos custos de transação [como demonstrado em (Cunha & Putnik, 2006a)] e preservação do conhecimento dos parceiros.

Os agentes (*brokers*) atuam no âmbito do Mercado de Recursos como agentes intermediários para agilidade e virtualidade. Neste contexto, “oferta” corresponde aos fornecedores de recursos, indivíduos ou empresas, que tornam os seus recursos (produtos, componentes, operações) disponíveis, como

parceiros potenciais para a integração na Empresa Ágil/Virtual. Por sua vez, “procura” corresponde ao cliente, ou ao proprietário da Empresa Ágil/Virtual.

O serviço fornecido pelo Mercado de Recursos é apoiado por: (1) uma base de conhecimento de recursos e resultados da integração dos recursos numa empresa ágil/virtual anterior, (2) uma representação normalizada de informação (informação histórica); (3) ferramentas e algoritmos assistidos por computador; (4) um serviço de *Broker*, e (5) regulação, isto é, gestão dos processos de negociação e integração, bem como, mecanismos de execução do contrato (Cunha, Putnik & Ávila, 2007).

O Mercado de Recursos é capaz de oferecer (Cunha, Putnik & Ávila, 2007): (1) conhecimento para seleção e negociação de recursos para a empresa virtual e para a integração desses mesmos recursos, (2) funções específicas para a gestão de operações da empresa virtual, (3) procedimentos de contracto e formalização para assegurar o cumprimento dos compromissos, responsabilidades, confiança e aspetos deontológicos, prevenindo que a empresa virtual integrada cumpra os seus objetivos de resposta às oportunidades de mercado.

2.5.4 Estrutura Global do Mercado de Recursos

A estrutura global do Mercado de Recursos foi representada em diagramas de IDEF0 (do inglês: “*Integration Definition for Function Modeling*”) por Cunha & Putnik, 2005 , como se pode observar na Figura 9, com os seguintes processos globais:

- Criação e Operação do Mercado de Recursos
- *Design* e Integração da Empresa Ágil/Virtual
- Operação da Empresa Ágil/Virtual

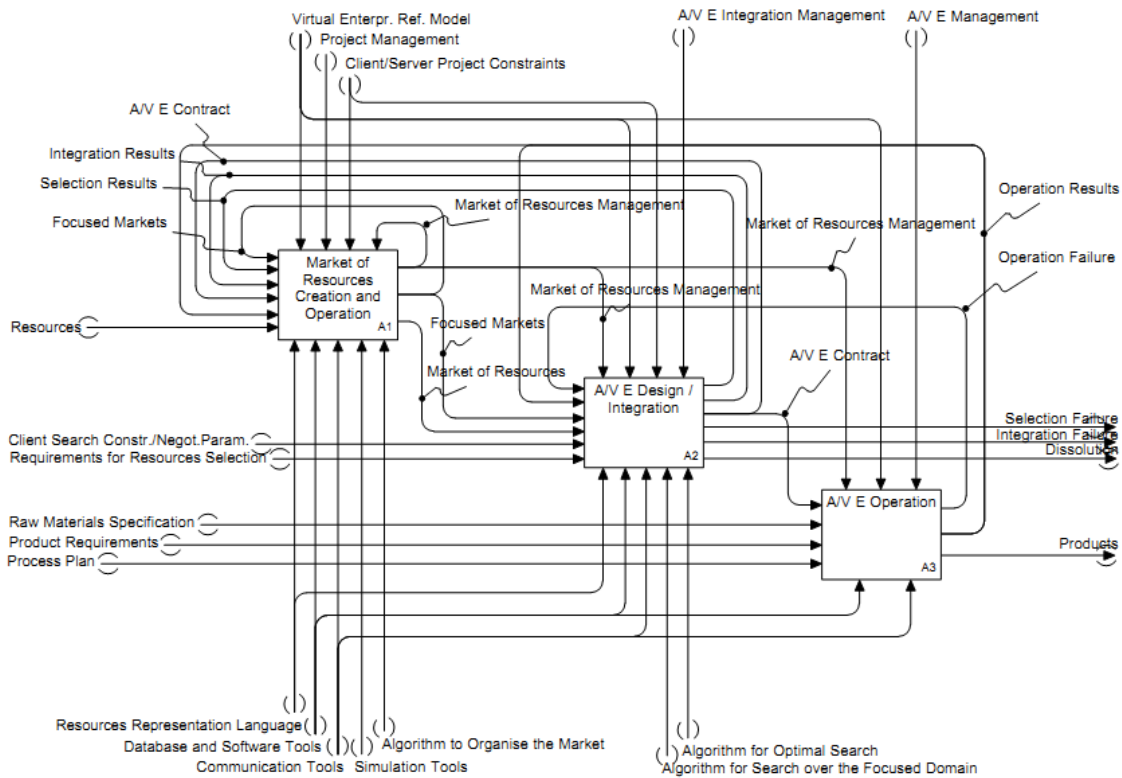


Figura 9 – IDEF0 do funcionamento dos principais processos do MR (Cunha, 2003)

Para uma visão mais detalhada dos processos A1, A2 e A3, ver Cunha & Putnik (2005; p 154), processos que não serão detalhados nesta dissertação, uma vez que o importante para o modelo a desenvolver é a estrutura e o cálculo dos tempos de seleção, negociação e integração.

2.5.5 Modelos de Pesquisa, Seleção e Integração Dependente e Independente

No modelo de Cunha (2003), de modo a tornar possível a comparação entre o Mercado de Recursos e os métodos tradicionais em termos de tempo (esforço), Cunha & Putnik (2006a) listaram as principais atividades da criação/reconfiguração da empresa virtuais (Tabela 2).

Tabela 2 – Atividades de Integração de Empresas Virtuais [Adaptada de (Cunha & Putnik, 2006a)]

Atividade	e-Tradicional	Mercado de Recursos
Requisição E A/V	Sistematização do projeto de EV e preparação para a procura e seleção	
- Requisição de Negociação - <i>Design</i> E A/V	- Seleção da categoria/subcategorias do diretório que melhor traduz o recurso requerido (identificação do domínio da procura)	- Registo, especificação do pedido, alocação do <i>broker</i> e contratualização com o MR. - <i>Design</i> da EV assistido por computador, com especificação dos requisitos do recurso e parâmetros de negociação. - O <i>broker</i> selecionado irá validar o <i>Design</i> , ou irá suportar o <i>Design</i> em produtos complexos ou quando métodos de negociação complexos forem necessários.
Procura e Seleção de Recursos	Identificação dos recursos elegíveis para cada recurso pretendido pela EV, negociação tendo em conta estes aspetos e seleção da melhor combinação dos fornecedores dos recursos	
- Identificação dos Recursos Elegíveis	- Análise e ordenação dos resultados da procura nas subcategorias selecionadas no domínio da procura e identificação de qual destes tem a solução; - Visita ao conjunto e identificação da sua elegibilidade para reduzir o domínio para a negociação. - <i>Recursos Elegíveis</i> serão um subconjunto dos recursos visitados.	- Seleção do Mercado " <i>Focado</i> ", o domínio onde se pretende realizar a pesquisa. - Filtragem do Mercado " <i>Focado</i> " – automaticamente dos requisitos do <i>Design</i> da EV para a identificação dos <i>Recursos Elegíveis</i> (a elegibilidade é automaticamente retirada da base de dados do recurso)
- Negociação	- Negociação com os recursos elegíveis para identificar os recursos candidatos para a integração; O método tradicional força uma requisição de licitações manual (do inglês: " <i>Request for Bids</i> ", RFB) ou negociação direta.	- Negociação assistida por computador (mais ou menos automatizada) com os recursos elegíveis para identificação dos recursos candidatos para a integração; nós distinguimos entre procura automática, leilão inverso e negociação direta.
- Seleção	- Ordenação dos resultados da negociação e identificação da melhor combinação dos fornecedores de recursos, e confirmação com os fornecedores selecionados	- Decisão assistida por computador e mediada pelo <i>broker</i> para seleção final dos recursos a integrar; ordenação dos resultados da negociação e identificação da melhor combinação de fornecedores dos recursos. Dependendo da complexidade, implica maior ou menor dedicação do <i>Broker</i> .
Integração de EV	Contratualização com os recursos selecionados para integração.	
Contratualização	- Por <i>e-mail</i> , usando as facilidades da assinatura digital - Elaboração de contractos específicos para cada uma das situações - Negociação dos termos dos contratos com os fornecedores	- Automaticamente, quando um fornecedor de um recurso selecionado confirma a sua participação. - Seleção do contracto adequado de uma coleção <i>standard</i> . - Oferece procedimentos de integração, não considerados aqui

Para a análise e compreensão da complexidade inerente ao problema da procura e seleção de recursos é essencial criar/reconfigurar a empresa virtual, num projeto de sistemas de empresas virtuais. Na complexidade do problema da seleção de recursos, podem ser realizadas duas abordagens: Seleção Independente e Seleção Dependente (Cunha & Putnik, 2006a). Assim, na Seleção Independente, analisam-se, um por um, os n fornecedores de recursos elegíveis, capazes de fornecer um determinado recurso, e analisa-se independentemente os outros recursos que cada fornecedor de recursos é capaz de prestar, dentro da criação/reconfiguração da empresa virtual em análise. Na Seleção Dependente, consideram-se todas as possibilidades de combinação dos k recursos requeridos a serem fornecidos por todas as possibilidades de combinação dos n fornecedores de recursos elegíveis, ou seja, consideram-se os processos de negociação diferentes para o fornecimento de mais do que um recurso por cada fornecedor de recursos. As principais variáveis consideradas nos modelos de Seleção são:

- Complexidade do produto (e consequentemente complexidade do projeto), correspondente ao número de recursos requeridos para integração (k);
- Dimensão do Domínio de Procura (SD^4) (o número de fornecedores de recursos potenciais, onde o primeiro passo da procura deve ser iniciado) e a dimensão do Domínio Focado (FD), o qual receberá os valores para as simulações utilizando os modelos de custo e tempo (esforço). De modo a simplificar, assume-se que a dimensão do FD, para cada situação, é de 20% da dimensão do SD.
- Dimensão dos outros Domínios de Visita (VD) e Negociação (ND) que resultarão da aplicação do rácio entre o SD e FD.

No modelo da presente dissertação apenas será adotado o modelo de Seleção Independente. Assim, será apresentado, na Tabela 3, o modelo de Seleção, Integração dos k recursos, considerando o modelo de Seleção Independente (Cunha & Putnik, 2006a).

⁴ Importante salientar que as abreviaturas apresentadas são as mesmas utilizadas no modelo de selecção de (Cunha & Putnik, 2006a), alterando-se apenas as suas designações para o idioma português. Deste modo, a SD corresponde "Search Domain", FD – "Focused Domain", VD – "Visit Domain" e ND – "Negotiation Domain".

Tabela 3 – Modelo de Seleção, Integração dos k recursos, considerando o modelo de seleção independente

Atividade	e-Tradicional	Mercado de Recursos	Designações
Requisição E A/V			
- Requisição de Negociação (T_{RN})		$T_{RN} = C_R$	C_R – Tempo de <i>setup</i> da Requisição de Negociação
- <i>Design</i> E A/V (T_D)	$T_D \leq NCand * t_{DT}$	$T_D = C_D + NCand * t_{DM} + C_V + NCand * t_V$	C_D - Tempo de <i>setup</i> de <i>Design</i> t_{DT} / t_{DM} – Tempo para executar o primeiro passo da pesquisa, por recurso requerido. C_V – Tempo de <i>Setup</i> de validação t_V – Tempo para validar os recursos requeridos, por recurso requerido
Seleção de Recursos			
- Identificação dos Recursos Elegíveis (T_{IRE})	$T_{IRE} \leq \sum_{i=1}^{NCand} (t_A * SD_i) + \sum_{i=1}^{NCand} (t_E * VD_i)$	$T_{IRE} = NCand * C_{FD} + \sum_{i=1}^{NCand} (t_{DF} * FD_i)$	t_A – Tempo de análise de cada um dos resultados contidos no SD_i (Domínio de pesquisa) t_E – Tempo de visita por recurso para determinar a sua elegibilidade VD_i - Domínio de Visitas C_{FD} – Tempo de <i>setup</i> de identificação do FD_i (Domínio Focado), por recurso requerido t_{DF} – Tempo de análise do registo de cada Domínio Focado.
Negociação			
- Automática (T_{Aut})		$T_{Aut} = NCand * C_{Aut} + \sum_{i=1}^{NCand} (t_{Aut} * ND_{Mi})$	C_{Aut} – Tempo de <i>setup</i> de procura automática por recurso requerido t_{Aut} – Tempo por operação de procura automática dentro do Domínio de Negociação (ND_i)
- Leilão (requisição de licitações /leilão inverso) (T_{RfB})	$T_{RfB} = NCand * C_{RfBT} + \sum_{i=1}^{NCand} (t_{RfBT} * ND_{Ti})$	$T_{RfB} = C'_{RfB} + NCand * C_{RfBM} + \sum_{i=1}^{NCand} (t_{RfBM} * ND_{Mi})$	C'_{RfB} – Tempo fixo global por negociação baseada em leilão C_{RfBT} / C_{RfBM} – Tempo de <i>setup</i> por leilão (para cada recurso requerido) t_{RfBT} / t_{RfBM} – Tempo por contacto e requisição de leilão, num dado leilão
- Negociação Direta (T_{ND})	$T_{ND} = NCand * C_{DnT} + \sum_{i=1}^{NCand} (t_{DnT} * ND_{Ti})$	$T_{ND} = NCand * C_{DnM} + \sum_{i=1}^{NCand} (t_{DnM} * ND_{Mi})$	C_{DnT} / C_{DnM} – Tempo de <i>setup</i> no processo de negociação direta por recurso requerido t_{DnT} / t_{DnM} – Tempo por contacto e processo de negociação directa
- Seleção (T_S)	$T_S = NCand * C_{ST} + \sum_{i=1}^{NCand} (t_{ST} * CD_{Ti})$	$T_S = NCand * C_{SM} + \sum_{i=1}^{NCand} (t_{SM} * CD_{Mi})$	C_{ST} / C_{SM} – Tempo fixo de seleção por recurso requerido t_{ST} / t_{SM} – Tempo de análise por recurso candidato CD_i (avaliação dos resultados da negociação)
Integração EV			
- Contratualização (T_C)	$T_C = NCand * t_{CT}$	$T_C = C_C + NCand * t_{CM}$	C_C – Tempo de <i>setup</i> de contratualização automática t_{CT} / t_{CM} – Tempo de negociação do contrato com cada recurso selecionado

Os valores, como resultado de Cunha & Putnik (2006a), para as constantes de tempos estão sumarizados na Tabela 4:

Tabela 4 – Constantes de tempo (minutos) (Cunha & Putnik, 2006a)

Atividades	Tradicional		Mercado de Recursos					
Requisição A/EV								
- Requisição de Negociação					C_R	20		
- <i>Design</i> E A/V	t_{DT}	5			C_D	10		
					t_{DM}	10		
					C_V	20		
					t_V	5		
Seleção de Recursos								
- Identificação dos Recursos Elegíveis	t_A	1			C_{FD}	10		
	t_E	3			t_{FD}	0.5		
- Negociação (considerando Requisição de licitação)	C_{RIBT}	10	R_{IT}	50%	C'_{RIB}	10	R_{1M}	50%
	t_{RIBT}	3			C_{RIBM}	10		
- Seleção	C_{ST}	10	R_{2T}	50%	C_{SM}	10	R_{2M}	50%
	t_{ST}	5			t_{SM}	0.1		
Integração de E A/V								
- Contratualização	t_{CT}	60			C_C	10		
					t_{CM}	2		

2.6 “Generative Integration” como Paradigma de Integração de Empresas Virtuais

A integração na produção é o primeiro paradigma sistémico para organizar humanos e máquinas num sistema como um todo a nível da gestão, para produzir um sistema de empresas integrado e interoperável⁵ (Panetto & Molina, 2008).

Putnik, Cunha, Sousa & Ávila (2005) propuseram um novo paradigma de integração de empresas virtuais e geraram um modelo designado de “*Generative Integration*”, ou integração generativa, o qual é caracterizado pela capacidade de criar, sintetizar ou gerar a solução de integração, primeiro de forma eficaz e posteriormente de forma eficiente.

A nova característica fundamental e qualitativa da “*Generative Integration*” é a introdução de semiótica como um instrumento que emprega, de forma especial, instrumentos de pragmática. “Pragmática” é um “meta-modelo de informação, que trata a informação como um processo não determinístico, no

⁵Segundo o Glossário do IEEE “interoperabilidade” é a capacidade de um sistema ou um produto trabalharem com outros sistemas ou produtos, sem um esforço especial por parte do cliente. Interoperabilidade é possível graças à aplicação de padrões *standard*. Disponível a 4 de Setembro de 2011 em:

http://www.ieee.org/education_careers/education/standards/standards_glossary.html#sect9

qual qualquer tentativa de “escrever”, isto é, “consertar” ou “formalizar” a informação, de facto impede o processo criativo de interpretação, ou seja, impede o *co-design* e/ou *co-criatividade*” (G. D. Putnik & Putnik, 2010).

A Integração Generativa implica um ciclo de vida da integração, e consiste em três fases globais: síntese (ou *design*), operação e término, como se pode observar na Figura 10:

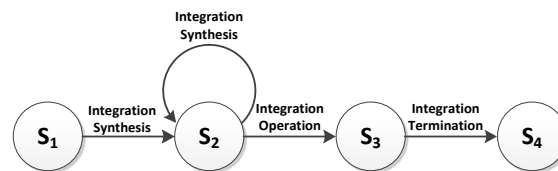


Figura 10 – Ciclo de vida da integração (G. D. Putnik & Putnik, 2010)

Na fase de síntese (ou *design*, ou geração) de integração são utilizadas ferramentas de geração de integração, representando um processo de integração baseada na comunicação, tais como, negociações, *brokering*, cooperação e coordenação, gestão da integração, algoritmos sofisticados de *design* de empresa virtuais, aprendizagem e aprendizagem de máquinas, processos de contratação, gestão de custos e meta-empresas como ambientes que facilitam a integração.

Na fase de operação da integração, após o terminar da fase de síntese de integração, os motivos de preocupação são as questões relacionadas com, por exemplo, os formatos de dados, bases de dados partilhadas, padrões, algoritmos determinísticos, contratos (como custos fixos). A fase de operação da integração representa atualmente um processo de integração baseado em transações “tradicionais”, que prova que este processo é incorporado na integração generativa.

A última fase do ciclo de vida da integração, término da integração, corresponde a uma desconexão simples de dois elementos (na integração generativa e integração baseado em transações “tradicionais”), ou então pode necessitar de mais subprocessos para terminar, especialmente na integração generativa, como na integração baseada na comunicação (G. D. Putnik & Putnik, 2010).

Capítulo 3

Modelo de Estrutura de Tempo de Reconfiguração e/ou Integração

Capítulo 3. Modelo de Estrutura de Tempo de Reconfiguração e Integração

A complexidade para os processos de engenharia e integração deve-se a uma rápida formação e reconfiguração de empresas e seus processos, e à necessidade de projetar competências centrais e trabalhos de empresas de parceiros individuais (Presley, Sarkis, Barnett & Liles, 2001).

No presente Capítulo, e dada a importância da reconfiguração e integração de empresas, é apresentada uma nova abordagem à estrutura do tempo de reconfiguração para arquiteturas de sistemas sequenciais elementares.

Deste modo é desenvolvida a estrutura do tempo de reconfiguração onde se explora a questão da integração, seguindo os modelos previamente desenvolvidos e apresentados no Capítulo 2.

Neste Capítulo serão ainda apresentados exemplos com arquiteturas de sistemas sequenciais elementares, isto é, relações entre dois pares de sistemas, por forma a facilitar a interpretação da estrutura do tempo de reconfiguração.

A estrutura do tempo de reconfiguração e de integração desenvolvida neste Capítulo serve como método de cálculo para o tempo de reconfiguração apresentado no modelo de Gestão em Tempo Real para Empresas Virtuais no Capítulo 4.

3.1 Abordagem Inicial

De acordo com o modelo da Seleção, o tempo de reconfiguração é composto pelo tempo de identificação dos recursos elegíveis, pelo tempo de negociação, pelo tempo de contratualização com o recurso e pelo tempo de integração. A Figura 11 esquematiza a abordagem inicial ao Modelo de Estrutura de Tempo de Reconfiguração, ou Integração, para Arquiteturas de Sistemas Sequenciais Elementares.

Na reconfiguração do sistema de produção é selecionado inicialmente o melhor recurso do domínio de procura, representado pelo passo 1. Posteriormente, procede-se à negociação com o recurso representado pelo passo 2. Seguindo o modelo da seleção independente, neste modelo serão considerados os três tipos de negociação propostos por Cunha & Putnik (2006a): Automática, Leilão, Direta. Se o processo de negociação não falhar, dá-se seguimento à contratualização (passo 3).

A integração dos recursos consiste nas três fases de ciclo de vida de integração: síntese, operação e término (ver Capítulo 2). No tempo de síntese do instrumento de integração, apenas se pode escolher um dos três tipos de síntese apresentados: *Linear Design*, *Co-Design* ou Seleção. Na Seleção, o passo 4 representa a procura do instrumento de integração, e os passos 5 e 6 correspondem, respetivamente, à negociação e contratualização com o instrumento de síntese.

Terminado o processo de síntese do instrumento de integração, é possível proceder-se à operação da implementação de integração (transação/transporte), como se pode observar no passo 7.

