



Universidade do Minho
Escola de Engenharia

Maria Domingas Dias de Pina

Avaliação do impacto das práticas do CMMI
do nível 4 no desempenho de equipas piloto
de desenvolvimento de software



Universidade do Minho
Escola de Engenharia

Maria Domingas Dias de Pina

Avaliação do impacto das práticas do CMMI
do nível 4 no desempenho de equipas piloto
de desenvolvimento de software

Dissertação de Mestrado
Mestrado em Sistemas de Informação

Trabalho efetuado sob a orientação do
Professor Doutor Pedro Ribeiro

Julho de 2014

DECLARAÇÃO

Nome: _Maria Domingas Dias de Pina

Correio electrónico: _____ mayapina@gmail.com

Tel./Tlm.: 966587072

Número do Bilhete de Identidade: __15724499

Título da dissertação: Avaliação do impacto das práticas do CMMI do nível 4 no desempenho de equipas piloto de desenvolvimento de software

Ano de conclusão: __2014

Orientador(es): __Pedro Ribeiro

Designação do Mestrado: Mestrado em sistemas de informação

Ciclo de Estudos Integrados Conducentes ao Grau de Mestre em Engenharia

Área de Especialização: _____ Sistemas de informação _____

Escola: __Universidade do MINHO _____

Departamento: _____ Sistemas de informação

1. É AUTORIZADA A REPRODUÇÃO INTEGRAL DESTA DISSERTAÇÃO APENAS PARA EFEITOS DE INVESTIGAÇÃO, MEDIANTE DECLARAÇÃO ESCRITA DO INTERESSADO, QUE A TAL SE COMPROMETE.

Guimarães, _18 / _07 / _2014 _____

Assinatura: Flávia Domingas Dias de Pina

Agradecimentos

Aos meus pais, Manuel de Pina e Maria Verónica Dias a quem tudo devo, pois sem eles não teria sido possível chegar até aqui.

À minha filha Sasha Silva, a quem dedico em especial este trabalho, que embora pequena em idade foi grande em pensamento, sabendo apoiar e compreender as minhas dificuldades e ausências.

Aos meus irmãos Carla Dias, Axelle de Pina e Manuel Júnior Pina, pelo carinho, amor e motivação que sempre demonstraram.

Ao meu companheiro Veridiano Silva, pela força e incentivo e por me fazer ganhar confiança e acreditar que eu seria capaz.

Ao meu orientador científico, Professor Doutor Pedro Ribeiro, que apesar da distância, sempre tentou estar perto. Sem dúvida que a permanente disponibilidade e enorme capacidade de orientação esclarecimentos e revisão do trabalho tiveram um enorme peso na escrita desta dissertação.

Por fim, gostaria de agradecer a todos que, de alguma forma, contribuíram para a realização deste trabalho.

Muito obrigado a todos.

Maria Domingas Dias de Pina

Resumo

O mundo empresarial tem sofrido um desenvolvimento constante nas últimas décadas devido à evolução tecnológica, não só por causa da rápida proliferação das novas tecnologias de informação na sociedade, como também a conceção e desenvolvimento de *software* com base em tecnologias de ponta, contribuindo para surgimento de várias soluções inovadoras no mercado empresarial.

O modelo CMMI (*Capability Maturity Model Integration*) foi desenvolvido, com o intuito de melhorar a qualidade dos processos de desenvolvimento e integração de *software*. É um modelo de melhoria de processo que possui dois tipos de representação: faseada e contínua. Esta dissertação irá abordar a representação faseada no nível 4 de maturidade, envolvendo seis equipas piloto de desenvolvimento de *software*, com número de membros entre 12 e 19, da disciplina de DAI (Desenvolvimento de Aplicações Informáticas) num ambiente académico com uma certa facilidade de intervenção. Com base em alguns estudos bibliográficos e usando o método de investigação qualitativa e quantitativa junto das equipas de desenvolvimento de *software*, procura-se determinar o relacionamento entre a adoção e institucionalização das boas práticas do modelo CMMI e o desempenho da equipa em termos de qualidade do produto e desempenho dos processos. Foi utilizada a estratégia de investigação estudo de caso.

Inicialmente efetuou-se uma análise minuciosa dos relatórios dos projetos elaborados pelas equipas piloto de desenvolvimento de *software*. Com os resultados obtidos da análise de artefactos desenvolveu-se um levantamento do estado atual das equipas piloto em cada uma das áreas de processo, sendo finalmente realizado o diagnóstico de cada equipa. Ao efetuar a análise dos artefactos apresentados pelas equipas piloto, poderemos afirmar que, genericamente as equipas piloto com maior cumprimento do CMMI no nível 4 de maturidade apresentaram melhores resultados tanto na perspetiva do cliente como também na dos docentes.

Palavras-chave: CMMI, desenvolvimento de *software*, equipas piloto.

Abstract

The business world has undergone constant development in recent decades due to technological developments, not only because of the rapid proliferation of new information technologies in society, as well as the design and development of software based on leading edge technologies, contributing to the emergence of several innovative solutions in the enterprise market.

CMMI (Capability Maturity Model Integration) was developed in order to improve the quality of development processes and software integration. It is a process improvement model that has two kinds of representations: staged and continuous. This dissertation will address the phased representation at level 4 maturity, involving 6 pilot software development teams, with number of members between 12 and 19, in the discipline of DAI (development of software applications). These teams work in an academic environment, allowing a certain ease of intervention. Based on some bibliographic studies and method of qualitative and quantitative research among teams of software development, we seek to determine the relationship between the adoption and institutionalization of good practices of the CMMI model and team performance in terms of product quality and performance processes. We used the research strategy case study.

Initially we conducted a thorough analysis of the reports developed by the pilot software development teams. With the results obtained from the analysis of artifacts, we develop a survey of the current state of the pilot teams in each of the process areas, and finally carried the diagnosis of each team. Performing the analysis of the artifacts presented by pilot teams we can say that, generically pilot teams with greater compliance with the CMMI maturity level 4 showed better results both in the perspective of the client as well as on the teachers.

Keywords: CMMI, software development, development teams.

Índice de Conteúdos

Agradecimentos.....	ii
Resumo.....	iii
Abstract	iv
Índice de Conteúdos.....	v
Índice de Figuras	vii
Índice de Tabelas.....	viii
Lista de Abreviaturas e Acrónimos.....	ix
1. Introdução	1
1.1. Enquadramento.....	1
1.2. Objetivos	3
1.2.1. Objetivos Gerais.....	3
1.2.2. Objetivos Específicos.....	4
1.3. Organização da Dissertação	5
2. Revisão Bibliográfica.....	7
2.1. Capability Maturity Model Integration (CMMI).....	12
2.1.1. Vantagem e Desvantagem do CMMI.....	12
2.1.2. Evolução do CMMI.....	13
2.1.3. Áreas de Atuação	18
2.2. CMMI for Development (CMMI - DEV)	19
2.3. Tipos de Representação do Modelo CMMI	20
2.3.1. Representação Faseada do Modelo CMMI	20
2.3.2. Representação Contínua do Modelo CMMI	22
2.3.3. Representação Faseada vs Representação Contínua	25
2.4. Componentes do Modelo CMMI	26
2.5. Avaliação no CMMI.....	35
2.6. Estado do CMMI no Mundo	38
2.6.1. CMMI em PORTUGAL.....	40
2.7. Rational Unified Process (RUP)	41
2.7.1. Os Princípios do RUP	42
2.7.2. Elementos do RUP	42
2.7.3. O Ciclo de Vida de um Projeto RUP.....	44