O último termo a incluir no tempo de integração do recurso é o tempo de término de integração, passo 8, para no final se realizar a operação do sistema de produção e recomeçar uma nova reconfiguração (voltar ao passo 1).

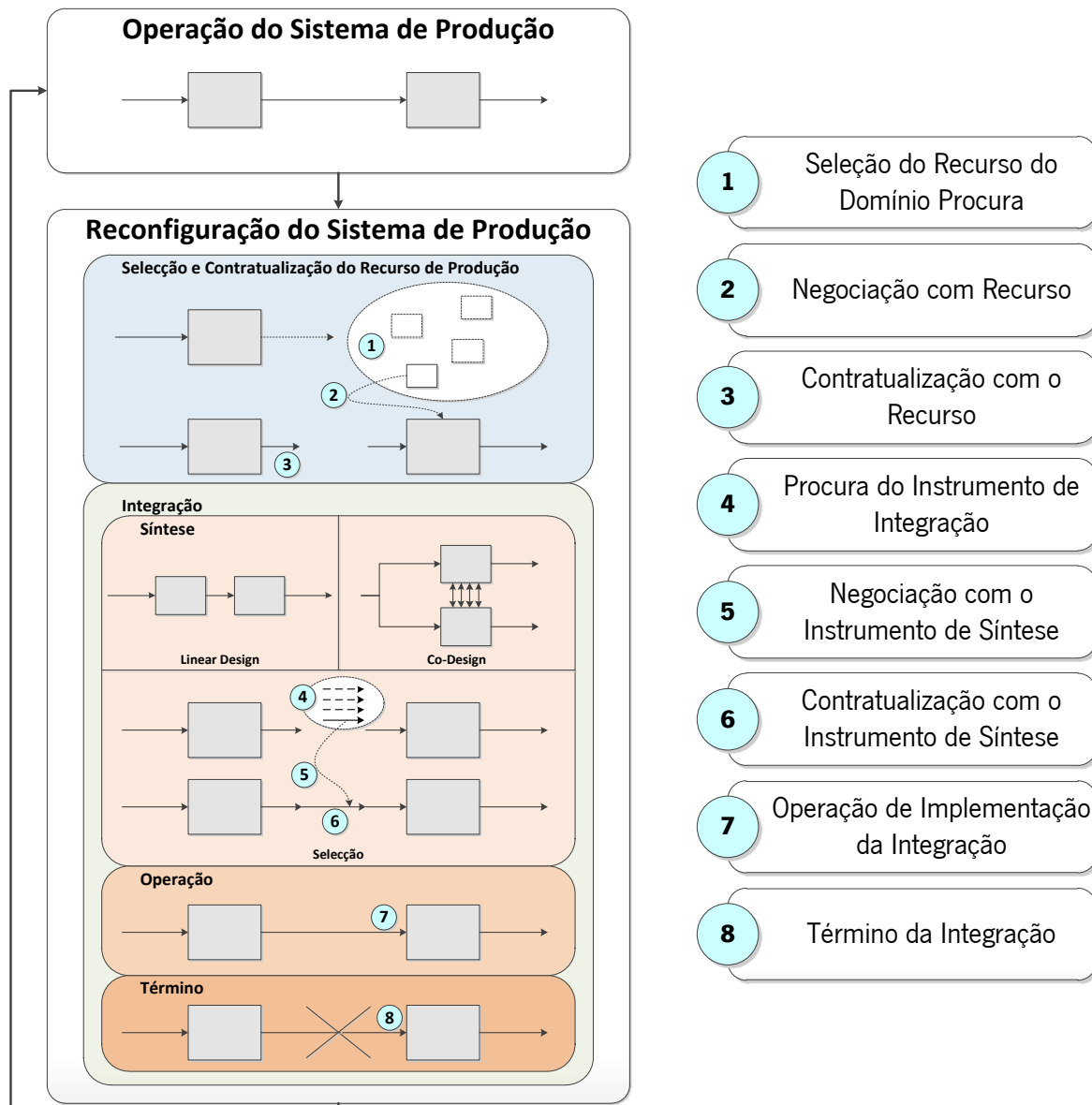


Figura 11 – Abordagem Inicial ao Modelo

3.2 Modelo de Estrutura do Tempo de Reconfiguração ou Integração

No modelo de Estrutura do Tempo de Reconfiguração ou Integração, tem-se presente a relação apenas entre um par de sistemas. Na Figura 12 pretende-se representar uma organização em rede interempresas de um sistema de produção, onde entre cada reconfiguração está presente uma nova configuração do sistema.

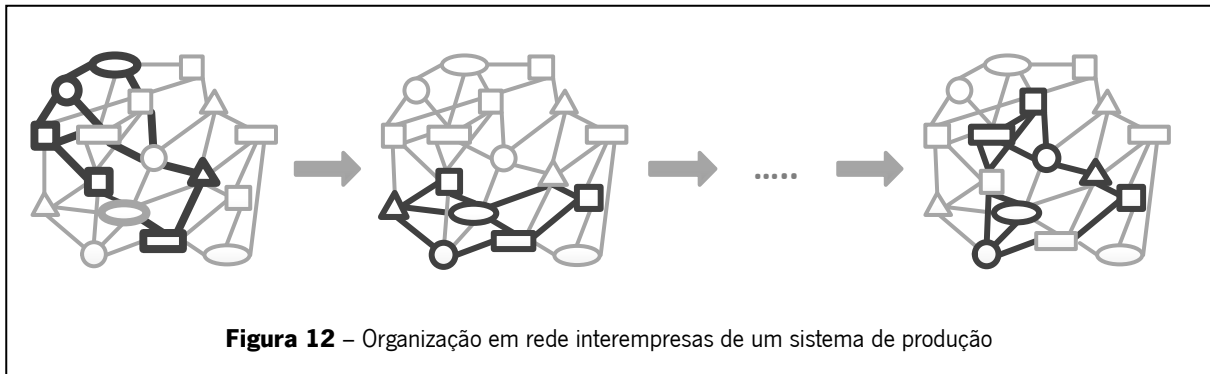


Figura 12 – Organização em rede interempresas de um sistema de produção

No contexto de Reconfiguração de Sistemas, Putnik, Spasic, Sousa & Naldinho (2002), apresentaram três arquiteturas de integração: Direta, Federada e Aberta, como se pode observar na Figura 13. A notação a ser utilizada nos exemplos que se seguirão está presente na Figura 14.

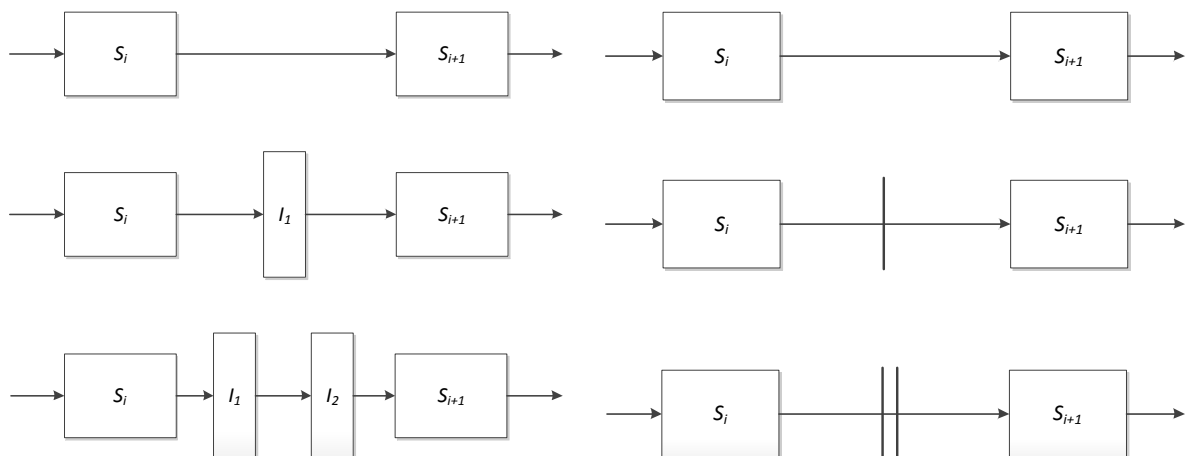


Figura 13 – Arquiteturas de Integração: Direta, Federada, Aberta (Putnik, Spasic, Sousa & Naldinho (2002))

Figura 14 – Notação para as Arquiteturas de Integração

Como referido no Capítulo 2, Putnik, Cunha, Sousa & Ávila (2005) propuseram um novo paradigma de integração de empresas virtuais e geraram um modelo designado de “*Generative Integration*”, o qual é caracterizado pelo ciclo de vida da integração, contemplando as três fases seguintes: Síntese, Operação, e Término. Seguindo este modelo, o tempo de integração de recursos presente no tempo de

reconfiguração, considera as três fases do ciclo de vida da integração. Na Figura 15 está representado o diagrama para uma estrutura do tempo de reconfiguração. Ainda se pode observar, na Figura 15, um ciclo no qual se pretende evidenciar a questão do caso da falha de negociação com o parceiro escolhido, onde uma vez falhada, se procura um novo parceiro.

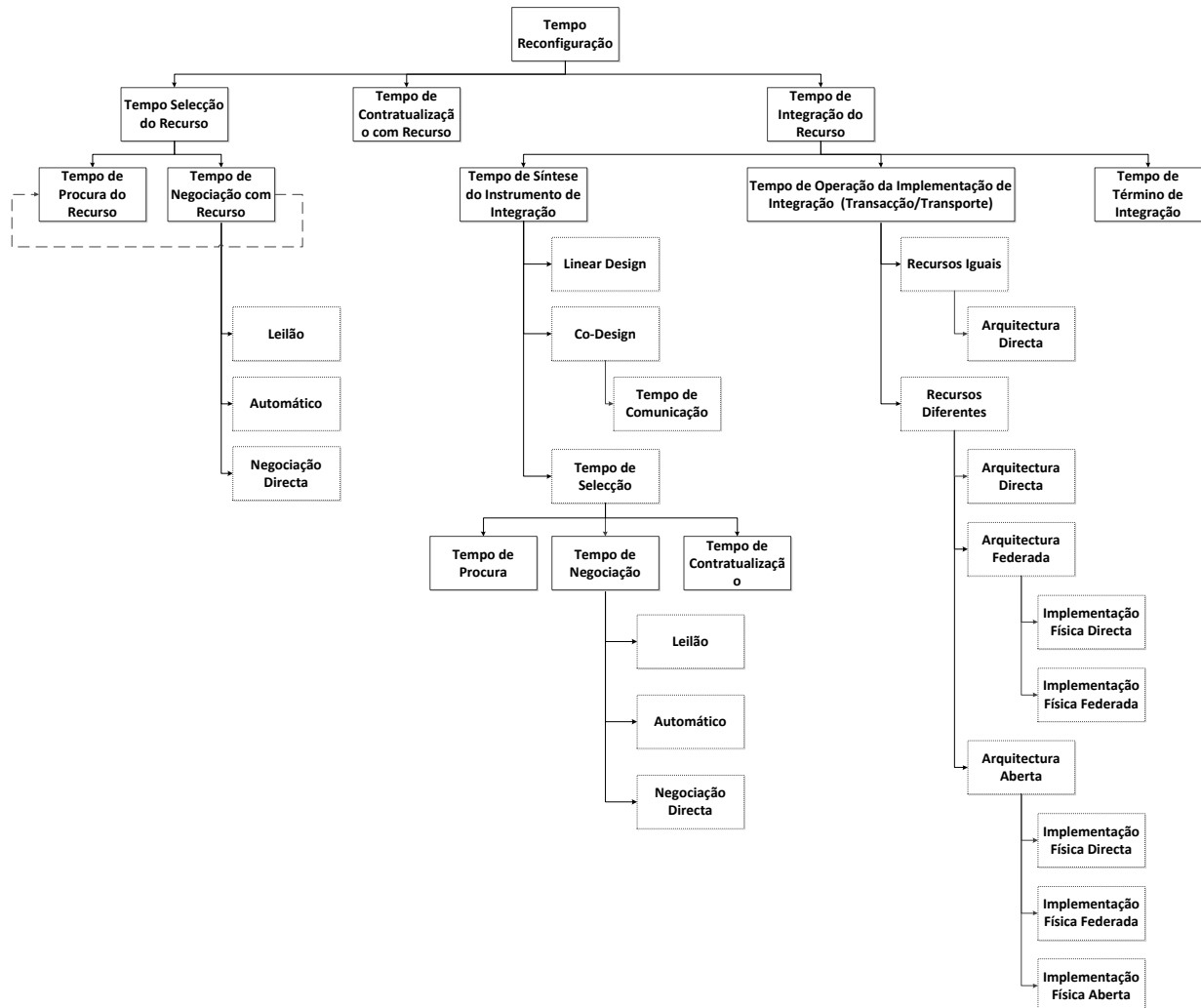


Figura 15 – Diagrama para uma estrutura do tempo de reconfiguração

Como descrito anteriormente no subcapítulo 2.5.2.1, o tempo de reconfiguração é composto pela soma do tempo de seleção, contratualização e integração do recurso (Equação 1) onde o tempo de seleção é dado pelo tempo de procura e negociação dos recursos (Equação 2).

No modelo de estrutura do tempo de reconfiguração pretende-se refinar a importância do tempo de integração, uma vez que não foi abordado. Na Tabela 5 encontram-se as notações para uma melhor compreensão das siglas utilizadas nas equações que se seguem.

Tabela 5 - Notações presentes no Cálculo do Tempo de Reconfiguração

t_{Reconf}	Tempo de Reconfiguração
t_{Rsel}	Tempo de Seleção do Recurso
t_{RProc}	Tempo de Procura do Recurso
t_{RNeg}	Tempo de Negociação com Recurso
t_{Aut}	Tempo de Negociação Automática
t_L	Tempo de Negociação por Leilão
t_D	Tempo de Negociação Direta
t_{RCont}	Tempo de Contratualização do Recurso
t_{RInt}	Tempo de Integração do Recurso
$t_{IISintese}$	Tempo de Síntese do Instrumento de Integração
t_{Ioper}	Tempo de Operação da Implementação de Integração
t_{ITerm}	Tempo de Término de Integração
$t_{LDesign}$	Tempo de <i>Linear Design</i> (ou Sequencial)
$t_{CoDesign}$	Tempo de <i>Co-Design</i>
t_{sel}	Tempo de Seleção
t_{Proc}	Tempo de Procura
t_{Neg}	Tempo de Negociação
t_{Cont}	Tempo de Contratualização
t_{Igr}	Tempo de Integração de Recursos Iguais
t_{DifR}	Tempo de Integração de Recursos Diferentes
t_{DA}	Tempo do Tipo de Integração: Arquitetura Direta
t_{FA}	Tempo do Tipo de Integração: Arquitetura Federada
t_{AA}	Tempo do Tipo de Integração: Arquitetura Aberta
t_{DAIF}	Tempo do Tipo Implementação Física: Arquitetura Direta
t_{FAIF}	Tempo do Tipo Implementação Física: Arquitetura Federada
t_{AAIF}	Tempo do Tipo Implementação Física: Arquitetura Aberta

Seguindo o diagrama presente na Figura 15 e as notações da Tabela 5, temos então a seguinte decomposição do Tempo de Reconfiguração (Equação 3):

$$t_{Reconf} = t_{Rsel} + t_{RCont} + t_{RInt}$$

Equação 3 – Cálculo do tempo de reconfiguração (2)⁶

⁶ *Idem*. Nota de Rodapé da Equação 1.

O Tempo de Seleção do Recurso é calculado pela soma do Tempo de Procura do Recurso com o Tempo de Negociação com o Recurso (Equação 4).

$$t_{RSel} = t_{RProc} + t_{RNeg}$$

Equação 4 – Cálculo do tempo de seleção do recurso (2)⁷

Relativamente ao Tempo de Negociação com o Recurso, apenas um dos tipos de negociação apresentados pode ocorrer, isto é, só podemos escolher entre um tipo de negociação (Automática, por Leilão, Direta (Equação 5). Deste modo o Tempo de Negociação segue o tipo de estrutura 'Exclusive OR' (\oplus).

$$t_{RNeg} = t_{Aut} \oplus t_L \oplus t_D$$

Equação 5 – Cálculo do tempo de negociação do recurso

Surge então a abordagem relativa à questão do tempo de integração. Assim, o Tempo de Integração do Recurso é composto pela soma entre o Tempo de Síntese do Instrumento de Integração, o Tempo de Operação da Implementação de Integração e o Tempo de Término da Integração (Equação 6):

$$t_{RInt} = t_{IISintese} + t_{IOper} + t_{ITerm}$$

Equação 6 – Cálculo do tempo de integração do recurso

O Tempo de Síntese do Instrumento de Integração pode ocorrer do mesmo modo que o Tempo de Negociação de um tipo de estrutura 'Exclusive OR' (\oplus), entre os três tipos de tempos de síntese: *Linear Design* (ou Sequencial), *Co-Design* ou Seleção (Equação 7).

$$t_{IISintese} = t_{LDesign} \oplus t_{CoDesign} \oplus t_{Sel}$$

Equação 7 – Cálculo do tempo de síntese do instrumento de integração

Por sua vez, o Tempo de Seleção é constituído pela soma entre o tempo de procura, negociação e contratualização (Equação 8).

$$t_{Sel} = t_{Proc} + t_{Neg} + t_{Cont}$$

Equação 8 – Cálculo do tempo de seleção

⁷ *Idem*. Nota de Rodapé da Equação 2.

Como já referido, o Tempo de Seleção tem incluído no seu cálculo o tempo de Negociação, que à semelhança do anterior (Equação 5) apresenta-se sob a estrutura 'Exclusive OR' (\oplus) (Equação 9).

$$t_{Neg} = t_{Aut} \oplus t_L \oplus t_D$$

Equação 9 – Cálculo do tempo de negociação

Baseado nas arquiteturas de integração, o Tempo de Operação da Implementação de Integração pode ocorrer entre Recursos Iguais e Recursos Diferentes, numa estrutura 'Exclusive OR' (\oplus) (Equação 10).

$$t_{IOper} = t_{IgR} \oplus t_{DifR}$$

Equação 10 – Cálculo do tempo de operação da implementação de integração

Associado a diferentes recursos tem-se o tipo de arquitetura direta e para diferentes recursos tem-se as arquiteturas direta, federada e aberta, também numa estrutura 'Exclusive OR' (\oplus), do mesmo modo que as implementações físicas de cada tipo de arquiteturas (Equação 11 e Equação 12).

$$t_{IgR} = t_{DA}$$

Equação 11 – Cálculo do tempo de integração de recursos iguais

$$t_{DifR} = t_{DA} \oplus t_{FA} \oplus t_{AA}$$

Equação 12 – Cálculo do tempo de integração de recursos diferentes

Como se pode verificar na Figura 15 relativamente aos diferentes tipos de arquitetura, existem diferentes implementações físicas, ou seja, apesar de logicamente o par de sistemas ter um tipo de arquitetura de integração, o tempo calculado para a reconfiguração será reduzido a outro tipo de arquitetura de integração. Por exemplo, queremos integrar dois tipos de sistemas diferentes que têm um tipo de arquitetura aberta: caso o primeiro tradutor esteja embebido no primeiro sistema, em termos de cálculo de tempos de integração a estrutura reduz-se a arquitetura federada (Figura 16).

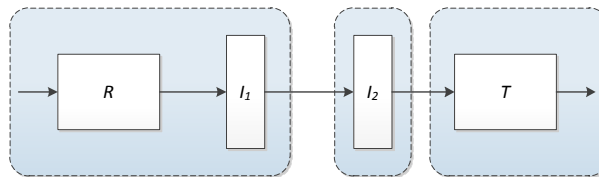


Figura 16 – Exemplo: Arquitetura Aberta – Implementação Física Federada

De modo a não perder algumas das combinações a Figura 17 e a Figura 18 representam quais as hipóteses para as implementações. A indicação de que a implementação física não é relevante refere-se ao facto de por exemplo, os recursos estarem todos dentro das fábricas, ou seja, embebidos no sistema.

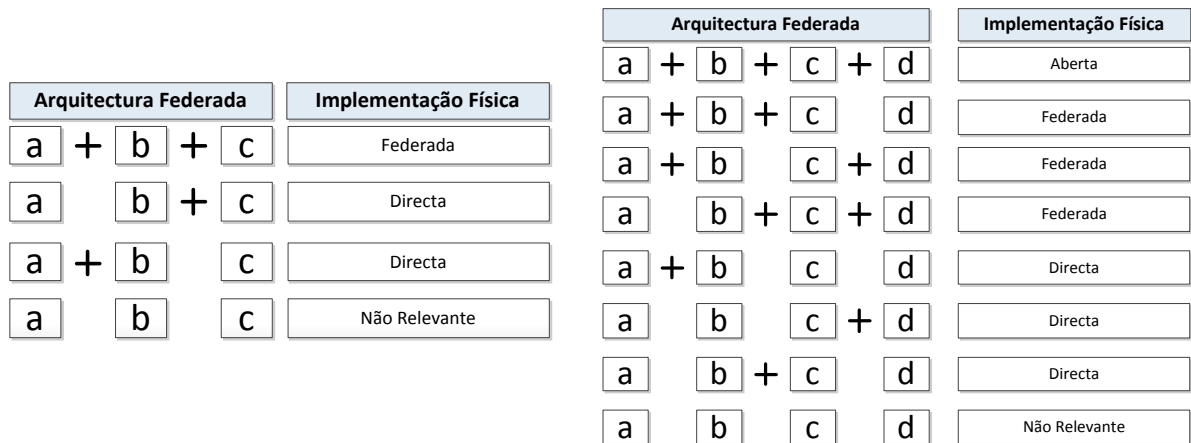


Figura 17 – Combinação para a Arquitectura Federada –
Implementação Física

Figura 18 – Combinação para a Arquitectura Aberta –
Implementação Física

De seguida estão representadas as combinações para as Arquitecturas de Integração Federada (Figura 19) e Aberta (Figura 20).