3. Método de Investigação	49
4. Caso de Estudo	57
4.1. Áreas de processo do modelo CMMI no nível 4.....	57
4.1.1. Os objetivos e práticas específicas do nível 4 do Modelo CMMI – DEV segundo a representação faseada	58
4.1.1.1. Desempenho de Processo Organizacional (OPP).....	58
4.1.1.2. Gestão Quantitativa de Projeto (QPM)	59
4.1.2. Os objetivos e práticas genéricas do nível 4 do CMMI-DEV, segundo a representação faseada.....	61
4.2. Método de Avaliação	61
4.2.1. Equipas Piloto/ Universo e amostra	63
4.3. Recolha dos dados.....	66
4.4. Análise dos resultados por área de processo	66
4.4.1. Área de processo Desempenho de Processo Organizacional (OPP)	69
4.4.2. Área de processo Gestão Quantitativa de Projeto (QPM)	71
4.4.3. Cumprimento do CMMI nível 4.....	74
4.4.4. Resultado da avaliação e discussão	79
4.4.5. Métricas.....	81
5. Conclusão e Trabalhos Futuros	85

Índice de Figuras

FIGURA 1 – EXEMPLO DAS PRINCIPAIS ÁREAS DE PROCESSOS DOS MODELOS CMMI VERSÃO 3.1 (SEI 2010).....	9
FIGURA 2 – REPRESENTAÇÃO DO CMMI COMO INTEGRADOR DOS DIVERSOS CMMs (ADAPTADO DE SOTILLE, 2003).....	15
FIGURA 3 – A EVOLUÇÃO HISTÓRICA DOS CMMs (SEI, 2010).....	17
FIGURA 4 – ESTRUTURA DA REPRESENTAÇÃO FASEADA (ADAPTADO DE SEI, 2006).....	21
FIGURA 5 – ESTRUTURA DA REPRESENTAÇÃO CONTÍNUA (ADAPTADO DE SEI, 2006).....	24
FIGURA 6 – COMPONENTES DO MODELO CMMI (ADAPTADO DE SEI, 2010).....	26
FIGURA 7 – NÍVEIS DE MATURIDADE DO CMMI-DEV (ADAPTADO DE SEI, 2010).....	32
FIGURA 8 – RELATÓRIO DAS ORGANIZAÇÕES POR CATEGORIAS.....	39
FIGURA 9 – ESTRUTURA ORGANIZACIONAL DAS EQUIPAS PILOTO (P. MONTEIRO, P. BORGES, R. J. MACHADO, AND P. RIBEIRO, 2012).....	43
FIGURA 10 – MAPA DE PROCESSOS – ADAPTADO DE KRUCHTEN (2000).....	45
FIGURA 11 – MÉTODO DE ESTUDO DE CASO (ADAPTADO YIN, 2005).....	53
FIGURA 12 – RESUMO DA CARACTERIZAÇÃO DAS EQUIPAS PILOTO.....	65
FIGURA 13 – MÉDIA ARITMÉTICA OBTIDA PELA ANÁLISE EFETUADA ÀS 6 EQUIPAS PILOTO NO OPP.....	70
FIGURA 14 – Nº DE VEZES QUE CADA OPÇÃO DE CLASSIFICAÇÃO FOI ATRIBUÍDA NA ÁREA DE PROCESSO OPP.....	71
FIGURA 15 – MÉDIA ARITMÉTICA OBTIDA PELA ANÁLISE EFETUADA ÀS 6 EQUIPAS NA ÁREA DE PROCESSO QPM.....	73
FIGURA 16 – Nº DE VEZES QUE CADA OPÇÃO DE CLASSIFICAÇÃO FOI ATRIBUÍDA NA QPM.....	73
FIGURA 17 – CUMPRIMENTO DO NÍVEL 4 DO CMMI EM CADA UMA DAS EQUIPAS PILOTO.....	75
FIGURA 18 – CUMPRIMENTO DAS ÁREAS DE PROCESSO DO CMMI.....	76