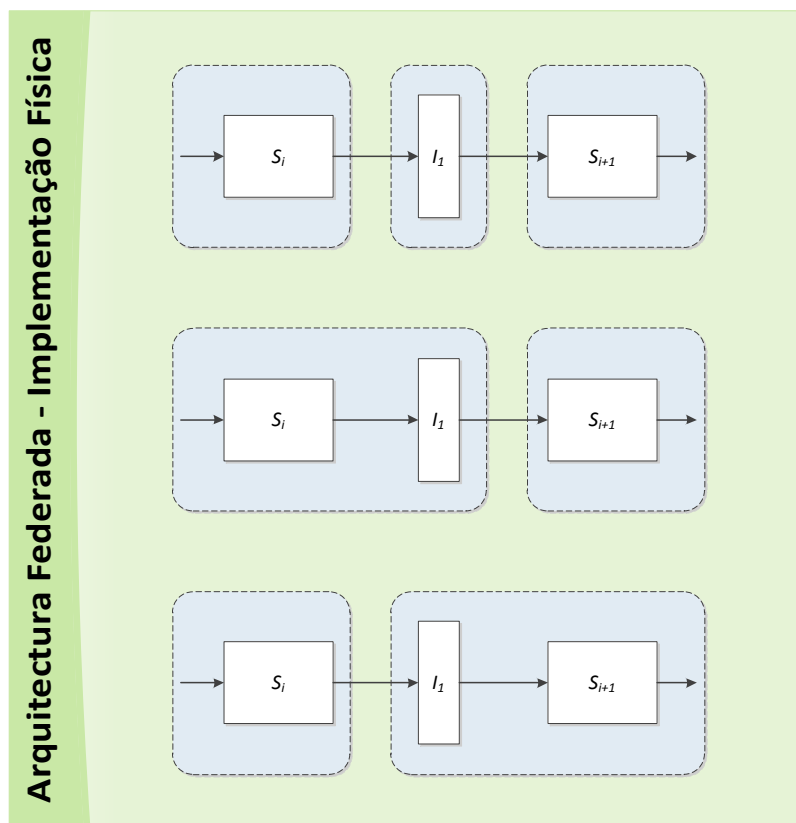


Figura 19 – Arquitectura Federada – Implementação Física

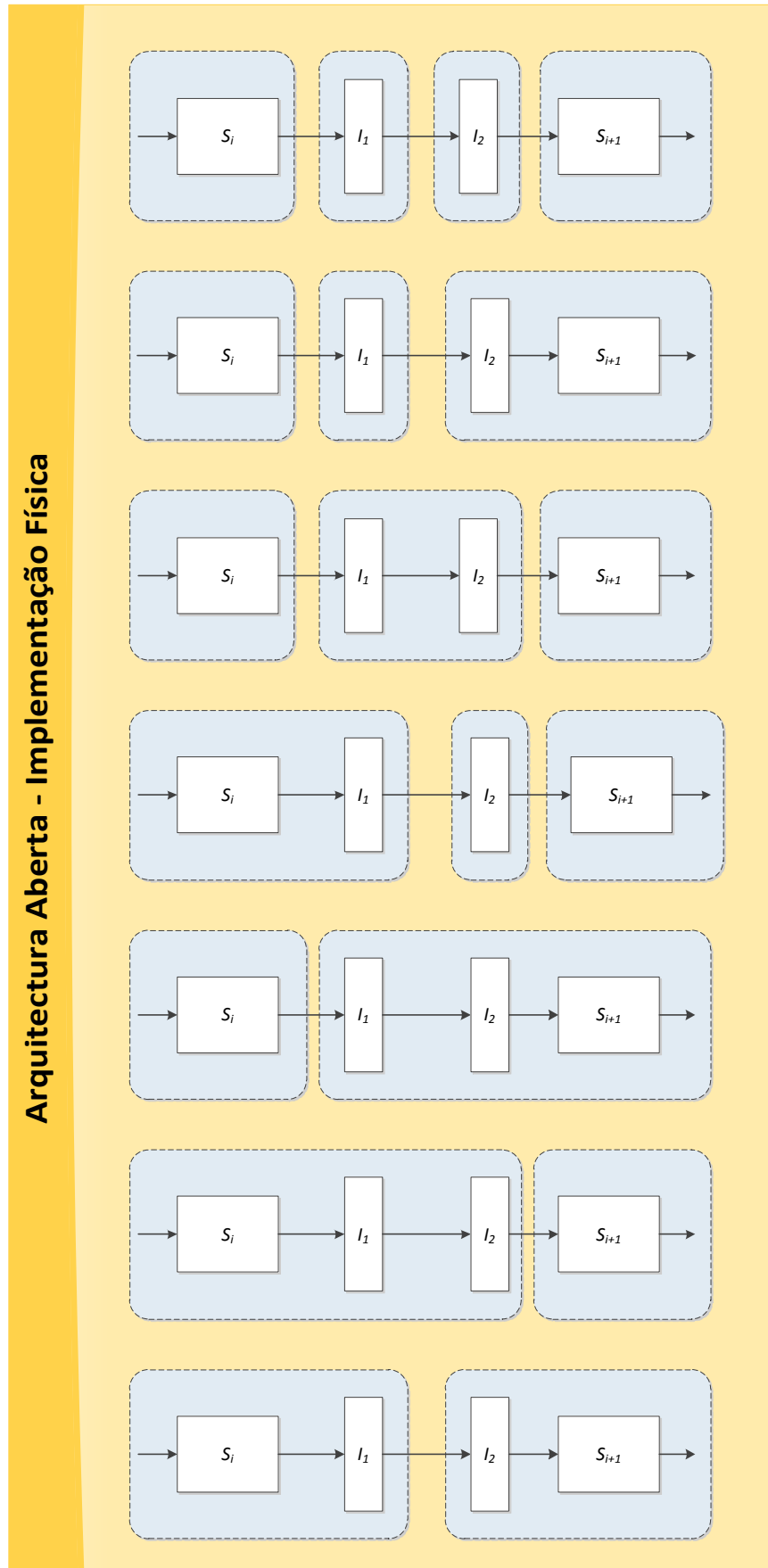


Figura 20 – Arquitectura Aberta – Implementação Física

Para uma melhor interpretação do Tempo de Operação da Implementação de Integração para cada reconfiguração do sistema serão ilustrados dois exemplos para um sistema de arquitetura elementar. Mas antes destes exemplos serão apresentados os meios de cálculo do referido tempo. Deste modo, o tempo total de operação da integração é dado por (Equação 13):

$$t_{Oper} = \sum_{i=1}^{nreconf} t_i, i = 1, \dots, nreconf$$

Equação 13 – Cálculo do tempo de operação da implementação de integração

onde t_i é o tempo de operação da implementação do meio de integração em cada reconfiguração i .

O tempo de operação da implementação do meio de integração depende do tipo de arquitetura de integração j sobre cada nodo de integração entre recursos (Equação 14). Assim tem-se:

$$t_i = t_{Igr_i} * y_{i1} + \sum_{j=1}^3 t_{DifR_{ij}} * y_{ij}$$

Equação 14 – Cálculo do tempo de operação da implementação do meio de integração

onde y_{ij} é a variável binária que pretende identificar se o tipo de arquitetura de integração j ocorreu na reconfiguração i (Equação 15):


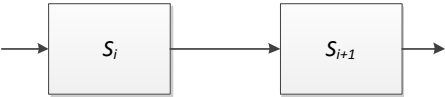
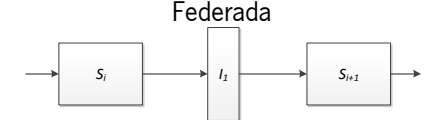

$$y_{ij} = \begin{cases} 1, & \text{se ocorre o tipo de arquitectura } j \text{ na reconfiguração } i \\ 0, & \text{caso contrário} \end{cases}$$

$$j = \{1,2,3\} = \{Directa, Federada, Aberta\}$$

Equação 15 – Variável binária do tipo de arquitetura de integração

De seguida são apresentados os tempos de integração a considerar entre S_i e S_{i+1} para cada uma das diferentes arquiteturas, no caso de se terem recursos iguais ou diferentes entre cada reconfiguração i (Tabela 6).

Tabela 6 - Tempo de Operação da Implementação do Meio de Integração na reconfiguração /

Recursos Iguais	
Arquitetura	Tempo de Operação da Integração
<p>Direta</p> 	$t_{Igr_{i1}} = t_{Ioper_{S_i, S_{i+1}}}$
Recursos Diferentes	
<p>Direta</p> 	$t_{DifR_{i1}} = t_{Ioper_{S_i, S_{i+1}}}$
<p>Federada</p> 	$t_{DifR_{i2}} = t_{Ioper_{S_i, I_1}} + t_{Ioper_{I_1, S_{i+1}}}$
<p>Aberta</p> 	$t_{DifR_{i3}} = t_{Ioper_{S_i, I_1}} + t_{Ioper_{I_2, S_{i+1}}}$

3.3 Exemplos com arquiteturas de sistemas sequenciais elementares

Os dois exemplos seguintes, como referido anteriormente, pretendem ilustrar um sistema de arquitetura elementar para cálculo do tempo de reconfiguração, recorrendo à notação previamente referida. O primeiro exemplo é referente a um tipo de serviços, e o segundo exemplo, a empresas cujos recursos são máquinas.

Na Figura 21 temos representado dois tipos de notações que podem ser utilizadas. As diferenças entre as duas configurações são meramente uma questão de conotação gráfica, ou seja, o facto de as ligações entre 2 e 3 terem dois tipos de integração possíveis no segundo caso (Figura 21b), aberta e direta, apenas uma dessas arquiteturas entrará no processo de cálculo de tempo de integração. As duas arquiteturas diferentes podem dever-se, por exemplo, ao facto de o recurso 2 enviar um ficheiro sem ser na extensão nativa para o recurso 3 que possui o mesmo *software* (aberta) ou enviar o ficheiro na linguagem nativa para o recurso 3 (direta).



Figura 21 – Diferentes notações para a integração: a) Física b) Lógica

Os exemplos a seguir apresentados apenas seguem o caso a) da Figura 21. De seguida são apresentados os dois exemplos para o cálculo tempo de reconfiguração.

Exemplo 1 – Ferramentas CAD

Na Figura 22 encontra-se uma possível organização em rede de empresas com serviços de ferramentas CAD.

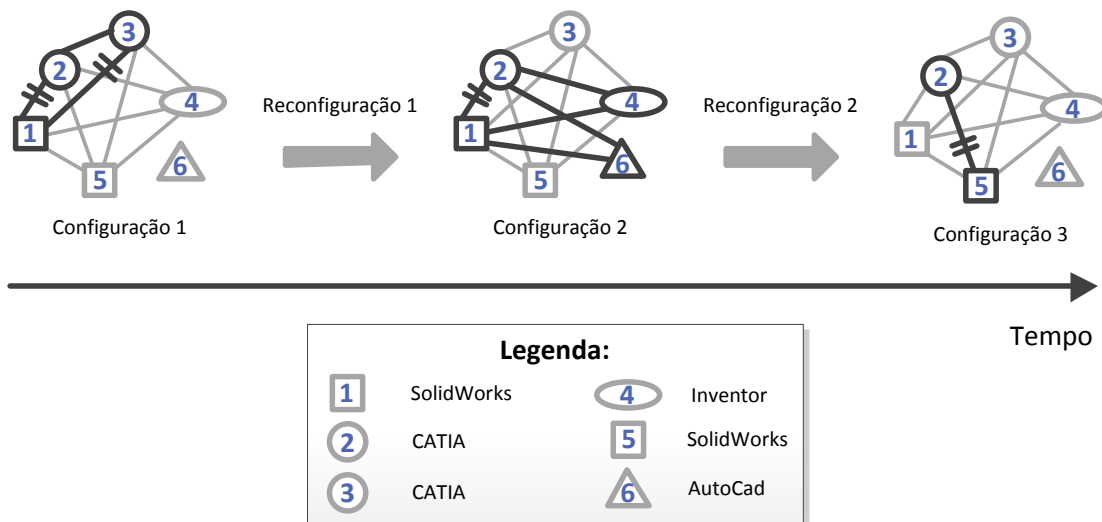


Figura 22 – Organização em Rede de Serviços de ferramentas CAD

Como a Figura 22 sugere, durante as diferentes configurações do sistema tem-se diversas arquiteturas dependendo do tipo de serviço ao longo do tempo. Na rede estão presentes três tipos de ferramentas CAD: “SolidWorks”, “CATIA” e “Inventor”. De notar, que a ferramenta “Autocad” não integra a rede na primeira configuração. Para simplificar a interpretação do exemplo, a partir deste momento daremos às diferentes ferramentas CAD a letra ‘R’ que pretende designar o Recurso em questão. Deste modo tem-se R1, R2, R3, R4, R5 e R6 para as diferentes ferramentas CAD, “SolidWorks”, “CATIA”, “CATIA”, “Inventor”, “SolidWorks”, “Autocad”, respetivamente.

A integração entre cada tipo de ficheiro foi baseada, entre outras, no tipo de extensões nativas que a ferramenta consegue “ler”. O tipo de extensão “.step” é uma norma e a sua integração é aberta, mas no entanto, em termos de implementação física é federada.

Pretende-se neste momento proceder ao cálculo do tempo de reconfiguração total deste sistema. Relembrando o que foi referido anteriormente, durante o tempo de reconfiguração temos de ter presentes: o tempo de seleção do melhor recurso, o tempo de contratualização com o recurso, e o tempo de integração do recurso.

O tempo Total de Reconfiguração é dado pelo somatório de cada reconfiguração (Equação 16):

$$T_{Reconf} = \sum_{i=1}^2 t_{Reconf_i} = t_{Reconf_1} + t_{Reconf_2}$$

Equação 16 – Tempo total de reconfiguração – (exemplo 1)

Deste modo para a Reconfiguração 1 tem-se:

- Tempo de R2 terminar a relação com o R3 e R1 terminar com R3;
- Tempo de Selecionar os novos recursos (R4 e R6);
- Tempo de Contratualização com o R4 e R6;
- Tempo de *Design* para R6, recorrendo a um dos instrumentos de integração: *Linear Design*, *Co-Design*, ou Seleção;
- Tempo de Integração de R2-R4, R2-R6, R1-R6 e R1-R4.

Assim o tempo parcial da reconfiguração 1 é dado pelas Equação 17 e Equação 18:

$$t_{Reconf_1} = t_{R_{Sel}R_4} + t_{R_{Sel}R_6} + t_{R_{cont}R_4} + t_{R_{cont}R_6} + t_{R_{Int}1}$$

Equação 17 – Tempo parcial da reconfiguração 1 – (exemplo 1)

$$t_{R_{Int}1} = t_{IISinteseR_6} + t_{IOperR_2,R_4} + t_{IOperR_2,R_6} + t_{IOperR_1,R_6} + t_{IOperR_1,R_4} + t_{ITermR_1,R_3} + t_{ITermR_2,R_3}$$

Equação 18 – Tempo integração da reconfiguração 1 – (exemplo 1)

Na Reconfiguração 2 tem-se os seguintes tempos:

- Tempo de Terminar as relações: R1-R2, R1-R6, R1-R4, R2-R6, R2-R4;
- Tempo de Selecionar um novo recurso (R5);
- Tempo de Contratualização com R5;
- Tempo de Integração de R2 com R5.

Assim o tempo parcial da reconfiguração 2 é dado pelas Equação 19 e Equação 20:

$$t_{Reconf_2} = t_{Rsel_{R5}} + t_{Rcont_{R5}} + t_{Rint_2}$$

Equação 19 – Tempo parcial da reconfiguração 2 – (exemplo 1)

$$t_{Rint_2} = t_{IOper_{R2,R5}} + t_{ITerm_{R1,R2}} + t_{ITerm_{R1,R6}} + t_{ITerm_{R1,R4}} + t_{ITerm_{R2,R6}} + t_{ITerm_{R2,R4}}$$

Equação 20 – Tempo integração da reconfiguração 2 – (exemplo 1)

Exemplo 2 – Empresas - Máquinas

Na reconfiguração de sistemas de máquinas o tempo de transporte entre máquinas e o tempo de reprogramação interna não são tempos de integração, uma vez que quando se recorre a um novo recurso, este mesmo já dá esse tempo incluído. Por exemplo, o recurso comunica logo os tempos e capacidades. Deste modo, o tempo de integração é o tempo de implementação e de transporte do meio de integração, e não o tempo de transporte relacionado com a produção.

No exemplo que se segue, à luz do anterior, apresenta-se uma organização em rede com relações entre empresas com diferentes máquinas para a produção de um lote de produto ao longo do tempo. Note-se, que este exemplo encontra-se em contexto interempresa, mas pode ser aplicado num contexto intraempresa.

Na Figura 23 encontram-se presentes três tipos de configurações de rede de empresas.

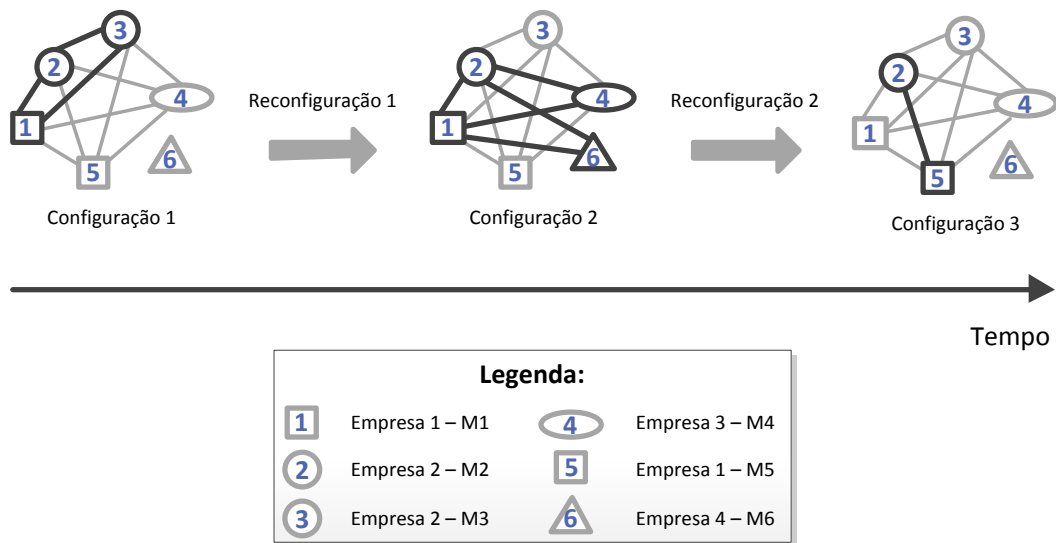


Figura 23 – Organização em Rede dos Recursos das Empresas

Na legenda da Figura 23 encontram-se quais as máquinas e que empresas, pelas quais o lote de produto passará durante um determinado período de tempo. Como se pode observar na Figura 23, existem 4 empresas diferentes e 6 máquinas diferentes. Do mesmo modo que no primeiro exemplo, as empresas passarão a ter a notação de Recurso i para R_i com $i = 1 \dots 6$.

Entre as diferentes empresas, e como explicado no início, a arquitetura de integração, para este exemplo, será direta. O tempo Total de Reconfiguração é dado pela Equação 16.

Na Reconfiguração 1 estão presentes os seguintes tempos:

- Tempo de R2 terminar a relação com o R3 e R1 terminar com R3;
- Tempo de Selecionar os novos recursos (R4 e R6);
- Tempo de Contratualização com o R4 e R6;
- Tempo de *Design* para R6, recorrendo a um dos instrumentos de integração: *Linear Design*, *Co-Design*, ou Seleção;
- Tempo de Integração de R2-R4, R2-R6, R1-R6 e R1-R4.

Deste modo, o tempo parcial da reconfiguração 1 é dado pelas Equação 21 e Equação 22:

$$t_{Reconf_1} = t_{RSeL_{R4}} + t_{RSeL_{R6}} + t_{Rcont_{R4}} + t_{Rcont_{R6}} + t_{RInt_1}$$

Equação 21 – Tempo parcial da reconfiguração 1 – (exemplo 2)

$$t_{RInt_1} = t_{ISintese_{R6}} + t_{IOper_{R2,R4}} + t_{IOper_{R2,R6}} + t_{IOper_{R1,R6}} + t_{IOper_{R1,R4}} + t_{ITerm_{R1,R3}} + t_{ITerm_{R2,R3}}$$

Equação 22 – Tempo integração da reconfiguração 1 – (exemplo 2)

Na Reconfiguração 2 tem-se os seguintes tempos:

- Tempo de Terminar as relações: R1-R2, R1-R6, R1-R4, R2-R6, R2-R4;
- Tempo de Selecionar um novo recurso (R5);
- Tempo de Contratualização com R5;
- Tempo de Integração de R2 com R5.