Índice de Tabelas

TABELA 1 – ÁREAS DE CONHECIMENTO/DISCIPLINAS ABORDADAS NO MODELO CMMI (ADAPTADO DE (MIGUEL, 2008)).	19
TABELA 2 – NÍVEIS DE MATURIDADE DA REPRESENTAÇÃO FASEADA (ADAPTADO DE SEI, 2006).	21
TABELA 3 – NÍVEIS DE CAPACIDADE DA REPRESENTAÇÃO CONTÍNUA (ADAPTADO DE SEI, 2006).	23
TABELA 4 – QUADRO COMPARATIVO DAS REPRESENTAÇÕES DO MODELO CMMI (ADAPTADO DE SEI, 2010).	26
TABELA 5 – ÁREAS DE PROCESSO DA REPRESENTAÇÃO FASEADA (ADAPTADO DE JONES ET AL., 2002).	29
TABELA 6 – ÁREAS DE PROCESSO DA REPRESENTAÇÃO CONTÍNUA (ADAPTADO DE (JONES ET AL., 2002)).	30
TABELA 7 – FASES DO MÉTODO SCAMPI	36
TABELA 8 – NÚMERO DE AVALIAÇÕES REPORTADAS AO SEI POR ANO E POR PAIS (ADAPTADO DE (KELLER K. MACK B., 2013) (PUBLISHED APPRAISAL RESULTS LIST, 2013).)	39
TABELA 9 – TOTAL DE CERTIFICAÇÕES EXISTENTES EM PORTUGAL (PUBLISHED APPRAISAL RESULTS LIST, 2013).	40
TABELA 10 – CERTIFICAÇÃO CMMI ATRIBUÍDAS EM 2013 (PUBLISHED APPRAISAL RESULTS LIST, 2013).	41
TABELA 11 – CRITÉRIOS PARA CLASSIFICAÇÃO DAS PRÁTICAS ESPECÍFICAS.	62
TABELA 12 – DESCRIÇÃO DAS EQUIPAS ESTUDADAS.	64
TABELA 13 – CLASSIFICAÇÃO DA ÁREA DE PROCESSO OPP.	67
TABELA 14 – CLASSIFICAÇÃO DA ÁREA DE PROCESSO QPM	68
TABELA 15 – VALORES PERCENTUAIS DAS PRÁTICAS ESPECÍFICAS EM CADA OPÇÃO DE CLASSIFICAÇÃO NA ÁREA DE PROCESSO OPP. ..	70
TABELA 16 – VALORES PERCENTUAIS DAS PRÁTICAS ESPECÍFICAS EM CADA OPÇÃO DE CLASSIFICAÇÃO NA QPM.	72
TABELA 17 – PONTOS ATRIBUÍDOS EM CADA OPÇÃO DE CLASSIFICAÇÃO.	74
TABELA 18 – EXECUÇÃO DO CMMI POR ÁREA DE PROCESSO E POR EQUIPA PILOTO CALCULADA DE FORMA PONDERADA	75
TABELA 19 – SERIAÇÃO EFETUADA PELO CLIENTE.	81
TABELA 20 – AVALIAÇÃO EFETUADO PELOS DOCENTES ÀS EQUIPAS PILOTO.	82
TABELA 21 – COMPARAÇÃO ENTRE AS PRÁTICAS DO CMMI (CUMPRIMENTO DO CMMI EM %) DO NÍVEL 4 E OS RESULTADOS OBTIDOS (DO CLIENTE E DOS DOCENTES) DAS SEIS EQUIPAS PILOTO EM ESTUDO.	82

Lista de Abreviaturas e Acrónimos

DAI	Desenvolvimento de Aplicações Informáticas
CM	Configuration Management
CMM	Capability Maturity Model
CMMI	Capability Maturity Model Integration
CMU	Carnegie Mellon University
EPIC	Enterprise Process Improvement Collaboration
GG	Generic Goal
GP	Generic Practice
IPD-CMM	Integrated Product Development Capability Maturity Model
IPPD	Desenvolvimento Integrado de Produtos e Processos
ISO	International Organization for Standardization
MA	Measurement and Analysis
PA	Process Area
PCM	Project Monitoring and Control
PMBOK	Project Management Body of Knowledge
PP	Project Planning
PPQA	Process and Product Quality Assurance
REQM	Requirements Management
SAM	Supplier Agreement Management
SECM	System Engineering Capability Model
SEI	Software Engineering Institute
SG	Specific Goal
SP	Specific Practice
SW-CMM	Software Capability Maturity Model
UM	Universidade do Minho
LTSI	Licenciatura em tecnologias e sistemas de informação
OPP	Desempenho de processo organizacional
QPM	Gestão quantitativa de projeto

1

1. Introdução

Neste capítulo será feito um breve enquadramento teórico do trabalho proposto. A seguir é apresentado o objetivo principal e a metodologia usada para a elaboração deste projeto. Por último a sua organização com a descrição dos conteúdos abordados nos capítulos que compõem a dissertação.

1.1. Enquadramento

O mundo empresarial tem sofrido um desenvolvimento constante nas últimas décadas devido à evolução tecnológica, não só por causa da rápida proliferação das novas tecnologias de informação na sociedade, como também a conceção e desenvolvimento de *software* com base em tecnologias de ponta, contribuindo para surgimento de várias soluções inovadoras no mercado empresarial.

Segundo Humphrey (2002), “*Every business is a software business*”. Facilmente se pode constatar através de uma breve leitura e interpretação da referida citação, que é extremamente importante o uso de *software* em qualquer organização independentemente do seu ramo de negócio. Contudo, isso induz-nos a pensar em como é importante garantir a qualidade do processo de desenvolvimento de *software* até ao consumidor final.

A maturidade de processos, de acordo com o SEI¹ (2002a), baseia-se no princípio de que “*a qualidade do produto desenvolvido depende diretamente do processo que o gerou*”, é hoje largamente aceite, tanto nas universidades quanto no mercado (Quintella, Barros e Ferreira 2006) (SWEBOK, 2004).

Assim sendo, pode-se definir a maturidade, como sendo uma estimativa da qualidade dos produtos produzidos na empresa, pelo que muitas empresas estão a

¹ O SEI (Software Engineering Institute) é um centro de pesquisa, desenvolvimento e aperfeiçoamento das práticas de Engenharia de *Software*.

efetuar grandes investimentos financeiros no processo de aumentar a sua maturidade. Deve-se ter em conta que para alcançar a maturidade, o caminho a ser percorrido é extenso e com riscos, podendo existir muitas variáveis que podem levar ao fracasso do esforço. Várias empresas de desenvolvimento de *software* têm vindo a demonstrar uma forte capacidade de inovação, com o objetivo de dar resposta às necessidades dos seus clientes. Para apoiar estes esforços, foram desenvolvidos vários modelos, denominados Modelos de Maturidade, que permitem que as empresas façam o aperfeiçoamento da qualidade dos seus serviços e produtos.

Um dos pioneiros e mais conhecidos modelos de maturidade e melhoria de processos, é o Capability Maturity Model (CMM). O modelo CMM é utilizado como base para os outros modelos de maturidade e o seu foco é o processo de desenvolvimento de *software*, com ênfase nas atividades de definição, especificação e teste.

O CMM foi desenvolvido nos anos 80 por *Watts Humphrey* com a colaboração dos institutos de *Carnegie Mellon University* e *Software Engineering Institute* (CMU/SEI), por solicitação de US – DoD (*United States Department of Defense*), com o intuito de melhorar todo o processo de gestão e desenvolvimento de *software* existente na altura.

Este modelo tinha como foco principal a melhoria dos processos das empresas que se dedicam ao desenvolvimento de *software* (Chrissis et al., 2003).

Com isso, este modelo tem sido desde então um condutor para o aperfeiçoamento do processo de desenvolvimento de *software* a nível geral, com muita influência na comunidade de *software* (Paulk, 1998).