Assim o tempo parcial da reconfiguração 2 é dado pelas Equação 23 e Equação 24:

$$t_{Reconf_2} = t_{RSeL_{R5}} + t_{RCont_{R5}} + t_{RInt_2}$$

Equação 23 – Tempo parcial da reconfiguração 2 – (exemplo 2)

$$t_{RInt_2} = t_{IOper_{R2,R5}} + t_{ITerm_{R1,R2}} + t_{ITerm_{R1,R6}} + t_{ITerm_{R1,R4}} + t_{ITerm_{R2,R6}} + t_{ITerm_{R2,R4}}$$

Equação 24 – Tempo integração da reconfiguração 2 – (exemplo 2)

Capítulo 4

Modelo de Gestão em Tempo Real para Empresas Virtuais

Capítulo 4. Modelo de Gestão em Tempo Real para Empresas Virtuais

No presente Capítulo é apresentado o modelo de Gestão em Tempo Real para Empresas Virtuais, em rede.

Num primeiro ponto serão apresentados os pressupostos e o método de planeamento para os modelos, e, posteriormente os métodos de seleção e cálculo do “*Time-to-Market*” (TTM) relativamente aos modelos existentes (“*Fixed Horizon*” e “*Rolling Horizon*”) e ao modelo proposto.

Como referido anteriormente no Capítulo 3, no cálculo do TTM, o tempo de reconfiguração é calculado como sendo a soma entre o tempo de seleção do recurso, contratualização e integração com o recurso selecionado.

Ainda de referir que os modelos de reprogramação com “*Fixed Horizon*” e “*Rolling Horizon*” são adaptados dos conceitos apresentados no estado da arte, isto é, aos modelos de “*Fixed Horizon*” e “*Rolling Horizon*” é introduzido o termo de reconfiguração, onde a reprogramação da produção. Daí serem apresentados modelos de reprogramação com “*Fixed Horizon*” e “*Rolling Horizon*”.

4.1 Pressupostos e Planeamento geral do modelo proposto

Neste subcapítulo pretende-se apresentar os pressupostos do modelo, bem como as notações a ele inerentes e por fim o cálculo do TTM geral, sem período de reconfigurações. O modelo proposto terá como objetivo principal diminuir este TTM.

Pressupostos do modelo

A unidade de produção pode ser uma peça, um lote, conjunto de lotes, entre outros, pelo que neste modelo será designada de lote para melhor interpretação de cálculos. Por forma a facilitar as interpretações ao longo do modelo apresentado é necessário ter presente as seguintes assunções para o modelo:

- ✓ No contexto do modelo, o tempo de processamento inclui, entre outros, o tempo de *setup* e de maquinaria;
- ✓ O tempo de transporte entre recursos é conhecido, e definido inicialmente;

- ✓ O tempo de processamento dos lotes nos diferentes recursos é conhecido;
- ✓ Cada recurso só pode receber uma ordem de produção de cada vez, ou seja, só no fim de operar uma tarefa é que inicia a segunda tarefa
- ✓ Os lotes a serem processados são iguais, ou seja, as operações são as mesmas para cada lote.
- ✓ Existe tempo de transporte entre o último recurso que processou a última tarefa e o cliente.
- ✓ A matriz de capacidades do recurso diz-nos quantos lotes a empresa consegue produzir.

Notações presentes no modelo

As notações que se encontram no modelo são as seguintes:

L – Número total de lotes a serem processados

J – Número total de Tarefas

M – Total de sub-períodos na reconfiguração r

R – Total de reconfigurações

H – Horizonte de planeamento

O – Recurso “Origem”

HR – Horizonte de “Rolling”

$NCand_j$ – Número de Recursos Candidatos para processar a Tarefa j

$NSel_j$ - Recurso Selecionado para processar a Tarefa j

L_k – Número do Lote a ser preparado para ser processado no Recurso k

Como dados de *input* do modelo, ou seja os parâmetros do modelo, tem-se:

s_{ljk} – Tempo de início do processamento do Lote l na Tarefa j , no Recurso k

c_{ljk} - Tempo em que o Lote l, na Tarefa j, acabou de ser processado pelo Recurso k

p_{ljk} - Tempo de processamento do Lote l, na Tarefa j, no Recurso k

$q_{l,j,(k,k+1)}$ – Tempo de transporte do Lote l, da Tarefa j, para a Tarefa (j+1) no Recurso (k+1), depois de ter sido processado no Recurso k

t_{Reconf}^r – Tempo de reconfiguração no período de reconfiguração r

t_{conf} - Tempo da configuração da rede

As variáveis de decisão presentes no modelo são:

$x_{ljk} = \begin{cases} 1 \\ 0 \end{cases}$, 1: se o Lote l, na Tarefa j, é processado no Recurso k, ou 0: caso contrário

$\delta(x_{ljk}, x_{l,j+1,k+1}) = \begin{cases} 1 \\ 0 \end{cases}$, 1: Se e só se x_{ljk} e $x_{l,j+1,k+1}$ são 1, 0: caso contrário

As seguintes variáveis são recalculadas ao longo das diferentes reconfigurações do modelo:

F_{ljk}^r - Quantidade de lotes que falta processar, para todos os Lotes l, nas Tarefas j, nos Recursos k, em cada reconfiguração r

f_{ljk}^r - Quantidade que falta processar o Lote l na Tarefa j no Recurso k, em cada reconfiguração r

w_{ljk}^r - Quantidade do Lote l, na Tarefa j, no Recurso k, processada em cada reconfiguração r

d_{ljk}^m – Quantidade disponível para o Recurso k processar a Tarefa j do Lote l no subperíodo de reconfiguração m

H_{ljk} – Tempo de produção do Recurso k para a Tarefa j do lote l

TTM – “Time-to-Market”

4.2 Modelo para o cálculo do “*Time-to-Market*” em geral (Sem reconfigurações)

O modelo para o cálculo do TTM tem como objetivo minimizar dois tempos cruciais: tempo do processamento e o tempo de transporte sobre os recursos candidatos. Deste modo tem-se a seguinte função objetivo (Equação 25):

$$\text{Min } z = t_{conf} + \sum_{l=1}^L \sum_{j=1}^J \sum_{k=1}^{NCand_j} p_{ljk} x_{ljk} + \sum_{l=1}^L \sum_{j=1}^J \sum_{k=1}^{NCand_j} q_{l,j,(k,k+1)} \delta(x_{ljk}, x_{l,j+1,k+1})$$

Equação 25 – Função Objetivo – Cálculo do TTM Geral

Esta função objetivo está sujeita as seguintes restrições:

- Cada Tarefa j de cada Lote l tem de ser processada num recurso candidato (Equação 26):

$$\sum_{j=1}^{NCand_j} x_{ljk} = 1, l \in \{1, 2, \dots, L\}, j \in \{1, 2, \dots, O\}$$

Equação 26 – Restrição 1 do Cálculo do TTM Geral

- O Tempo de início da Tarefa $j + 1$, no recurso $k + 1$ tem de ser superior ao tempo em que o Lote l , para a Tarefa j , acabou de ser processado no recurso k , e ao tempo de transporte do Lote l , da Tarefa j , para a Tarefa $j + 1$ no Recurso $k + 1$ depois de ter sido processado no Recurso k (Equação 27):

$$c_{ljk} + q_{l,j,(k,k+1)} \leq s_{l,j+1,k+1} \quad , \quad l \in \{1, 2, \dots, L\}, j \in \{1, 2, \dots, O\}$$

Equação 27 – Restrição 2 do Cálculo do TTM Geral

- O tempo de início para o processamento do Lote l na Tarefa j , no Recurso k é não-negativo (Equação 28):

$$s_{ljk} \geq 0, \quad l \in \{1, 2, \dots, L\}, \quad j \in \{1, 2, \dots, O\}$$

Equação 28 – Restrição 3 do Cálculo do TTM Geral

O critério de escolha do melhor recurso é dado por (Equação 29):

$$\text{Min} (H_{ljk} + q_{l,j,(k-1,k)})$$

Equação 29 – Escolha do melhor recurso no Cálculo do TTM Geral

Por sua vez, o critério de escolha do melhor recurso para a última Tarefa J é dado por (Equação 30):

$$\text{Min} (H_{ljk} + q_{l,j,(k-1,k)} + q_{l,j,(k,0)})$$

Equação 30 – Escolha do último melhor recurso no Cálculo do TTM Geral

onde H_{ljk} será definido e calculado no subcapítulo seguinte, uma vez que o planeamento geral se assemelha ao modelo de reprogramação com “*Fixed Horizon*”.

4.3 Modelo de Reprogramação com “*Fixed Horizon*” para Empresas Virtuais

Neste subcapítulo, com base nos modelos de “*Fixed Horizon*”, e para suporte de comparação entre este modelo e o modelo proposto, será apresentado um modelo de reprogramação em “*Fixed Horizon*”. De modo a obter uma melhor visualização sobre o modelo de reprogramação com “*Fixed Horizon*”, é apresentado na Figura 24, a abordagem utilizada. Assim, existe um horizonte de planeamento (H), sobre o qual é calculada a capacidade que um Recurso k tem disponível para realizar a Tarefa j no Lote l , em cada momento m .

O horizonte de planeamento é dado em função da quantidade objetivo dos Lotes a processar, ou seja, o “comprimento” do horizonte de planeamento é igual ao valor da quantidade objetivo, não obstante, a capacidade do Recurso durante o horizonte de planeamento deve ser maior ou igual à quantidade objetivo. No fim do subperíodo M na reconfiguração r , o processo de cálculo repete-se e ajustam-se os valores das capacidades a um novo valor para o horizonte de tempo, para um novo recurso que será selecionado.

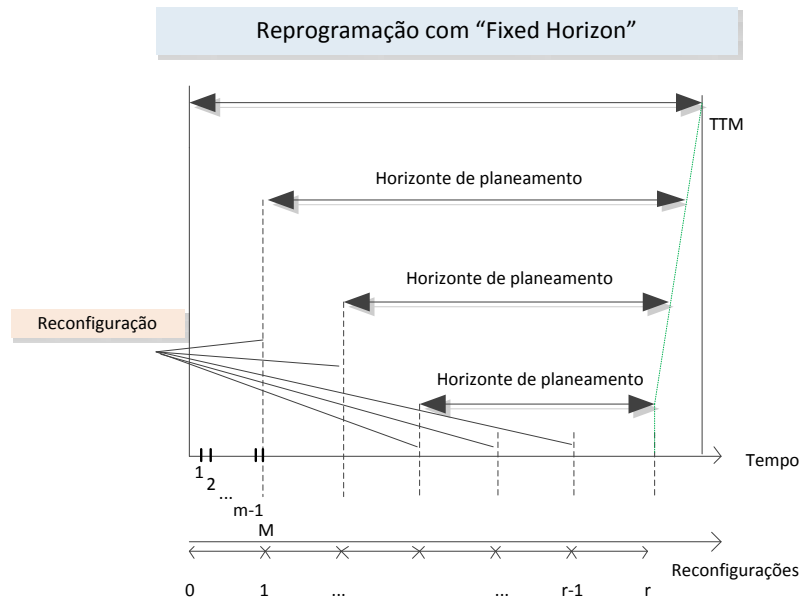


Figura 24 – Abordagem ao Modelo de reprogramação com “Fixed Horizon”

Na seleção do melhor recurso tem-se de maximizar a capacidade do recurso para processar cada lote em cada tarefa, de modo a minimizar tempos de processamentos e transporte em cada reconfiguração r . Deste modo, pretende-se encontrar o mínimo tempo de produção do recurso k , para cada tarefa j dos lotes l , com o tempo de transporte entre o recurso atual ($k - 1$) e o recurso seguinte (k).

O Tempo de produção do recurso k (H_{ljk}) é obtido quando a capacidade disponível, para cada Tarefa j do Lote l no Recurso k ($\sum_{m=r \cdot M + 1}^H d_{ljk}^m$) encontra um valor igual ou superior ao total de lotes a processar. Assim, o valor de relação na reconfiguração r é dado por:

$$\text{Min} (H_{ljk} + q_{l,j,(k-1,k)})_r, \quad r = 0, \dots, R - 1$$

Equação 31 – Escolha do melhor recurso no Modelo de Reprogramação com “Fixed Horizon”

Na última reconfiguração o valor de relação a ser calculado é dado pela Equação 32:

$$\text{Min} (H_{ljk} + q_{l,j,(k-1,k)} + q_{l,j,(k,o)})_R$$

Equação 32 – Escolha do último melhor recurso no Modelo de Reprogramação com “Fixed Horizon”

onde $q_{l,j,(k,o)}$ é o tempo de transporte do ultimo recurso k a processar a Tarefa J do lote l para o recurso de Origem O .

No início do primeiro período de reconfiguração a quantidade de lotes que falta processar é dado por (Equação 33):

$$f_{ijk}^0 = L$$

Equação 33 – Quantidade de lotes que falta processar no período de tempo 0

No final do período de reconfiguração r , a quantidades de lotes que falta processar deve ser igual a zero, ou seja, todos os lotes devem estar concluídos para todas as tarefas (Equação 34).

$$f_{ijk}^R = 0$$

Equação 34 – Quantidade de lotes que falta processar no período de tempo R

Em cada período de reconfiguração, a quantidade de lotes que falta processar, para todos os Lotes l , nas Tarefas j , nos Recursos k , é dada por (F_{ijk}^r) (Equação 35 e Equação 36):

$$F_{ijk}^r = \sum_{l=1}^L \sum_{j=1}^J \sum_{k=1}^{Nsel_j} \sum_{r=0}^R f_{ijk}^r$$

Equação 35 – Total da quantidade de lotes que falta processar em cada Reconfiguração r

Em que:

$$f_{ijk}^r = f_{ijk}^{r-1} - w_{ijk}^{r-1}$$

Equação 36 – Cálculo da quantidade de lotes que falta processar no período de Reconfiguração r

onde a quantidade do Lote l , na Tarefa j , no Recurso k , processada no período r (w_{ijk}^r) é dada pelo somatório da capacidade disponível do Recurso k para processar a Tarefa j do Lote l em todo o “comprimento” do tempo de reconfiguração dividido em m sub-períodos (Equação 37).

$$w_{ijk}^r = \sum_{m=1}^M d_{ijk}^m$$

Equação 37 – Cálculo da quantidade processada no período de Reconfiguração r

Perante o período de reconfiguração a quantidade de lotes que tiver sido processada na tarefa j avança para seguinte tarefa $j + 1$.

No decorrer de cada reconfiguração, o valor do TTM é atualizado, uma vez que, a cada período de reconfiguração r , o tempo de processamento e o tempo de transporte correspondentes ao recurso selecionado são atualizados. Assim, o TTM é dado pela Equação 38:

$$\begin{aligned}
 TTM = t_{conf} + t_{Reconf}^r + \sum_{l=1}^L \sum_{j=1}^J \sum_{k=1}^{NCand_j} p_{ljk} x_{ljk} \\
 + \sum_{l=1}^L \sum_{j=1}^J \sum_{k=1}^{NCand_j} q_{l,j,(k,k+1)} \delta(x_{ljk}, x_{l,j+1,k+1})
 \end{aligned}$$

Equação 38 – Cálculo do TTM – Modelo de Reprogramação com "Fixed Horizon"

onde o tempo de reconfiguração (t_{Reconf}) é calculado segundo o modelo apresentado no Capítulo 3, e o Tempo de Integração corresponde a tempo de transporte e o tempo de configuração (t_{conf}) é o tempo de configuração da rede, antes da primeira reconfiguração acontecer.

4.4 Modelo de Reprogramação com "Rolling Horizon" para Empresas Virtuais

No presente subcapítulo é apresentado um modelo de gestão de reprogramação com base no conceito "Rolling Horizon" para empresas virtuais. À semelhança do modelo anteriormente apresentado no subcapítulo 4.3, a Figura 25 representa a abordagem utilizada para o presente modelo. Na Figura 25, o Horizonte de Planeamento H dá lugar ao Horizonte de "Rolling" (HR), sobre o qual é calculada a capacidade que um Recurso k tem disponível para realizar a Tarefa j no Lote l , em cada Momento m .

O Horizonte de "Rolling" é definido pelo utilizador/cliente. Ao fim do subperíodo M na reconfiguração r , caso a capacidade objetivo seja atingida, não se procede ao cálculo da soma das capacidades disponíveis do Recurso até ao Horizonte de "Rolling", mas sim até ao valor da quantidade objetivo.

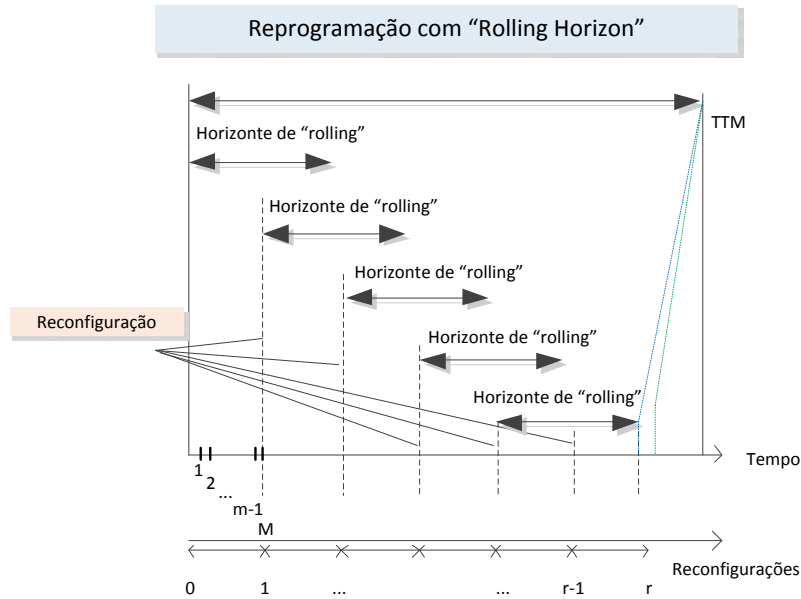


Figura 25 – Abordagem ao Modelo de reprogramação com “*Rolling Horizon*”

Na seleção do melhor recurso é necessário maximizar a capacidade do recurso para processar cada lote em cada tarefa. Deste modo, é estabelecida a relação entre a capacidade disponível e o tempo de transporte entre o recurso atual ($k - 1$) e o seguinte (k) mais o total dos subperíodos na reconfiguração r . Assim tem-se o seguinte valor de relação na reconfiguração r (Equação 39):

$$Max \left(\frac{\sum_{m=r*M+1}^{HR} d_{ijk}^m}{q_{l,j,(k-1,k)} + M} \right)_r$$

Equação 39 – Valor de relação pela Máxima Capacidade no Modelo de reprogramação com “*Rolling Horizon*”

Este valor de relação na reconfiguração r , difere do modelo anterior, pois as capacidades disponíveis são somadas entre o valor de m - subperíodo na reconfiguração r - e o valor de HR , que pode, ou não atingir a capacidade objetivo a processar.

Caso para os recursos candidatos exista um ou mais recursos que atinjam a capacidade objetivo, o método de escolha do melhor recurso será dado, à semelhança do modelo anterior, por (Equação 40):

$$Min(H_{ijk} + q_{l,j,(k-1,k)})_r, \quad r = 0, \dots, R$$

Equação 40 – Escolha do melhor recurso no Modelo de Reprogramação com “*Rolling Horizon*”

Na última reconfiguração o valor de relação a ser calculado é dado pela Equação 41:

$$\text{Min} (H_{ljk} + q_{l,j,(k-1,k)} + q_{l,j,(k,0)})_R$$

Equação 41 – Escolha do último melhor recurso no Modelo de Reprogramação com "Rolling Horizon"

No cálculo do TTM, os valores do tempo de processamento e o tempo de transporte são atualizados conforme o horizonte de "rolling". Assim, o TTM é dado pela Equação 42:

$$\begin{aligned} TTM = & t_{conf} + t_{Reconf}^r + \sum_{l=1}^L \sum_{j=1}^J \sum_{k=1}^{NCand_j} p_{ljk} x_{ljk} \\ & + \sum_{l=1}^L \sum_{j=1}^J \sum_{k=1}^{NCand_j} q_{l,j,(k,k+1)} \delta(x_{ljk}, x_{l,j+1,k+1}) \end{aligned}$$

Equação 42 – Cálculo do TTM – Modelo de Reprogramação com "Rolling Horizon"

De notar que o TTM apesar de ser calculado da mesma forma que no modelo anterior, não serão obtidos valores iguais uma vez que os valores de processamento e de transporte diferem de recurso para recurso.

4.5 Modelo Proposto de Gestão em Tempo Real para Empresas Virtuais

O modelo de Gestão em Tempo Real para Empresas Virtuais, como se pode verificar na Figura 26, consiste na eliminação de um horizonte de planeamento H e de um Horizonte de "Rolling" (HR).

O utilizador/cliente deve definir apenas quando quer fazer uma nova reconfiguração e verificar nesse período qual os valores das capacidades disponíveis do Recurso até essa nova reconfiguração, e assim sucessivamente, até ao fim de r reconfigurações.