O CMM traça os estágios pelos quais as organizações de *software* evoluem quando é efetuada a definição, implementação, medição, controle e melhoria dos seus processos de *software*. Permite determinar a capacidade dos processos atuais e identificar as práticas mais críticas para a melhoria da qualidade e dos processos. Deste modo, fornece e descreve um percurso de melhoria evolutiva partindo de um processo *ad hoc*, para um processo com um alto nível de maturidade e muito disciplinado.

Mais tarde foi desenvolvido o Modelo CMM Integration (CMMI), que era constituído pelas melhores práticas do IPD – CMM (SEI, 2006). O CMMI surgiu com o

intuito de colmatar as limitações do modelo CMM, contendo um *framework* normalizado que irá permitir por um lado excluir as incoerências que poderão surgir ao longo do tempo, e por outro lado, incluir novos modelos.

O CMMI trata de todo o ciclo de vida do produto a partir do processo de concepção, desenvolvimento, entrega e manutenção (SEI, 2006). O CMMI propõe um conjunto de níveis de maturidade que são suportados por áreas de processos, implementadas através das práticas específicas e genéricas e com isso as organizações obtém orientações para a melhoria contínua dos processos relacionados.

O CMMI fornece uma estrutura para avaliar a maturidade dos processos de *software* numa escala de cinco níveis, e diretrizes que ajudam a melhorar o processo de qualidade de software.

A proposta deste trabalho é conhecer as melhores práticas do nível 4, de acordo com a representação faseada do CMMI e avaliar o impacto dessas práticas no desempenho de equipas piloto de desenvolvimento de *software*.

Atingir o nível 4, numa empresa requer uma mudança radical na forma como os projetos são realizados e geridos. Trata-se de técnicas quantitativas e estatísticas para o controlo dos processos de *software* e de qualidade, e isto implica mudanças substanciais na forma como a organização se aproxima de atividades do ciclo de vida do software.

1.2. Objetivos

Esta dissertação tem como objetivo fundamental a avaliação do impacto das práticas do Modelo CMMI do nível 4 no desempenho de equipas piloto de desenvolvimento de *software*. A seguir serão apresentados os objetivos gerais e específicos deste trabalho.

1.2.1. Objetivos Gerais

Esta dissertação tem como objetivo geral determinar o relacionamento entre a adoção e institucionalização das práticas do CMMI e o desempenho da equipa em termos qualidade do produto e desempenho dos processos.

1.2.2. Objetivos Específicos

Este trabalho será realizado, no âmbito de equipas piloto de desenvolvimento de *software*, e tem como objetivo responder a seguinte questão: Qual a relação entre a adoção e institucionalização das práticas do CMMI e o desempenho da equipa em termos da qualidade do produto e desempenho dos processos?

Tendo como base responder a duas questões:

1. Quais as práticas do CMMI do nível 4, aplicáveis às equipas pilotos de desenvolvimento de *software*?
2. Como estão a ser cumpridas as práticas do CMMI definidas na questão anterior pelas equipas pilotos de desenvolvimento de *software* consideradas no estudo?

Para dar resposta a estas questões, primeiramente irá ser efetuada uma investigação profunda dos conceitos teóricos do CMMI. Em seguida serão detalhadas as práticas do nível 4 segundo a representação faseada (no próximo capítulo é feito a descrição desta representação). No referido capítulo serão identificadas e descritas as práticas e os objetivos específicos e genéricos, em cada área de processo, e sua respetiva descrição. Será realizada uma análise minuciosa de todos os relatórios dos projetos efetuados pelas equipas piloto, em cada momento de avaliação, para a verificação do estado dos projetos. De acordo com o resultado obtido, vai ser realizado um diagnóstico da capacidade das equipas de desenvolvimento. Por último, será analisada a relação entre a adoção e institucionalização destas práticas com o desempenho da equipa em termos da qualidade do produto.

Pretende-se alcançar com a realização desta dissertação os seguintes contributos e resultados:

- Análise das práticas do CMMI do nível 4 que podem ser aplicados a equipas de desenvolvimento de *software*;
- Diagnóstico da capacidade das equipas;
- Avaliação do impacto da adoção das práticas do CMMI do nível 4 no desempenho das equipas de desenvolvimento de *software*.