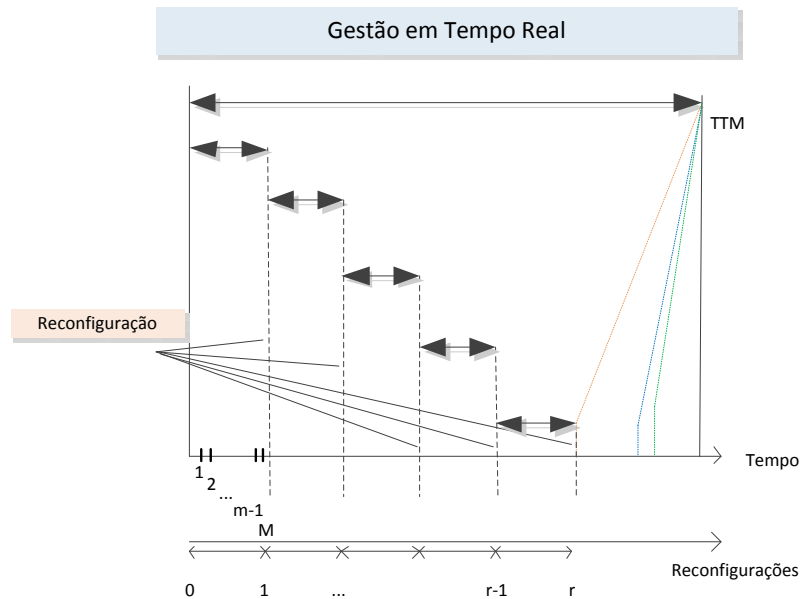


Figura 26 – Abordagem ao Modelo de Gestão em Tempo Real

Na seleção do melhor recurso, à semelhança do modelo anterior (subcapítulo 4.4), é necessário maximizar a capacidade do recurso para processar cada lote em cada tarefa. Deste modo, é estabelecida a relação entre a capacidade disponível e o tempo de transporte entre o recurso atual ($k - 1$) e o recurso seguinte (k) mais o total dos subperíodos na reconfiguração r . Assim o valor de relação na reconfiguração r é dado pela Equação 43:

$$Max \left(\frac{\sum_{m=r*M+1}^{(r+1)*M} d_{ljk}^m}{q_{l,j,(k-1,k)} + M} \right)_r$$

Equação 43 – Valor de relação pela Máxima Capacidade no Modelo de Gestão em Tempo Real

Este valor de relação na reconfiguração r , difere dos dois modelos anteriormente apresentados, uma vez que apenas se está a avaliar a capacidade dos recursos no momento atual e não para momentos futuros, que podem influenciar o processo de escolha. Por exemplo, ao selecionar-se um recurso por algum dos métodos anteriores, corre-se o risco de nos primeiros momentos o recurso ter pouca capacidade e nos seguintes uma grande capacidade, ou seja, quando houver uma reconfiguração existe o risco de se ter produzido apenas uma pequena quantidade, que pode influenciar os períodos e decisões seguintes. Deste modo, as capacidades disponíveis são somadas entre o valor de m - subperíodo na reconfiguração r - e o valor de tempo na próxima reconfiguração.

Caso para os recursos candidatos exista um ou mais recursos que atinjam a capacidade objetivo no período de reconfiguração, o método de escolha do melhor recurso será dado, à semelhança do modelo anterior, por Equação 44:

$$\text{Min}(H_{ljk} + q_{l,j,(k-1,k)})_r$$

Equação 44 – Escolha do melhor recurso no Modelo de Gestão em Tempo Real

Na última reconfiguração o valor de relação a ser calculado é dado pela Equação 45:

$$\text{Min}(H_{ljk} + q_{l,j,(k-1,k)} + q_{l,j,(k,o)})_R$$

Equação 45 – Escolha do último melhor recurso no Modelo de Gestão em Tempo Real

Neste caso, no cálculo do TTM, os valores do tempo de processamento e o tempo de transporte são atualizados a cada reconfiguração r . Assim, o TTM é dado pela Equação 46:

$$\begin{aligned} TTM = & t_{conf} + t_{Reconf}^r + \sum_{l=1}^L \sum_{j=1}^J \sum_{k=1}^{NCand_j} p_{ljk} x_{ljk} \\ & + \sum_{l=1}^L \sum_{j=1}^J \sum_{k=1}^{NCand_j} q_{l,j,(k,k+1)} \delta(x_{ljk}, x_{l,j+1,k+1}) \end{aligned}$$

Equação 46 – Cálculo do TTM – Modelo de Gestão em Tempo Real

De notar que o TTM apesar de ser calculado da mesma forma que no modelos anteriores, não obterá valores iguais uma vez que os valores de processamento e de transporte diferem de recurso para recurso.

Num modelo extremo de Gestão em Tempo Real para Empresas Virtuais, em vez de um período de reconfiguração, temos presente a reconfiguração a cada momento, a cada hora, dia, semana, como o utilizador/cliente pretender, como se pode observar na Figura 27.

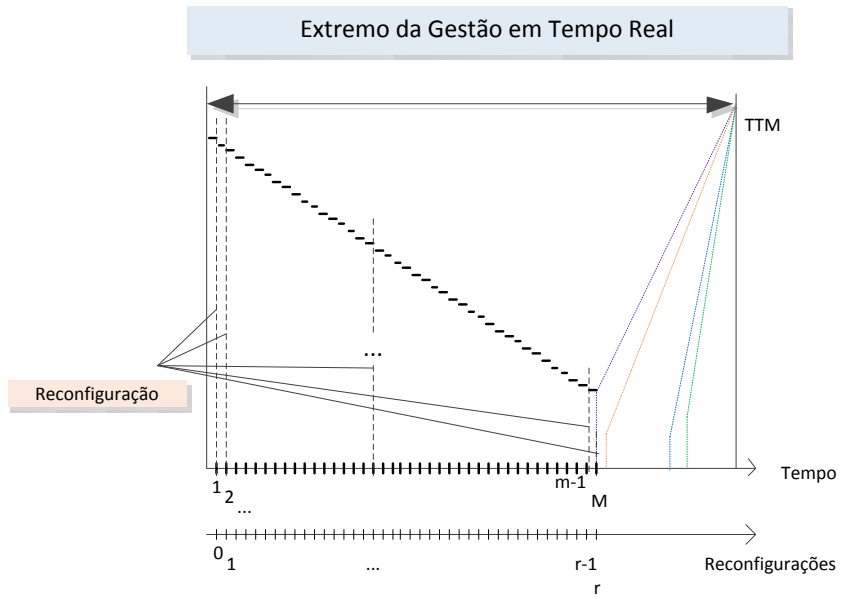


Figura 27 – Abordagem ao Extremo do Modelo de Gestão em Tempo Real

Capítulo 5

Validação do modelo proposto

Capítulo 5. Validação do modelo proposto

Este Capítulo tem como objetivo validar o Modelo de Gestão em Tempo Real comparando os outros dois modelos apresentados. Para tal, realizaram-se experiências⁸ para comparação do mercado e-Tradicional e do Mercado de Recursos, com os três modelos. No entanto o objetivo para esta dissertação não é a comparação entre estes mercados, mas sim o possível efeito do modelo desenvolvido sobre estes.

Na análise de resultados apresenta-se uma análise à dinâmica de reconfiguração que sugere que a sensibilidade que a rede de empresas deve ter na sua configuração seja em tempo real, isto é, mudar a cada reconfiguração para melhores recursos.

5.1 Experiências realizadas

No momento inicial definiu-se a quantidade de lotes ou unidades de produção a serem processadas e o número de operações. De notar que o tempo destas operações deve ser pequeno, para se conseguir uma maior dinâmica de reconfiguração. Nas experiências realizadas as operações têm uma duração que varia entre 1 a 11 u.t.

Deve ainda ser definido num momento inicial o Período de *Rolling* e o Período de Reconfiguração (Tabela 7).

Tabela 7 – Dados de Entrada do Modelo no Excel

Período de <i>Rolling</i>	Período de Reconfiguração (M)	Nº Lotes	Nº Operações	Nº de Recursos
5	4	20	3	10

Dos 10 recursos, são selecionados 5 recursos aleatoriamente para cada operação como se pode observar na Tabela 8.

⁸ As experiências foram realizadas com o recurso à Folha de Cálculo Excel.

Tabela 8 – Recursos candidatos para cada operação

Recursos Candidatos					
OP1	R8	R7	R1	R2	R3
OP2	R6	R9	R3	R1	R5
OP3	R4	R3	R5	R2	R6
OP4	R10	R4	R7	R1	R3
OP5	R8	R9	R2	R6	R5

Na Tabela 9 são apresentados os tempos de transporte entre recursos presentes nas experiências realizadas.

Tabela 9 – Tempo de Transporte dos recursos

Tempo de Transporte entre Recursos											
	Origem	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	R8	R9	R10
Origem	0	2	2	3	1	2	1	1	1	3	2
R1	2	0	3	2	3	1	3	1	2	2	1
R2	2	3	0	1	3	1	3	3	4	3	1
R3	3	2	1	0	1	2	2	1	3	1	4
R4	1	3	3	1	0	3	2	3	3	2	2
R5	2	1	1	2	3	0	1	1	1	3	1
R6	1	3	3	2	2	1	0	3	1	1	2
R7	1	1	3	1	3	1	3	0	3	2	3
R8	1	2	4	3	3	1	1	3	0	3	2
R9	3	2	3	1	2	3	1	2	3	0	1
R10	2	1	1	4	2	1	2	3	2	1	0

Para o tempo de reconfiguração usaram-se 2 u.t.: 1 e 0 para o e-Tradicional e o Mercado de Recursos, respetivamente, por mera simplificação de cálculos.

Definiu-se ainda a matriz das capacidades disponíveis de cada recurso, cuja interpretação é dada pelo número de lotes que cada recurso candidato k na tarefa j consegue processar na unidade de tempo estabelecida. A consulta destas tabelas pode ser feita no Anexo 1 (Tabela 10, Tabela 11, Tabela 12, Tabela 13, Tabela 14 e Tabela 15).

De notar ainda que todas as experiências se realizaram nas mesmas condições de quantidade de lotes, períodos de reconfiguração, operações e capacidades em cada reconfiguração.

No planeamento em “*Fixed Horizon*” para as duas experiências realizou-se um planeamento sem reconfiguração. Durante as reconfigurações não se realizou o planeamento para as seguintes

operações para simplificação de cálculos. As tabelas referentes aos resultados de todos os cálculos das experiências realizadas encontram-se no Anexo 2.

Como se pode observar no Anexo 2, existem diferentes tabelas referentes aos cálculos de conclusão dos lotes ao longo do tempo. Exemplificando, para o caso do mercado e-Tradicional no modelo de reprogramação com “*Fixed Horizon*”, no primeiro período, sem reconfiguração, calcula-se o tempo de conclusão dos lotes em todas as operações (Tabela 16), onde se obtém um TTM de 22 u.t.

Posteriormente, efetuam-se os cálculos em cada reconfiguração, verificando sempre as unidades de lotes já processados e os que faltam processar (Tabela 17, Tabela 18, Tabela 19, Tabela 20).

O procedimento para todas as experiências repete-se de acordo com o modelo de reprogramação definido. Deste modo, neste subcapítulo apresentam-se os diagramas com o planeamento ao longo do tempo para todas as experiências.

5.1.1 Experiência com Recursos no Mercado e-Tradicional

De acordo com os resultados obtidos no cálculo das experiências, no e-Tradicional, com os três modelos apresentam-se os seguintes diagramas de tempo (Figura 28, Figura 29 e Figura 30).

– “*Fixed Horizon*”

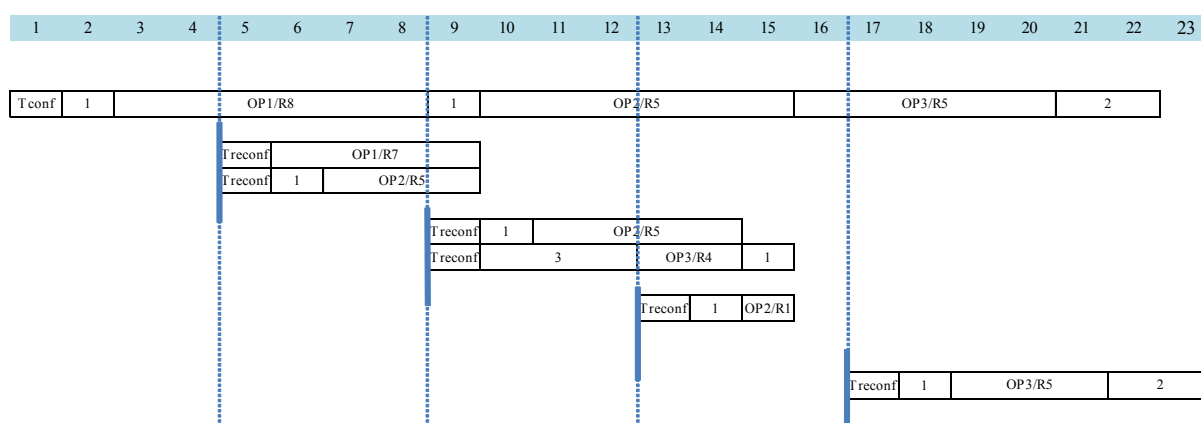


Figura 28 – TTM no Modelo de reprogramação com “*Fixed Horizon*” – e-tradicional

– **“Rolling Horizon”**

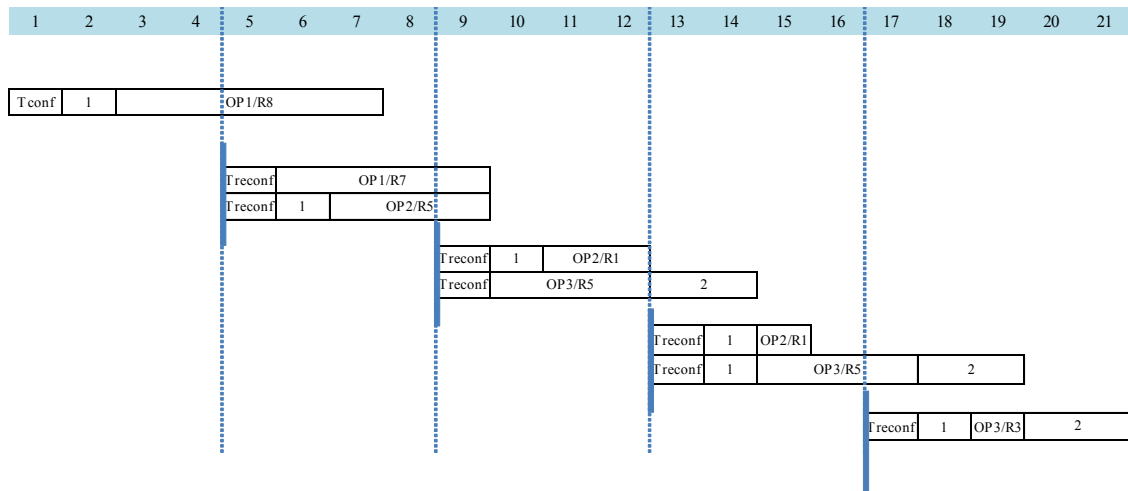


Figura 29 – TTM no Modelo de reprogramação com “Rolling Horizon” – e-tradicional

– **Gestão em Tempo Real**

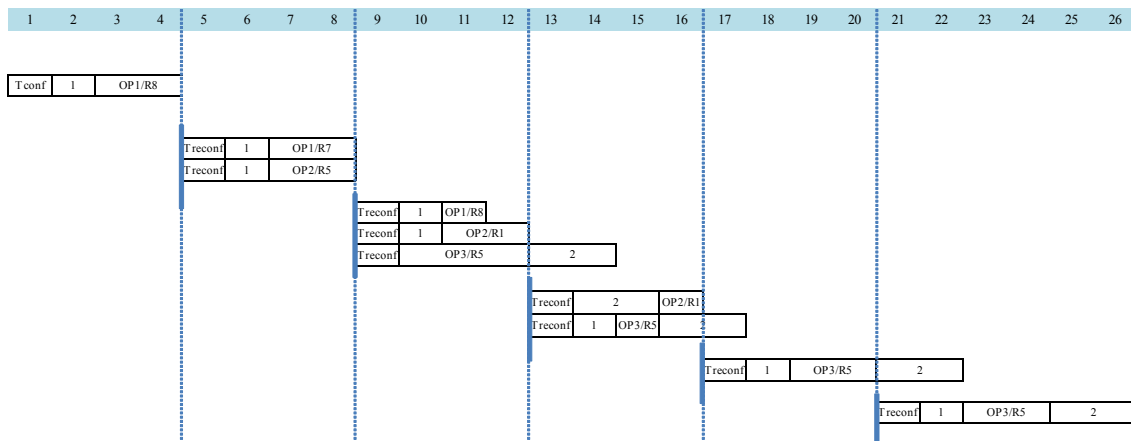


Figura 30 – TTM no Modelo Gestão em Tempo Real – e-tradicional

5.1.2 Experiência com Recursos no Mercado de Recursos

Dos resultados obtidos no cálculo das experiências, no Mercado de Recursos, com os três modelos apresentam-se os seguintes diagramas de tempo (Figura 31, Figura 32 e Figura 33).

– **“Fixed Horizon”**

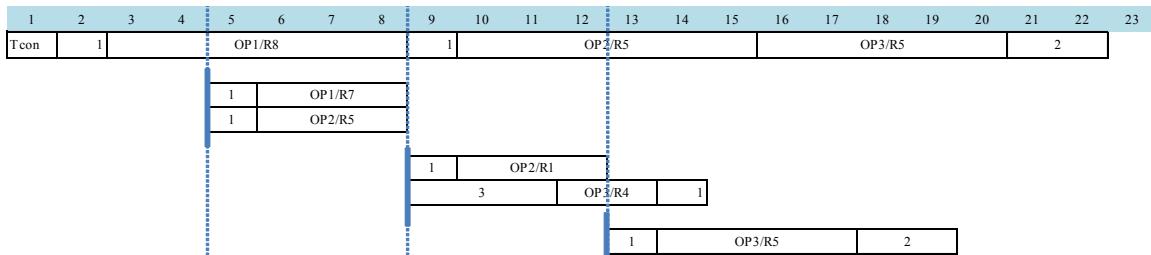


Figura 31 – TTM no Modelo de reprogramação com “Fixed Horizon” – Mercado de Recursos

– **“Rolling Horizon”**

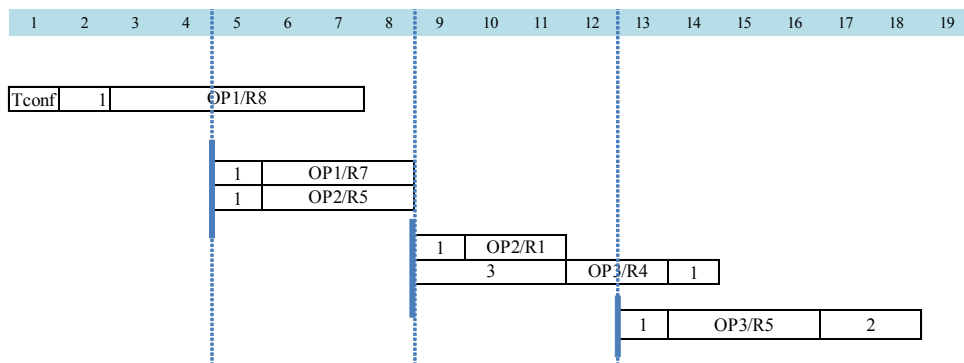


Figura 32 – TTM no Modelo de reprogramação com “Rolling Horizon” – Mercado de Recursos

– **Gestão em Tempo Real**

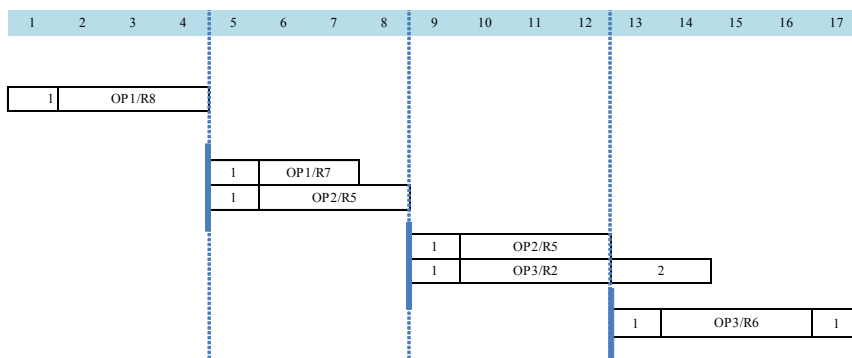


Figura 33 – TTM no Modelo Gestão em Tempo Real – Mercado de Recursos

5.2 Análise de Resultados e Dinâmica de Reconfiguração

Apresentados os resultados em termos de TTM e os diagramas correspondentes, verifica-se que, no e-Tradicional, o Modelo de Gestão em Tempo Real não é melhor que qualquer um dos outros modelos. Assim, o TTM aumenta em cerca de 13.0% relativamente ao Modelo de reprogramação com “*Fixed Horizon*” e aumenta cerca de 23.8% no que diz respeito ao Modelo de reprogramação com “*Rolling Horizon*”. Este resultado é de todo esperado, uma vez que, no e-Tradicional existe um elevado tempo de reconfiguração (neste caso uma unidade de tempo), o que prejudica na quantidade de lotes processados no período de reconfiguração.

Apesar da robustez dos dados das experiências (quer para o e-Tradicional, quer para o Mercado de Recursos), no caso do Mercado de Recursos, o Modelo de Gestão em Tempo Real diminui o TTM em cerca de 10.5% relativamente ao Modelo de reprogramação com “*Fixed Horizon*” e diminui cerca de 5.6% em relação ao Modelo de reprogramação com “*Rolling Horizon*”.

Com o Mercado de Recursos, como se pode observar nos resultados obtidos, o tempo de reconfiguração é quase nulo. Deste modo, apenas se calcula a quantidade de lotes que um dado recurso consegue processar no período de reconfiguração (ou seja, o melhor recurso no momento), não estando sujeito a qualquer “retenção de lotes” nos recursos que foram selecionados anteriormente, como por exemplo, pelos modelos de “*Fixed Horizon*” ou “*Rolling Horizon*”.

Tendo em conta os resultados obtidos no Modelo de Gestão em Tempo Real, em relação ao Mercado de Recursos, aborda-se a dinâmica de reconfiguração onde é importante que as empresas em rede tenham a sensibilidade em tempo real de mudar de recursos em cada momento de reconfiguração. Deste modo, considera-se relevante incluir as figuras seguintes para melhor perceção.

Na Figura 34 encontram-se representados dois recursos (A e B) e respetivas capacidades⁹. Pela observação da figura, e caso se esteja presente no Modelo de reprogramação com “*Fixed Horizon*”, o recurso a ser escolhido seria o Recurso B (maior capacidade), não obstante, existem períodos de tempo onde o Recurso A se sobrepõe ao Recurso B (por exemplo, 9 a 10 unidades de tempo). Pelo que com o Modelo de Gestão em Tempo Real escolher-se-ia o Recurso A e B de acordo com a sua capacidade a cada momento de reconfiguração.

⁹ De notar que os valores das capacidades apresentadas nestes gráficos não são correspondentes as experiências realizadas. A Figura 34 e a Figura 35 pretendem ilustrar a ideia da gestão em tempo real através da seleção de outros recursos.

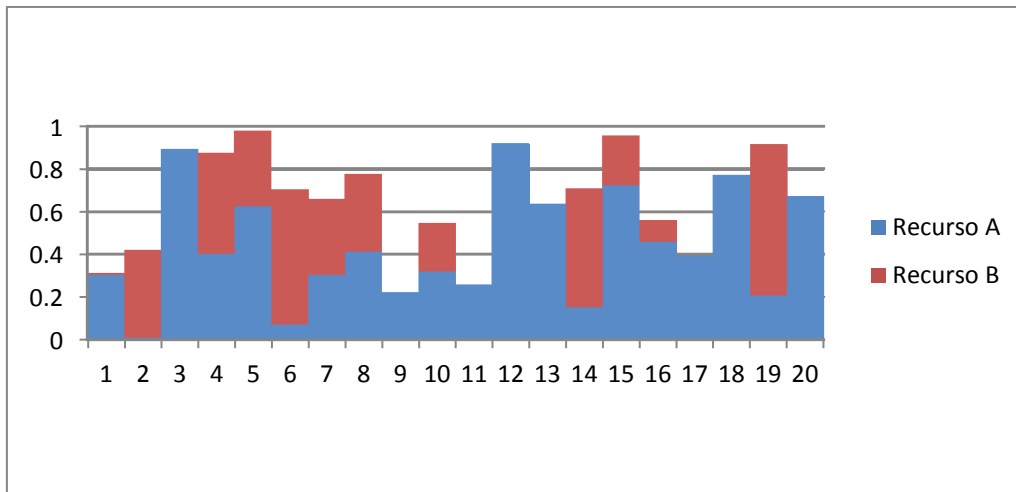


Figura 34 – Capacidades de dois recursos

Na Figura 35 encontra-se um caso mais complexo para uma rede de dez recursos. Neste caso, cada vez que um melhor recurso "perde capacidade" em relação a outro recurso, muda-se para o recurso com maior capacidade, ou seja, o período de reconfiguração é determinado nesta diferença de capacidades.

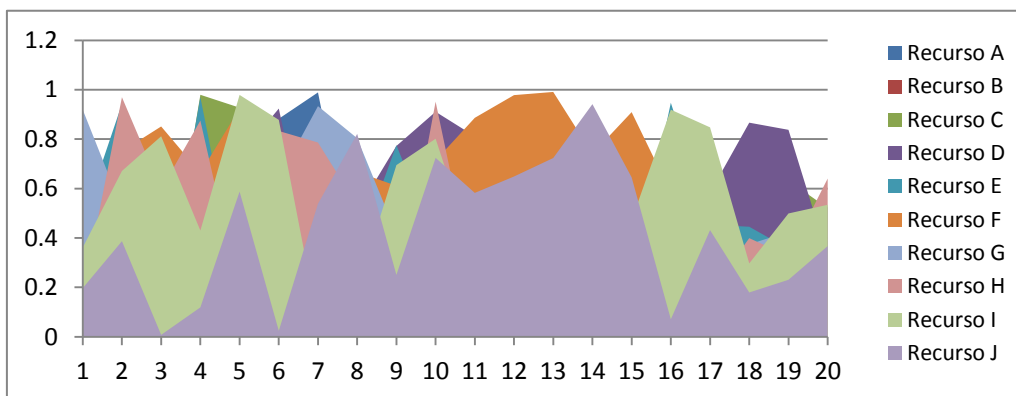


Figura 35 – Capacidades de dez recursos

Capítulo 6

Conclusões

Capítulo 6. Conclusões

Neste Capítulo são apresentadas as considerações finais do trabalho desenvolvido ao longo desta dissertação, não deixando de referir a sua contribuição original e os trabalhos a desenvolver num futuro que se espera próximo.

6.1 Considerações finais

Na conclusão da dissertação é tido como objetivo a realização de algumas considerações finais, que não podem deixar de estar presentes.

Ao longo da dissertação de mestrado constatou-se a necessidade de ir mais além no desenvolvimento do modelo, não obstante, o tempo foi reduzido tendo em conta a complexidade em tornar realidade esta ambição.

Contudo, o modelo não foi testado “ao limite” para todos os casos, tais como, para inter e intra-empresas, diferentes quantidades de operações ou unidades de produção, entre outros.

No entanto podem ser apresentadas algumas conclusões:

- Pode ganhar-se tempo quando se reconfigura, em relação ao TTM, e quanto mais pequeno for o intervalo de reconfiguração melhores resultados são obtidos em termo de redução de tempo;
- O Modelo de Gestão em Tempo Real é mais apropriado para empresas em rede, com o instrumento de Mercado de Recursos, que facilita a diminuição do tempo de reconfiguração;
- O Modelo de Gestão em Tempo Real é indicado no contexto de empresas em rede, mas essencialmente para pequenas empresas, pois estas têm custos fixos baixos;
- O Modelo de reprogramação em “*Rolling Horizon*” reduz-se no Modelo de Gestão em Tempo Real quando o intervalo de “*Rolling*” e o período de reconfiguração se iguam.

6.2 Contribuição original dissertação

Nesta dissertação foi inicialmente proposto o desenvolvimento de um novo modelo de gestão em tempo real para empresas virtuais. Após a observação do Estado da Arte constatou-se que os métodos de planeamento em “*Fixed Horizon*” e “*Rolling Horizon*” são aplicados na produção, mas por vezes, apenas se executa o plano definido no horizonte de tempo de reconfiguração. Com este o modelo pretende-se que este planeamento definido deixe de existir, uma vez que no período de reconfiguração seguinte as condições de capacidades dos recursos, entre outros fatores, são diferentes.

Pode-se ainda referir que existe uma larga variedade de sistemas de gestão em tempo real. No entanto, estes sistemas não fazem a gestão em tempo real seguindo um modelo teórico.

Nesta dissertação aborda-se ainda a nova questão para o tempo de integração, desenvolvendo uma estrutura para o tempo de integração e construindo e completando novas visões sobre as arquiteturas de integração já abordadas por outros autores, como se pode constatar no Capítulo 3. Ainda se contribuiu com a introdução do tempo de transporte na integração e no processo de seleção de recursos, uma vez que se considera um fator relevante para uma empresa em rede.

6.3 Trabalhos futuros

Cada vez mais a investigação científica faz sentido quer para ajudar, quer para colaborar, com o que as empresas pretendem. Para tal, o futuro visa a refinação do modelo desenvolvido nesta dissertação de modo a incluir um fator muito importante: a quantidade económica de lotes a transportar, pois, mais do que o tempo, é importante considerar os custos que possam advir do Modelo de Gestão em Tempo Real.

Outro fator preocupante é a questão ambiental e o consumo de energia para garantir a sustentabilidade do futuro das próximas gerações. Com base no modelo apresentado por Yin, Fantian Zou & Fengxing Zou (2011) tem-se por objetivo melhorar o modelo da presente dissertação para minimizar consumos de energia no transporte.

Num futuro próximo pretende-se a aplicação deste modelo a empresas em rede para ser possível a aquisição de dados reais que sustentem a validade de futuros resultados a obter com novo modelo.

Referências Bibliográficas

Referencias bibliográficas

Attaran, M. (2007). RFID: an enabler of supply chain operations. *Supply Chain Management: An International Journal*, 12(4), 249-257.

Beamon, B. M. (1998). Supply chain design and analysis:: Models and methods. *International journal of production economics*, 55(3), 281–294.

Bredström, D., Flisberg, P., & Rönnqvist, M. (2011). A new method for robustness in rolling horizon planning. *International Journal of Production Economics*.

Browne, J., Sackett, P. J., & Wortmann, J. C. (1995). Future manufacturing - Towards the extended enterprise. *Computers in Industry*, 25, 235-254.

Browne, J., & Zhang, J. (1999). Extended and virtual enterprises – similarities and differences. *International Journal of Agile Management Systems*, 1(1), 30-36.

Camarinha-Matos, L. M., & Afsarmanesh, H. (1999). The virtual enterprise concept. *Proceedings of the IFIP TC5 WG5* (Vol. 3, p. 3–14).

Camarinha-Matos, L. M., Afsarmanesh, H., Galeano, N., & Molina, A. (2009). Collaborative networked organizations – Concepts and practice in manufacturing enterprises. *Computers & Industrial Engineering*, 57(1), 46-60.

Caramia, M., & Dell’Olmo, P. (2006). Manufacturing Systems : Trends , Classification , and Behavior Patterns. *Effective Resource Management in Manufacturing Systems* (pp. 1-33). Springer London.

Chappell, G., Ginsburg, L., Schmidt, P., Smith, J., & Tobolski, J. (2003). Auto-ID on the line: The value of Auto-ID technology in manufacturing. *Auto ID Center*. USA.

Chetty, O. V. K., & Prasad, P. S. S. (2001). Multilevel Lot Sizing with a Genetic Algorithm Under Fixed and Rolling Horizons. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 18(7), 520-527.

Clark, A. R., & Clark, S. J. (2000). Rolling-horizon lot-sizing when set-up times are sequence-dependent. *International Journal of Production Research*, 38(10), 2287–2307.

Cormen, T., Leiserson, C. E., Rivest, R. L., & Stein, C. (2001). *Introduction to algorithms: Second Edition*. New York (2nd ed., p. 1180). Massachusetts, United States of America: McGraw-Hill.

Cunha, M. M. (2003). Organization of a Market of Resources for Agile and Virtual Enterprises Integration. Guimarães: University of Minho.

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. (2005). Business Alignment Requirements and Dynamic Organizations. In G. D. Putnik & M. M. Cunha (Eds.), *Virtual Enterprise Integration* (pp. 78-101). United Kingdom: Idea Group Publishing.

Cunha, M. M., & Putnik, G. D. (2006a). A Review on Virtual Enterprise Models. In M. M. Cunha & G. D. Putnik (Eds.), *Agile Virtual Enterprises: Implementation and Management Support* (pp. 26-80). United Kingdom: Idea Group Publishing.

Cunha, M. M., & Putnik, G. D. (2006b). On the dynamics of Agile/Virtual Enterprise reconfiguration. *International Journal of Networking and Virtual Organisations*, 3(1), 102-123.

Cunha, M. M., & Putnik, G. D. (2006c). Identification of the domain of opportunities for a market of resources for virtual enterprise integration. *International Journal of Production Research*, 44(12), 2277-2298.

Cunha, M. M., Putnik, G. D., Gunasekaran, A., & Ávila, P. (2005). Market of Resources as a Virtual Enterprise Integration Enabler. In G. D. Putnik & M. M. Cunha (Eds.), *Virtual Enterprise Integration* (pp. 145-165). United Kingdom: Idea Group Publishing.

Cunha, M. M., Putnik, G. D., & Ávila, P. (2007). Environments for Virtual Enterprise Integration. In G. D. Putnik & M. M. Cunha (Eds.), *Knowledge and Technology Management in Virtual Organizations: Issues, Trends, Opportunities and Solutions* (pp. 1-23). United Kingdom: Idea Group Publishing.

- Dauzère-Pérès, S., & Lasserre, J.-B. (1994). An integrated approach in production planning and scheduling. In M. Beckmann & H. P. Künzi (Eds.), *Lecture notes in economics and mathematical systems*. Springer - Verlag.
- Dekok, T., & Inderfurth, K. (1997). Nervousness in inventory management: Comparison of basic control rules. *European Journal of Operational Research*, 103(1), 55-82.
- Derman, C., & Klein, M. (1965). Some Remarks on Finite Horizon Markovian Decision Models. *Operations Research*, 13(2), 272-278.
- Dove, R. (1997). Agile Supply-Change Management. *Paradigm Shift International*. Retrieved 2011, from <http://www.parshift.com/Essays/essay018.htm>
- Easley, D., & Spulber, D. F. (1981). Stochastic Equilibrium and Optimality with Rolling Plans. *International Economic Review*, 22(1), 79-103.
- EFFRA. (2010). FACTORIES OF THE FUTURE PPP: STRATEGIC MULTI-ANNUAL ROADMAP. EU Publications Office.
- Everett, R. R., Zraket, C. a, & Benington, H. D. (1957). SAGE — A Data-Processing System for Air Defense. *Papers and discussions presented at the December 9-13, 1957, eastern joint computer conference: Computers with deadlines to meet (IRE-ACM-AIEE '57 (Eastern))* (Vol. 5, pp. 148-155). New York, NY, USA: ACM.
- Ferrarini, L., Fogliazza, G., Mirandola, G., & Veber, C. (2008). Metamodeling Techniques Applied to the Design of Reconfigurable Control Applications. *EURASIP Journal on Embedded Systems*, 2008, 1-9.
- Fleischmann, B., Meyr, H., & Wagner, M. (2005). Advanced planning. In H. Stadtler & C. Kilger (Eds.), *Supply Chain Management and Advanced Planning* (Vol. 43, pp. 81-106). Springer Berlin Heidelberg.
- Globmen-Project. (2000). Global Engineering and Manufacturing in Enterprise Networks. *IFIP TC5 WG5.3/5*. Retrieved 2011, from <http://cic.vtt.fi/projects/globemen/public.html>
- Goldman, S. L., Nagel, R. N., & Preiss, K. (1995). *Agile competitors and virtual organizations: Strategies for enriching the customer* (p. 414). New York : Van Nostrand Reinhold,.

- Gunasekaran, A. (2004). Information systems in supply chain integration and management. *European Journal of Operational Research*, 159(2), 269-295.
- Gundry, J., & Metes, G. (2007). Agility International Briefing on Agility and Business Agility. *Agility International*. Retrieved 2011, from <http://www.agility.co.uk/ai.html>
- Hardgrave, B. C., Waller, M., & Miller, R. (2005). Does RFID reduce out of stocks? a preliminary analysis. *White Paper, Information Technology Research Institute*. University of Arkansas: Sam M. Walton College of Business.
- Haynes, M. G., McGregor, A. G., & Stewart, N. D. (1997). The business team standard: A means of improving the effectiveness of individual businesses in a multibusiness corporation. *Systems Practice*, 1(3), 219-239.
- Heisel, U., & Meitzner, M. (2006). Progress in reconfigurable manufacturing systems. In A. I. Dashchenko (Ed.), *Reconfigurable Manufacturing Systems and Transformable Factories* (p. 47–62). Springer Berlin Heidelberg.
- Huang, G. Q., Zhang, Y., Chen, X., & Newman, S. T. (2008). RFID-enabled real-time wireless manufacturing for adaptive assembly planning and control. *Journal of Intelligent Manufacturing*, 19(6), 701-713.
- Huang, G. Q., Zhang, Y., & Jiang, P. Y. (2007). RFID-based wireless manufacturing for real-time management of job shop WIP inventories. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 36(7-8), 752-764.
- Huang, S. H., Wang, G., & Dismukes, J. P. (2000). A manufacturing engineering perspective on supply chain integration. *Proceedings of the 10th International Conference on Flexible Automation and Intelligent Manufacturing* (p. 204–214).
- Jaekel, F. W., Perry, N., Campos, C., Mertins, K., & Chalmeta, R. (2005). Interoperability supported by enterprise modelling. In R. Meersman, Z. Tari, & P. Herrero (Eds.), *On the Move to Meaningful Internet Systems 2005: OTM 2005 Workshops* (p. 552–561). Springer Berlin / Heidelberg.
- Jenkins, G. P., & Wright, D. S. (1998). Managing Inflexible Supply Chains. *International Journal of Logistics Management*, 9(2), 83-90.

Jovane, F., Koren, Y., & Boër, C. (2003). Present and Future of Flexible Automation : Towards New Paradigms. *CIRP Annals - Manufacturing Technology*, 52(2), 543-560.

Jung, J. (2008). Taxonomy alignment for interoperability between heterogeneous virtual organizations. *Expert Systems with Applications*, 34(4), 2721-2731.

Ketchenjr, D., & Hult, G. (2007). Bridging organization theory and supply chain management: The case of best value supply chains. *Journal of Operations Management*, 25(2), 573-580.

Kidd, P. (2000). Agile Manufacturing: A Strategy for the 21st Century. *Cheshire Henbury*. Retrieved 2011, from <http://www.cheshirehenbury.com/agility/agilitypapers/paper1095.html>

Koren, Y., Heisel, U., Jovane, F., Moriwaki, T., Pritschow, G., Ulsoy, G., & Brussel, H. V. (1999). Reconfigurable Manufacturing Systems. *CIRP Annals - Manufacturing Technology*, 48(2), 527-540.

Koren, Y., & Shpitalni, M. (2010). Design of reconfigurable manufacturing systems. *Journal of Manufacturing Systems*, 29(4), 130-141.

Kürümlüoğlu, M., Nøstdal, R., & Karvonen, I. (2005). Base Concepts. In Luis M. Camarinha-Matos, H. Afsarmanesh, & M. Ollus (Eds.), *Virtual Organizations* (pp. 11-28). Springer US.

Lee, M., Huang, C., Liu, A., & Lee, Y. (2008). RFID implementation in inventory management of wafer cassettes and probe cards in wafer testing houses. *International Conference on Electronic Materials and Packaging, 2008. EMAP 2008*. (p. 111–114).

Li, Z., & Ierapetritou, M. G. (2010). Rolling horizon based planning and scheduling integration with production capacity consideration. *Chemical Engineering Science*, 65(22), 5887-5900.

Lu, W., Huang, G. Q., & Li, H. (2011). Scenarios for applying RFID technology in construction project management. *Automation in Construction*, 20(2), 101-106.

ManuFuture. (2006). *Assuring the future of manufacturing in Europe. Manufuture Platform*.

Mohammadi, M., Ghomi, S. M. T. F., Karimi, B., & Torabi, S. A. (2008). Rolling-horizon and fix-and-relax heuristics for the multi-product multi-level capacitated lotsizing problem with sequence-dependent setups. *Journal of Intelligent Manufacturing*, 21(4), 501-510.

Nagel, R. N., & Dove, R. (1991). *21ST Century Manufacturing Enterprise Strategy: An industry-led view*. (S. Goldman & K. Preiss, Eds.) (p. 58). Bethlehem, Pennsylvania: Iacocca Institut: Lehigh University.

Narayanan, A., & Robinson, P. (2010). Evaluation of joint replenishment lot-sizing procedures in rolling horizon planning systems. *International Journal of Production Economics*, 127(1), 85-94.

Panetto, H., & Molina, A. (2008). Enterprise integration and interoperability in manufacturing systems: Trends and issues. *Computers in Industry*, 59(7), 641-646.

Presley, A., Sarkis, J., Barnett, W., & Liles, D. (2001). Engineering the Virtual Enterprise : An Architecture-Driven Modeling Approach. *International Journal of Flexible Manufacturing Systems*, 13, 145-162.

Putnik, G. D. (2000). *BM_ Virtual Enterprise Architecture Reference Model: Technical Report RT – CESP-GIS-2000-<GP-01>*. Portugal: University of Minho.

Putnik, G. D. (2001). BM_ Virtual Enterprise Architecture Reference Model. In A. Gunasekaran (Ed.), *Agile manufacturing: the 21st century competitive strategy* (pp. 73-93).

Putnik, G. D., Cunha, M. M., Cortes, B. C., & Ávila, P. (2007). Enterprise Reconfiguration Dynamics and Business Alignment. In M. M. Cunha, B. C. Cortes, & G. D. Putnik (Eds.), *Adaptative Technologies and Business Integration: Social, Managerial, and Organizational Dimensions* (pp. 1-32). United Kingdom: Idea Group Publishing.

Putnik, G. D., Cunha, M. M., Sousa, R., & Ávila, P. (2005). Virtual Enterprise Integration: Challenges of a New Paradigm. In G. D. Putnik & M. M. Cunha (Eds.), *Virtual Enterprise Integration* (pp. 1-30). United Kingdom: Idea Group Publishing.

Putnik, G. D., & Putnik, Z. (2010). A semiotic framework for manufacturing systems integration –Part I: Generative integration model. *International Journal of Computer Integrated Manufacturing*, 23(8-9), 691-709.

Putnik, G. D., & Sluga, A. (2007). Reconfigurability of Manufacturing Systems for Agility Implementation Part I: Requirements and Principles. In P. Cunha & P. Maropoulos (Eds.), *Digital Enterprise Technology* (pp. 91-98). Springer.

- Putnik, G. D., Spasic, Z., Sousa, R., & Naldinho, J. (2002). Systems Theory Application for Manufacturing Systems or Enterprise Integration Modeling. *The Tenth International Conference on Machine Design and Production*. Cappadocia, Turkey.
- Sanchez, L., & Nagi, R. (2001). A review of agile manufacturing systems. *International Journal of Production Research*, 39(16), 3561-3600.
- Sarac, A., Absi, N., & Dauzère-Pérès, S. (2010). A literature review on the impact of RFID technologies on supply chain management. *International Journal of Production Economics*, 128(1), 77-95.
- Saygin, C. (2006). Adaptive inventory management using RFID data. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 32(9-10), 1045-1051.
- Schönberger, J., & Kopfer, H. (2009). Transport system responsiveness improvement. *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, 39(1), 63-79.
- Shee, D. Y., Tang, T. I., & Tzeng, G. H. (2000). Modeling the supply-demand interaction in electronic commerce: A bi-level programming approach. *Journal of Electronic Commerce Research*, 1(2), 79–93.
- Song, L., & Nagi, R. (1997). Design and implementation of a virtual information system for agile manufacturing. *IIE transactions*, 29(10), 839-857.
- Tendulkar, S. D. (1977). Planning Process, Planning Commission and Rollover Planning. *Economic and Political Weekly*, 12(42), 1777-1782.
- Vancza, J., Egri, P., & Monostori, L. (2008). A coordination mechanism for rolling horizon planning in supply networks. *CIRP Annals - Manufacturing Technology*, 57(1), 455-458.
- Venkataraman, R., & Michael, P. (2001). Rolling horizon master production schedule performance: a policy analysis. *Production Planning & Control*, 12(7), 669–679.
- Wu, J., Cobzaru, M., Ulieru, M., & Norrie, D. (2000). SC-Web-CS: supply chain web-centric systems. *Proc IASTED International Conference on Artificial Intelligence and Soft Computing (ASC2000)*, Banff (p. 501–507).
- Wu, S., & Kaiser, G. E. (1993). On hard real-time management information. *Proceedings of the IEEE First International Workshop on Systems Management, 1993.*, 90-100.

Yano, C. A., & Carlson, R. C. (1985). *An analysis of scheduling policies in multiechelon production systems*. United States of America.

Yao, A. C., & Carlson, J. G. (1999). The impact of real-time data communication on inventory management. *International Journal of Production Economics*, 59(1-3), 213-219.

Yin, E., Zou, F., & Zou, F. (2011). Research on the Optimization Method of Virtual Enterprise ' s Task Scheduling Problems in Aluminum Industry. *Modern Applied Science*, 5(1), 68-74.

Youssef, A., & ElMaraghy, H. (2007). Optimal configuration selection for reconfigurable manufacturing systems. *International Journal of Flexible Manufacturing Systems*, 19(2), 67-106.

Zhang, Y., Huang, G. Q., Qu, T., Ho, O., & Sun, S. (2011). Agent-based smart objects management system for real-time ubiquitous manufacturing. *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing*, 27(3), 538-549.

Anexos

Anexos

Anexo 1 - Capacidades disponíveis dos Recursos

Anexo 2 – Procedimentos de Cálculo

Anexo 1

Capacidades disponíveis dos Recursos

Anexo 1 - Capacidades disponíveis dos Recursos

Tabela 10 – Matriz de Capacidades no Planeamento sem Reconfigurações

Unidades de Tempo	OP1					OP2					OP3				
	R1	R2	R3	R7	R8	R1	R3	R5	R6	R9	R2	R3	R4	R5	R6
1	3	2	4	2	2	4	2	1	5	1	5	4	2	2	4
2	2	1	1	5	3	2	3	2	4	5	1	3	2	1	4
3	2	5	2	1	5	2	2	5	4	1	2	3	5	3	5
4	1	1	1	3	5	1	2	5	3	1	3	2	3	4	3
5	1	5	4	3	3	1	2	1	5	2	4	1	1	2	2
6	5	2	2	4	4	2	4	1	5	4	4	2	4	3	3
7	5	5	3	1	2	2	2	4	2	3	5	1	4	1	5
8	3	3	5	5	5	2	3	1	5	3	1	2	4	4	4
9	3	3	3	5	2	1	3	3	4	2	1	5	4	1	3
10	5	4	1	4	1	4	5	2	5	2	5	2	5	4	3
11	3	2	5	4	4	4	1	3	1	2	5	2	1	4	5
12	2	1	1	1	2	1	4	5	5	2	3	3	3	1	1
13	2	5	3	2	1	3	4	4	2	1	1	3	2	2	2
14	4	2	4	5	3	2	4	5	1	5	1	3	1	2	4
15	2	2	1	4	5	2	1	5	2	5	1	3	3	2	1
16	5	4	4	5	3	2	5	5	2	4	2	1	3	5	3
17	5	5	4	1	2	4	5	5	5	5	4	3	2	4	1
18	1	1	4	4	5	3	4	2	5	3	3	2	4	5	4
19	1	4	4	5	1	2	3	5	2	3	3	1	1	4	1
20	1	4	4	4	4	5	3	5	1	2	4	5	2	3	4
21	1	2	4	1	3	5	5	3	4	4	2	4	3	2	5
22	3	1	1	3	5	1	3	2	3	2	4	2	1	5	2
23	3	2	2	5	4	4	5	5	3	4	2	1	4	5	1
24	4	4	4	5	1	4	5	4	5	1	2	3	5	3	2
25	4	2	4	5	2	3	3	1	4	4	3	4	2	4	4
26	3	5	4	1	3	2	2	3	1	3	2	3	1	1	1
27	4	1	3	4	1	2	5	5	5	1	1	5	1	3	1
28	3	5	5	3	4	5	5	4	5	4	2	1	4	5	4
29	4	5	1	3	5	1	3	4	2	2	1	4	1	2	1
30	1	3	3	5	1	3	5	4	3	5	4	1	3	2	3

Tabela 11 – Matriz de Capacidades na Primeira Reconfiguração

Unidades de Tempo	OP1					OP2					OP3				
	R1	R2	R3	R7	R8	R1	R3	R5	R6	R9	R2	R3	R4	R5	R6
1	3	5	5	1	1	2	3	5	1	4	1	5	5	5	3
2	5	2	3	3	4	4	1	3	5	1	2	5	4	5	2
3	4	2	3	4	3	2	2	4	4	5	5	4	2	2	2
4	4	1	1	5	3	4	1	4	2	1	2	3	5	4	5
5	1	5	2	5	3	2	3	1	1	3	3	2	3	3	1
6	2	5	4	4	2	5	3	3	2	2	2	2	4	3	3
7	2	2	1	3	2	1	5	4	1	1	3	3	2	2	2
8	4	5	2	5	3	4	2	4	1	2	2	1	5	5	5
9	1	2	5	5	3	5	4	3	4	4	1	1	2	5	1
10	1	4	5	4	4	2	3	5	1	1	2	4	3	4	3
11	2	5	5	2	2	1	4	5	3	5	1	3	3	5	3
12	4	3	4	3	4	5	5	5	5	3	4	3	5	1	4
13	5	3	2	2	4	2	3	4	5	3	2	4	4	2	5
14	2	5	1	5	2	1	3	1	5	3	5	4	3	3	1
15	5	4	5	5	1	3	1	2	4	3	2	1	5	4	1
16	1	4	4	3	1	3	2	1	5	4	3	2	2	5	5
17	5	5	5	4	4	3	4	3	1	2	1	2	3	1	4
18	3	5	2	5	4	1	3	2	1	5	3	2	2	1	2
19	4	2	4	1	5	3	5	3	5	5	2	2	3	5	1
20	2	5	1	5	1	2	4	3	1	2	4	1	2	3	4
21	1	4	5	1	3	5	5	2	2	1	1	1	5	3	2
22	3	4	1	5	5	1	5	5	5	2	3	1	1	1	3
23	1	4	2	5	4	5	4	4	1	2	2	4	4	5	1
24	1	4	1	1	2	2	1	2	2	5	1	4	5	1	1
25	1	1	4	4	2	1	3	2	5	2	1	3	5	3	2
26	4	5	4	2	3	1	3	4	5	3	2	4	1	4	1
27	1	1	3	2	2	4	4	2	1	4	5	4	2	5	4
28	2	2	3	1	2	5	2	2	4	3	1	4	4	4	1
29	1	2	5	4	2	3	4	5	3	2	5	1	5	5	5
30	4	5	2	2	1	3	3	5	3	4	2	1	4	5	3

Tabela 12 – Matriz de Capacidades na Segunda Reconfiguração

Unidades de Tempo	OP1					OP2					OP3				
	R1	R2	R3	R7	R8	R1	R3	R5	R6	R9	R2	R3	R4	R5	R6
1	4	5	2	1	2	2	4	1	1	5	3	3	2	3	3
2	5	5	2	2	1	2	1	2	4	5	1	3	1	1	4
3	5	1	4	1	3	5	4	5	1	2	2	2	2	4	3
4	3	2	3	2	2	5	1	5	1	3	5	5	4	5	4
5	2	3	4	5	1	1	2	4	3	1	5	3	2	1	1
6	2	1	1	5	3	4	4	2	5	1	3	2	3	5	3
7	1	4	4	4	2	4	3	2	2	4	1	1	4	1	5
8	1	5	2	5	1	3	5	3	5	4	2	5	5	2	4
9	1	5	5	1	3	2	3	5	1	2	3	3	2	1	5
10	3	2	3	1	1	2	1	5	1	2	2	2	4	1	1
11	4	3	4	5	2	4	3	3	2	4	5	2	1	2	2
12	3	2	5	1	5	4	3	2	5	5	4	2	5	5	4
13	2	5	2	1	1	1	4	4	1	1	3	2	5	5	2
14	4	5	4	1	5	3	5	4	4	3	2	4	4	1	2
15	2	4	3	5	4	2	1	3	2	2	4	3	3	4	3
16	5	2	2	4	2	1	4	1	4	2	1	2	5	2	1
17	3	3	2	5	3	1	2	2	2	5	3	1	5	2	4
18	1	1	3	2	3	3	5	3	2	3	2	4	5	5	3
19	5	5	2	2	4	2	5	3	5	1	3	3	2	2	2
20	2	3	2	3	5	5	2	5	1	3	2	1	5	4	2
21	4	1	3	4	1	2	2	2	5	5	1	3	2	2	4
22	1	4	3	5	2	1	1	2	1	3	2	4	1	1	1
23	4	3	4	3	3	4	4	1	1	4	2	3	2	3	1
24	2	2	4	3	1	2	5	1	3	4	4	2	5	4	3
25	5	5	2	2	2	1	5	3	3	4	1	4	5	5	1
26	2	5	4	5	5	5	2	2	5	4	5	1	3	2	1
27	5	3	3	5	3	1	4	3	3	1	4	1	1	4	1
28	4	3	2	3	1	3	5	3	2	3	4	3	2	3	4
29	3	1	3	4	5	2	3	5	2	1	3	3	3	5	1
30	3	4	1	5	4	3	5	1	2	3	4	5	4	4	3

Tabela 13 – Matriz de Capacidades na Terceira Reconfiguração

Unidades de Tempo	OP1					OP2					OP3				
	R1	R2	R3	R7	R8	R1	R3	R5	R6	R9	R2	R3	R4	R5	R6
1	3	2	3	1	1	2	1	5	4	4	2	1	4	1	4
2	4	3	1	2	1	2	4	5	1	3	1	1	1	5	3
3	2	3	4	1	2	2	4	3	4	1	5	1	2	3	3
4	5	5	1	3	5	1	3	5	1	1	3	5	5	1	5
5	5	5	1	3	1	4	5	4	3	2	4	1	1	5	1
6	1	4	4	4	5	3	1	5	4	3	4	4	1	5	2
7	2	4	2	4	4	5	4	5	5	5	4	2	4	3	2
8	2	5	4	2	4	4	5	4	4	4	1	3	3	3	2
9	2	5	5	4	5	5	1	5	5	4	3	5	5	3	2
10	5	5	1	4	4	5	4	2	1	4	1	5	5	2	4
11	3	1	5	3	2	4	4	4	5	3	5	2	2	3	3
12	1	2	4	3	2	2	5	1	4	5	1	5	5	3	4
13	3	5	4	1	2	2	4	2	2	3	5	4	5	5	4
14	4	4	3	3	5	4	3	2	4	5	1	4	4	2	3
15	1	5	5	5	5	2	4	3	2	5	3	5	4	3	4
16	2	1	3	1	5	4	1	2	1	3	5	3	2	4	3
17	5	3	4	3	3	4	5	4	5	3	5	3	5	3	1
18	2	4	1	5	1	1	3	4	3	3	1	1	4	5	5
19	4	3	5	1	3	3	3	1	5	3	2	4	2	1	4
20	3	2	4	2	3	5	2	5	1	4	3	3	4	2	3
21	4	2	3	1	5	3	1	5	2	1	4	5	1	4	5
22	2	3	2	2	2	1	3	4	2	4	4	2	1	5	5
23	5	5	5	1	2	1	1	4	2	2	1	2	4	1	1
24	4	1	1	2	4	5	3	3	1	1	5	3	5	5	4
25	4	1	1	1	3	1	2	3	4	2	2	1	5	1	2
26	5	4	2	5	5	5	4	2	1	4	2	1	5	1	1
27	5	3	5	3	5	1	5	1	1	4	4	2	5	1	5
28	4	1	4	4	4	3	3	1	5	4	3	2	5	3	3
29	3	2	3	1	3	1	4	1	5	4	1	4	1	2	5
30	4	4	5	2	4	4	5	3	2	5	1	2	1	4	2

Tabela 14 – Matriz de Capacidades na Quarta Reconfiguração

Unidades de Tempo	OP1					OP2					OP3				
	R1	R2	R3	R7	R8	R1	R3	R5	R6	R9	R2	R3	R4	R5	R6
1	4	3	4	3	1	5	2	4	1	3	5	1	3	2	1
2	5	5	4	1	4	3	5	4	4	1	2	3	5	3	5
3	2	5	5	2	1	2	4	1	1	5	1	4	5	2	1
4	4	5	1	2	5	2	1	2	4	2	5	5	2	1	3
5	1	3	2	1	3	4	5	2	4	1	5	2	1	3	1
6	4	1	5	5	2	3	5	2	2	1	1	2	2	3	2
7	2	1	5	2	4	5	1	2	3	2	1	4	1	1	3
8	4	1	4	5	2	1	2	3	4	5	2	1	4	1	4
9	4	3	5	5	1	1	2	5	1	4	4	3	5	1	5
10	1	4	2	5	3	2	3	1	3	3	1	1	3	1	5
11	4	5	5	1	4	4	4	5	5	3	1	2	5	2	4
12	5	4	3	3	5	4	2	2	2	4	4	4	4	2	2
13	3	5	4	2	2	2	2	2	3	1	4	3	4	3	2
14	5	3	4	4	3	4	2	1	4	1	4	5	5	2	4
15	3	3	5	5	4	3	4	1	5	2	2	3	4	3	4
16	1	1	4	1	1	1	5	5	1	1	4	3	2	5	3
17	2	5	4	4	2	5	2	5	3	1	1	3	3	3	4
18	5	3	2	1	3	2	1	3	4	3	4	2	2	5	4
19	1	2	4	1	1	3	4	2	3	1	5	5	4	2	3
20	2	4	3	2	1	3	3	3	2	1	2	3	2	1	5
21	5	2	3	3	3	3	4	5	2	3	2	2	4	4	2
22	1	2	5	1	1	1	4	4	2	1	5	3	4	4	5
23	2	3	3	3	4	1	2	3	2	5	5	1	2	1	2
24	5	4	1	3	3	4	1	1	5	5	3	2	3	5	1
25	5	2	5	3	3	4	4	1	4	1	1	3	1	2	1
26	2	2	2	2	1	4	2	3	4	3	2	4	3	4	1
27	2	3	3	2	2	2	5	1	4	3	4	3	5	3	2
28	4	4	2	2	1	2	5	2	5	5	3	1	3	4	4
29	5	2	4	1	2	3	2	5	5	4	2	5	5	3	5
30	2	3	3	1	2	1	1	1	1	2	3	2	5	4	5

Tabela 15 – Matriz de Capacidades na Quinta Reconfiguração

Unidades de Tempo	OP1					OP2					OP3				
	R1	R2	R3	R7	R8	R1	R3	R5	R6	R9	R2	R3	R4	R5	R6
1	2	2	5	4	3	4	1	5	3	5	3	1	1	3	2
2	1	1	5	1	1	1	1	3	3	1	2	3	3	4	2
3	3	4	5	1	3	3	2	4	3	1	2	5	2	3	4
4	3	1	3	5	4	3	2	2	1	3	3	3	1	3	5
5	4	1	1	2	4	4	1	2	5	3	5	3	3	3	4
6	3	2	1	4	3	4	1	3	3	2	4	1	2	1	3
7	3	2	1	3	4	1	5	2	2	5	1	2	5	2	2
8	1	2	1	3	3	3	4	5	1	2	2	3	3	3	2
9	2	5	4	3	3	4	4	4	3	3	3	5	5	2	3
10	1	4	2	4	1	5	5	5	2	5	3	3	5	1	2
11	4	5	5	3	3	1	3	2	5	5	4	1	4	5	3
12	2	2	3	4	3	5	5	2	1	4	1	2	1	5	1
13	5	5	4	5	3	5	5	4	5	1	5	2	1	2	2
14	2	2	3	2	5	1	4	1	4	1	4	4	2	4	4
15	3	5	5	5	1	3	5	4	3	2	2	3	3	2	5
16	5	4	3	4	5	3	3	5	1	2	2	1	3	4	2
17	2	5	3	3	2	2	3	3	1	3	1	1	1	4	1
18	2	5	4	4	1	1	3	1	3	5	2	5	1	3	4
19	5	2	4	3	2	3	3	3	1	3	4	1	1	5	5
20	1	2	1	4	2	1	3	5	5	3	5	4	2	5	5
21	2	2	2	5	1	1	3	5	5	3	5	4	4	3	2
22	1	3	2	5	3	3	2	2	3	1	4	1	3	3	1
23	5	4	2	5	1	1	1	3	4	1	2	2	5	5	5
24	3	1	4	1	3	4	2	4	5	4	5	5	1	4	4
25	4	3	3	3	3	2	3	4	3	4	1	5	1	2	1
26	4	5	3	5	4	5	2	2	4	2	2	4	5	2	3
27	5	2	2	4	3	4	5	3	4	3	5	2	4	4	1
28	5	1	5	2	4	5	4	4	2	2	1	2	1	4	1
29	1	1	4	3	5	2	4	2	1	4	5	5	3	3	1
30	5	2	5	5	3	4	1	2	5	1	3	4	4	2	2

Anexo 2

Procedimientos de Cálculo

Anexo 2 – Procedimentos de Cálculo

Modelo de “Fixed Horizon” – e-Tradicional

Tabela 16 – Modelo de “Fixed Horizon” – e-Tradicional (sem reconfiguração)

Sem Reconfiguração																
	OP1					OP2					OP3					
	R1	R2	R3	R7	R8	R1	R3	R5	R6	R9	R2	R3	R4	R5	R6	
\sum Cap	23	23	23	22	24	21	23	24	23	22	20	22	20	21	20	\sum Cap
Transporte	2	2	3	1	1	2	3	1	1	3	1	2	3	0	1	Transporte
Tempo Produzir	7	7	7	7	6	8	6	6	8	6	2	3	1	2	1	Transporte à Origem
Valor Relação	9	9	10	8	7	10	9	7	9	9	6	8	9	5	8	Tempo Produzir
Conclusão da OP					8			15			9	13	13	7	10	Valor Relação
														20		Conclusão da OP
														22		Conclusão do Lote

Tabela 17 – Modelo de “Fixed Horizon” – e-Tradicional (reconfiguração 1)

Reconfiguração 1																
	OP1					OP2					OP3					
	R1	R2	R3	R7	R8	R1	R3	R5	R6	R9	R2	R3	R4	R5	R6	
\sum Cap	12	11	10	13	12	11	13	11	10	10						\sum Cap
Transporte	2	2	3	1	1	2	3	1	1	3						Transporte
Tempo Produzir	5	3	2	3	4	3	4	3	5	3						Transporte à Origem
Valor Relação	7	5	5	4	5	5	7	4	6	6						Tempo Produzir
Conclusão da OP				9				9								Valor Relação
																Conclusão da OP
																Conclusão do Lote

	OP1					OP2					OP3					
	R1	R2	R3	R7	R8	R1	R3	R5	R6	R9	R2	R3	R4	R5	R6	
Qt Produzida					10											
Falta Produzir					10											

Tabela 18 – Modelo de “Fixed Horizon” – e-Tradicional (reconfiguração 2)

Reconfiguração 2																
	OP1					OP2					OP3					
	R1	R2	R3	R7	R8	R1	R3	R5	R6	R9	R2	R3	R4	R5	R6	
\sum Cap						8	10	9	11	9	11	10	10	9	9	\sum Cap
Transporte						1	1	1	3	2	1	2	3	0	1	Transporte
Tempo Produzir						2	3	3	4	3	2	3	1	2	1	Transporte à Origem
Valor Relação						3	4	4	7	5	3	4	2	4	4	Tempo Produzir
Conclusão da OP								13			6	9	6	6	6	Valor Relação
													14			Conclusão da OP
													15			Conclusão do Lote

	OP1					OP2					OP3				
	R1	R2	R3	R7	R8	R1	R3	R5	R6	R9	R2	R3	R4	R5	R6
Qt Produzida				8				8							
Falta Produzir				2				10							

Tabela 19 – Modelo de “Fixed Horizon” – e-Tradicional (reconfiguração 3)

Reconfiguração 3																
	OP1					OP2					OP3					
	R1	R2	R3	R7	R8	R1	R3	R5	R6	R9	R2	R3	R4	R5	R6	
\sum Cap						2	4	3	6	3	8	7	9	9	7	\sum Cap
Transporte						1	1	1	3	2	1	2	3	0	1	Transporte
Tempo Produzir						1	1	1	2	1	2	3	1	2	1	Transporte à Origem
Valor Relação						2	2	2	5	3	1	3	2	3	2	Tempo Produzir
Conclusão da OP						15					4	8	6	5	4	Valor Relação
															16	Conclusão da OP
															17	Conclusão do Lote

	OP1					OP2					OP3				
	R1	R2	R3	R7	R8	R1	R3	R5	R6	R9	R2	R3	R4	R5	R6
Qt Produzida				2				7							
Falta Produzir															

Tabela 20 – Modelo de “Fixed Horizon” – e-Tradicional (reconfiguração 4)

Reconfiguração 4																
	OP1					OP2					OP3					
	R1	R2	R3	R7	R8	R1	R3	R5	R6	R9	R2	R3	R4	R5	R6	
Σ Cap											7	5	6	7	8	Σ Cap
Transporte											3	2	3	1	3	Transporte
Tempo Produzir											2	3	1	2	1	Transporte à Origem
Valor Relação											2	2	2	3	2	Tempo Produzir
Conclusão da OP											7	7	6	6	7	Valor Relação
														21		Conclusão da OP
														23		Conclusão do Lote

	OP1					OP2					OP3				
	R1	R2	R3	R7	R8	R1	R3	R5	R6	R9	R2	R3	R4	R5	R6
Qt Produzida									5						
Falta Produzir															

Modelo de “Fixed Horizon” – Mercado de Recursos

Tabela 21 – Modelo de “Fixed Horizon” – Mercado de Recursos (sem reconfiguração)

Sem Reconfiguração																
	OP1					OP2					OP3					
	R1	R2	R3	R7	R8	R1	R3	R5	R6	R9	R2	R3	R4	R5	R6	
∑ Cap	23	23	23	22	24	21	23	24	23	22	20	22	20	21	20	∑ Cap
Transporte	2	2	3	1	1	2	3	1	1	3	1	2	3	0	1	Transporte
Tempo Produzir	7	7	7	7	6	8	6	6	8	6	2	3	1	2	1	Transporte à Origem
Valor Relação	9	9	10	8	7	10	9	7	9	9	6	8	7	5	8	Tempo Produzir
Conclusão da OP					8			15			9	13	11	7	10	Valor Relação
														20		Conclusão da OP
														22		Conclusão do Lote

Tabela 22 – Modelo de “Fixed Horizon” – Mercado de Recursos (reconfiguração 1)

Reconfiguração 1																
	OP1					OP2					OP3					
	R1	R2	R3	R7	R8	R1	R3	R5	R6	R9	R2	R3	R4	R5	R6	
∑ Cap	10	13	12	12	10	10	13	11	12	12						∑ Cap
Transporte	2	2	3	1	1	2	3	1	1	3						Transporte
Tempo Produzir	5	4	3	3	4	3	4	3	6	4						Transporte à Origem
Valor Relação	7	6	6	4	5	5	7	4	7	7						Tempo Produzir
Conclusão da OP				8				8								Valor Relação
																Conclusão da OP
																Conclusão do Lote

	OP1					OP2					OP3				
	R1	R2	R3	R7	R8	R1	R3	R5	R6	R9	R2	R3	R4	R5	R6
Qt Produzida					10										
Falta Produzir					10										

Tabela 23 – Modelo de “Fixed Horizon” – Mercado de Recursos (reconfiguração 2)

Reconfiguração 2																
	OP1					OP2					OP3					
	R1	R2	R3	R7	R8	R1	R3	R5	R6	R9	R2	R3	R4	R5	R6	
\sum Cap						10	11	10	10	10	11	10	10	14	11	\sum Cap
Transporte						1	1	1	3	2	1	2	3	0	1	Transporte
Tempo Produzir						3	4	3	3	3	2	3	1	2	1	Transporte à Origem
Valor Relação						4	5	4	6	5	3	4	2	5	5	Tempo Produzir
Conclusão da OP						12					6	9	6	7	7	Valor Relação
													13			Conclusão da OP
													14			Conclusão do Lote

	OP1					OP2					OP3				
	R1	R2	R3	R7	R8	R1	R3	R5	R6	R9	R2	R3	R4	R5	R6
Qt Produzida					10			10							
Falta Produzir					0			10							

Tabela 24 – Modelo de “Fixed Horizon” – Mercado de Recursos (reconfiguração 3)

Reconfiguração 3																
	OP1					OP2					OP3					
	R1	R2	R3	R7	R8	R1	R3	R5	R6	R9	R2	R3	R4	R5	R6	
\sum Cap											10	11	11	12	13	\sum Cap
Transporte											3	2	3	1	3	Transporte
Tempo Produzir											2	3	1	2	1	Transporte à Origem
Valor Relação											2	3	3	4	4	Tempo Produzir
Conclusão da OP											7	8	7	7	8	Valor Relação
														17		Conclusão da OP
														19		Conclusão do Lote

	OP1					OP2					OP3				
	R1	R2	R3	R7	R8	R1	R3	R5	R6	R9	R2	R3	R4	R5	R6
Qt Produzida									10						
Falta Produzir									0						

Modelo de “*Rolling Horizon*” – e-Tradicional

Tabela 25 – Modelo de “*Rolling Horizon*” – e-Tradicional (sem reconfiguração)

Sem Reconfiguração																
	OP1					OP2					OP3					
	R1	R2	R3	R7	R8	R1	R3	R5	R6	R9	R2	R3	R4	R5	R6	
∑ Cap	15	16	17	12	19											∑ Cap
Transporte	2	2	3	1	1											Transporte
Tempo Produzir	5	5	5	5	5											Transporte à Origem
Valor Relação	2.5	2.67	2.43	2.4	3.8											Tempo Produzir
Conclusão da OP					7											Valor Relação
																Conclusão da OP
																Conclusão do Lote

Tabela 26 – Modelo de “*Rolling Horizon*” – e-Tradicional (reconfiguração 1)

Reconfiguração 1																
	OP1					OP2					OP3					
	R1	R2	R3	R7	R8	R1	R3	R5	R6	R9	R2	R3	R4	R5	R6	
∑ Cap	12	11	10	13	12	11	11	11	10	10						∑ Cap
Transporte	2	2	3	1	1	2	3	1	1	3						Transporte
Tempo Produzir	5	3	2	3	4	3	3	3	5	3						Transporte à Origem
Valor Relação	7	5	5	4	5	5	6	4	6	6						Tempo Produzir
Conclusão da OP				9				9								Valor Relação
																Conclusão da OP
																Conclusão do Lote

	OP1					OP2					OP3				
	R1	R2	R3	R7	R8	R1	R3	R5	R6	R9	R2	R3	R4	R5	R6
Qt Produzida					10										
Falta Produzir					10										

Tabela 27 – Modelo de “Rolling Horizon” – e-Tradicional (reconfiguração 2)

Reconfiguração 2																
	OP1					OP2					OP3					
	R1	R2	R3	R7	R8	R1	R3	R5	R6	R9	R2	R3	R4	R5	R6	
\sum Cap						8	10	9	11	9	9	8	9	8	8	\sum Cap
Transporte						1	1	1	3	2	1	2	3	0	1	Transporte
Tempo Produzir						2	3	3	4	3	2	3	1	2	1	Transporte à Origem
Valor Relação						3	4	4	7	5	2	3	2	3	3	Tempo Produzir
Conclusão da OP						12					5	8	6	5	5	Valor Relação
														12		Conclusão da OP
														14		Conclusão do Lote

	OP1					OP2					OP3				
	R1	R2	R3	R7	R8	R1	R3	R5	R6	R9	R2	R3	R4	R5	R6
Qt Produzida				8				8							
Falta Produzir															

Tabela 28 – Modelo de “Rolling Horizon” – e-Tradicional (reconfiguração 3)

Reconfiguração 3																
	OP1					OP2					OP3					
	R1	R2	R3	R7	R8	R1	R3	R5	R6	R9	R2	R3	R4	R5	R6	
\sum Cap						2	4	3	5	3	11	11	11	12	10	\sum Cap
Transporte						1	1	1	3	2	3	2	3	1	3	Transporte
Tempo Produzir						1	1	1	1	1	2	3	1	2	1	Transporte à Origem
Valor Relação						2	2	2	4	3	4	4	3	3	3	Tempo Produzir
Conclusão da OP						15					9	9	7	6	7	Valor Relação
														17		Conclusão da OP
														19		Conclusão do Lote

	OP1					OP2					OP3				
	R1	R2	R3	R7	R8	R1	R3	R5	R6	R9	R2	R3	R4	R5	R6
Qt Produzida				2		10									
Falta Produzir															

Tabela 29 – Modelo de “*Rolling Horizon*” – e-Tradicional (reconfiguração 4)

Reconfiguração 4																
	OP1					OP2					OP3					
	R1	R2	R3	R7	R8	R1	R3	R5	R6	R9	R2	R3	R4	R5	R6	
\sum Cap											2	3	4	2	2	\sum Cap
Transporte											3	2	3	1	3	Transporte
Tempo Produzir											2	3	1	2	1	Transporte à Origem
Valor Relação											1	1	1	1	1	Tempo Produzir
Conclusão da OP											6	6	5	4	5	Valor Relação
														19		Conclusão da OP
														21		Conclusão do Lote

	OP1					OP2					OP3				
	R1	R2	R3	R7	R8	R1	R3	R5	R6	R9	R2	R3	R4	R5	R6
Qt Produzida						2									
Falta Produzir															

Modelo de “Rolling Horizon” – Mercado de Recursos

Tabela 30 – Modelo de “Rolling Horizon” – Mercado de Recursos (sem reconfiguração)

Sem Reconfiguração																
	OP1					OP2					OP3					
	R1	R2	R3	R7	R8	R1	R3	R5	R6	R9	R2	R3	R4	R5	R6	
∑ Cap	15	16	17	12	19											∑ Cap
Transporte	2	2	3	1	1											Transporte
Tempo Produzir	5	5	5	5	5											Transporte à Origem
Valor Relação	2.5	2.67	2.43	2.4	3.8											Tempo Produzir
Conclusão da OP					7											Valor Relação
																Conclusão da OP
																Conclusão do Lote

Tabela 31 – Modelo de “Rolling Horizon” – Mercado de Recursos (reconfiguração 1)

Reconfiguração 1																
	OP1					OP2					OP3					
	R1	R2	R3	R7	R8	R1	R3	R5	R6	R9	R2	R3	R4	R5	R6	
∑ Cap	10	13	12	12	10	10	13	11	9	12						∑ Cap
Transporte	2	2	3	1	1	2	3	1	1	3						Transporte
Tempo Produzir	5	4	3	3	4	3	4	3	5	4						Transporte à Origem
Valor Relação	7	6	6	4	5	5	7	4	6	7						Tempo Produzir
Conclusão da OP				8				8								Valor Relação
																Conclusão da OP
																Conclusão do Lote

	OP1					OP2					OP3				
	R1	R2	R3	R7	R8	R1	R3	R5	R6	R9	R2	R3	R4	R5	R6
Qt Produzida					10										
Falta Produzir					10										

Tabela 32 – Modelo de “Rolling Horizon” – Mercado de Recursos (reconfiguração 2)

Reconfiguração 2																
	OP1					OP2					OP3					
	R1	R2	R3	R7	R8	R1	R3	R5	R6	R9	R2	R3	R4	R5	R6	
\sum Cap						10	11	10	10	10	11	10	10	14	11	\sum Cap
Transporte						1	1	1	3	2	1	2	3	0	1	Transporte
Tempo Produzir						3	4	3	3	3	2	3	1	2	1	Transporte à Origem
Valor Relação						4	5	4	6	5	3	4	2	5	5	Tempo Produzir
Conclusão da OP						12					6	9	6	7	7	Valor Relação
													13			Conclusão da OP
													14			Conclusão do Lote

	OP1					OP2					OP3				
	R1	R2	R3	R7	R8	R1	R3	R5	R6	R9	R2	R3	R4	R5	R6
Qt Produzida				10				10							
Falta Produzir															

Tabela 33 – Modelo de “Rolling Horizon” – Mercado de Recursos (reconfiguração 3)

Reconfiguração 3																
	OP1					OP2					OP3					
	R1	R2	R3	R7	R8	R1	R3	R5	R6	R9	R2	R3	R4	R5	R6	
\sum Cap											10	11	11	12	13	\sum Cap
Transporte											3	2	3	1	3	Transporte
Tempo Produzir											2	3	1	2	1	Transporte à Origem
Valor Relação											2	3	3	3	4	Tempo Produzir
Conclusão da OP											7	8	7	6	8	Valor Relação
														16		Conclusão da OP
														18		Conclusão do Lote

	OP1					OP2					OP3				
	R1	R2	R3	R7	R8	R1	R3	R5	R6	R9	R2	R3	R4	R5	R6
Qt Produzida						10									
Falta Produzir															

Modelo de Gestão em Tempo Real – e-Tradicional

Tabela 34 – Modelo de Gestão em Tempo Real – e-Tradicional (sem reconfiguração)

Sem Reconfiguração																
	OP1					OP2					OP3					
	R1	R2	R3	R7	R8	R1	R3	R5	R6	R9	R2	R3	R4	R5	R6	
∑ Cap	1	1	0	4	10											∑ Cap
Transporte	2	2	3	1	1											Transporte
Tempo Produzir	1	1	0	1	2											Transporte à Origem
Valor Relação	0.17	0.17	0	0.8	2											Tempo Produzir
Conclusão da OP					4											Valor Relação
																Conclusão da OP
																Conclusão do Lote

Tabela 35 – Modelo de Gestão em Tempo Real – e-Tradicional (reconfiguração 1)

Reconfiguração 1																
	OP1					OP2					OP3					
	R1	R2	R3	R7	R8	R1	R3	R5	R6	R9	R2	R3	R4	R5	R6	
∑ Cap	4	5	0	8	5	4	0	8	2	6						∑ Cap
Transporte	2	2	3	1	1	2	3	1	1	3						Transporte
Tempo Produzir	1	1	0	2	2	1	0	2	2	2						Transporte à Origem
Valor Relação	0.7	0.8	0	1.6	1	0.7	0	1.6	0.4	0.86						Tempo Produzir
Conclusão da OP				8				8								Valor Relação
																Conclusão da OP
																Conclusão do Lote

Origem	OP1					OP2					OP3				
	R1	R2	R3	R7	R8	R1	R3	R5	R6	R9	R2	R3	R4	R5	R6
Qt Produzida					10										
Falta Produzir					10										

Tabela 36 – Modelo de Gestão em Tempo Real – e-Tradicional (reconfiguração 2)

Reconfiguração 2																
	OP1					OP2					OP3					
	R1	R2	R3	R7	R8	R1	R3	R5	R6	R9	R2	R3	R4	R5	R6	
∑ Cap	3	2	0	5	2	8	6	5	0	9	9	4	0	8	6	∑ Cap
Transporte	2	2	3	1	1	1	1	1	3	2	1	2	3	0	1	Transporte
Tempo Produzir	1	1	0	1	1	2	2	2	0	2	2	3	1	2	1	Transporte à Origem
Valor Relação	3	3	3	2	2	1.6	1.2	1	0	1.5	2	2	1	3	2	Tempo Produzir
Conclusão da OP					11	12					1.29	0.44	0	1.33	1	Valor Relação
														12		Conclusão da OP
														14		Conclusão do Lote

	OP1					OP2					OP3				
	R1	R2	R3	R7	R8	R1	R3	R5	R6	R9	R2	R3	R4	R5	R6
Qt Produzida								8							
Falta Produzir					2										

Tabela 37 – Modelo de Gestão em Tempo Real – e-Tradicional (reconfiguração 3)

Reconfiguração 3																
	OP1					OP2					OP3					
	R1	R2	R3	R7	R8	R1	R3	R5	R6	R9	R2	R3	R4	R5	R6	
∑ Cap						4	0	5	3	0	0	3	0	4	0	∑ Cap
Transporte						2	3	1	1	3	3	2	3	1	3	Transporte
Tempo Produzir						1	1	2	1	1	2	3	1	2	1	Transporte à Origem
Valor Relação						7	0	1	0.6	0	0	1	0	1	0	Tempo Produzir
Conclusão da OP						16					0	0.3	0	0.58	0	Valor Relação
														15		Conclusão da OP
														17		Conclusão do Lote

	OP1					OP2					OP3				
	R1	R2	R3	R7	R8	R1	R3	R5	R6	R9	R2	R3	R4	R5	R6
Qt Produzida					4				8						
Falta Produzir															

Tabela 38 – Modelo de Gestão em Tempo Real – e-Tradicional (reconfiguração 4)

Reconfiguração 4																
	OP1					OP2					OP3					
	R1	R2	R3	R7	R8	R1	R3	R5	R6	R9	R2	R3	R4	R5	R6	
∑ Cap											0	3	0	3	0	∑ Cap
Transporte											3	2	3	1	3	Transporte
Tempo Produzir											2	3	1	2	1	Transporte à Origem
Valor Relação											1	1	1	2	1	Tempo Produzir
Conclusão da OP											0	0.33	0	0.43	0	Valor Relação
														20		Conclusão da OP
														22		Conclusão do Lote

	OP1					OP2					OP3				
	R1	R2	R3	R7	R8	R1	R3	R5	R6	R9	R2	R3	R4	R5	R6
Qt Produzida									3						
Falta Produzir															

Tabela 39 – Modelo de Gestão em Tempo Real – e-Tradicional (reconfiguração 5)

Reconfiguração 5																
	OP1					OP2					OP3					
	R1	R2	R3	R7	R8	R1	R3	R5	R6	R9	R2	R3	R4	R5	R6	
∑ Cap											0	5	0	5	0	∑ Cap
Transporte											3	2	3	1	3	Transporte
Tempo Produzir											2	3	1	2	1	Transporte à Origem
Valor Relação											1	1	1	2	1	Tempo Produzir
Conclusão da OP											0	0.57	0	0.71	0	Valor Relação
														24		Conclusão da OP
														26		Conclusão do Lote

	OP1					OP2					OP3				
	R1	R2	R3	R7	R8	R1	R3	R5	R6	R9	R2	R3	R4	R5	R6
Qt Produzida									5						
Falta Produzir															

Modelo de Gestão em Tempo Real – Mercado de Recursos

Tabela 40 – Modelo de Gestão em Tempo Real – Mercado de Recursos (sem reconfiguração)

Sem Reconfiguração																
	OP1					OP2					OP3					
	R1	R2	R3	R7	R8	R1	R3	R5	R6	R9	R2	R3	R4	R5	R6	
∑ Cap	3	6	1	9	13											∑ Cap
Transporte	2	2	3	1	1											Transporte
Tempo Produzir	2	2	1	3	3											Transporte à Origem
Valor Relação	0.5	1	0.1	1.8	2.6											Tempo Produzir
Conclusão da OP					4											Valor Relação
																Conclusão da OP
																Conclusão do Lote

Tabela 41 – Modelo de Gestão em Tempo Real – Mercado de Recursos (reconfiguração 1)

Reconfiguração 1																
	OP1					OP2					OP3					
	R1	R2	R3	R7	R8	R1	R3	R5	R6	R9	R2	R3	R4	R5	R6	
∑ Cap	6	7	2	7	7	5	2	11	4	2						∑ Cap
Transporte	2	2	3	1	1	2	3	1	1	3						Transporte
Tempo Produzir	1	2	0	2	3	2	1	3	3	1						Transporte à Origem
Valor Relação	1	4	0.27	3	4	0.8	0.3	2.2	0.8	0.3						Tempo Produzir
Conclusão da OP				7				8								Valor Relação
																Conclusão da OP
																Conclusão do Lote

	OP1					OP2					OP3				
	R1	R2	R3	R7	R8	R1	R3	R5	R6	R9	R2	R3	R4	R5	R6
Qt Produzida															
Falta Produzir					7										

Tabela 42 – Modelo de Gestão em Tempo Real – Mercado de Recursos (reconfiguração 2)

Reconfiguração 2																
	OP1					OP2					OP3					
	R1	R2	R3	R7	R8	R1	R3	R5	R6	R9	R2	R3	R4	R5	R6	
∑ Cap						8	3	10	5	5	11	4	5	0	7	∑ Cap
Transporte						2	3	1	3	3	1	2	3	0	1	Transporte
Tempo Produzir						2	1	3	1	1	2	3	1	2	1	Transporte à Origem
Valor Relação						1.3	0.4	2	0.7	0.7	3	2	1	4	3	Tempo Produzir
Conclusão da OP								12			1.5	0.4	0.63	0	1.17	Valor Relação
											12					Conclusão da OP
											14					Conclusão do Lote

	OP1					OP2					OP3				
	R1	R2	R3	R7	R8	R1	R3	R5	R6	R9	R2	R3	R4	R5	R6
Qt Produzida								8							
Falta Produzir															

Tabela 43 – Modelo de Gestão em Tempo Real – Mercado de Recursos (reconfiguração 3)

Reconfiguração 3																
	OP1					OP2					OP3					
	R1	R2	R3	R7	R8	R1	R3	R5	R6	R9	R2	R3	R4	R5	R6	
∑ Cap											9	8	2	4	10	∑ Cap
Transporte											1	2	3	0	1	Transporte
Tempo Produzir											2	3	1	2	1	Transporte à Origem
Valor Relação											3	2	1	1	3	Tempo Produzir
Conclusão da OP											6	0.89	0.25	0.7	5	Valor Relação
															16	Conclusão da OP
															17	Conclusão do Lote

	OP1					OP2					OP3				
	R1	R2	R3	R7	R8	R1	R3	R5	R6	R9	R2	R3	R4	R5	R6
Qt Produzida															
Falta Produzir															