1.3. Organização da Dissertação

Nesta secção, será apresentada a organização estrutural deste trabalho. O documento está dividido nos seguintes capítulos:

- 1. Introdução:** neste capítulo, em primeiro lugar, é feita uma introdução, apresentando um breve enquadramento teórico do tema em causa. Em seguida serão apresentados os principais objetivos da pesquisa e as metodologias que irão ser utilizadas durante a execução do trabalho. Por último, será apresentada a organização da dissertação.
- 2. Revisão bibliográfica:** neste capítulo, primeiramente será feita uma breve descrição sobre os conceitos do CMMI. Em seguida serão detalhados quais os objetivos principais do modelo CMMI. Depois serão descritos tipos de representação de CMMI e por último serão apresentados os seus principais componentes.
- 3. Método de Investigação:** o capítulo 3 apresenta a metodologia empregue para viabilizar e orientar a execução do trabalho.
- 4. Caso de Estudo:** neste capítulo é apresentado o caso de estudo, com identificação das práticas do CMMI do nível 4, aplicáveis às equipas piloto, o método de avaliação utilizado para o levantamento do estado atual dos projetos e a análise dos resultados obtidos.
- 5. Conclusões e Trabalho Futuro:** nesta secção serão apresentadas as conclusões referentes a este trabalho, bem como algumas sugestões para trabalhos futuros sobre esta temática.

2

2. Revisão Bibliográfica

O objetivo deste capítulo é fornecer um contexto teórico acerca dos temas abrangidos e está dividido em quatro secções. Na primeira secção, apresenta-se o modelo CMMI e os seus objetivos. Na segunda secção descreve-se o CMMI – DEV e na terceira secção, apresenta-se os dois tipos de representação do CMMI. Por último, na quarta secção encontra-se os componentes CMMI com a descrição detalhada de cada um.

O CMMI (*Capability Maturity Model Integration*) é um modelo de referência que contém práticas (Genéricas ou Específicas) necessárias à maturidade em disciplinas específicas (*Systems Engineering (SE)*, *Software Engineering (SW)*, *Integrated Product and Process Development (IPPD)*, *Supplier Sourcing (SS)*).

O CMMI foi desenvolvido pelo SEI da Universidade de *Carnegie Mellon* e patrocinado pelo Departamento de Defesa dos Estados Unidos (US-DoD), com o intuito de melhorar a qualidade dos processos de desenvolvimento e integração de *software*. Este modelo é uma evolução do modelo CMM (*Capability Maturity Model*) e procura estabelecer um modelo único para o processo de melhoria corporativo, integrando diferentes modelos e disciplinas.

O modelo CMMI baseia-se nas melhores práticas para desenvolvimento e manutenção de produtos. Importa salientar que, dentro deste modelo existe não só um foco tanto em engenharia de sistemas quanto em engenharia de *software*, como também, há uma integração necessária para o desenvolvimento e a manutenção.

A procura pela qualidade no processo de desenvolvimento de *software* fornece uma melhoria não só no produto final, como também nos processos que fazem parte da criação do produto ou serviço.

Hoje em dia, face ao desenvolvimento tecnológico e à necessidade de inovar os seus serviços, muitas empresas multinacionais, tais como, *Boeing* e *3M*, estão a implementar o modelo CMMI com intuito de inovar a qualidade de produção dos seus serviços e/ou produtos. Deste modo oferecem aos seus potenciais clientes, um conjunto de materiais que são regularmente verificados através da recolha, análise e emprego de sugestões de melhoria. (William L., Cristina M., 2010).

Assim sendo, o CMMI é considerado atualmente como sendo um modelo de referência e de grande credibilidade no mundo empresarial, visto que, oferece um conjunto de melhores práticas para os processos de desenvolvimento de *software*. Deste modo o modelo ajuda as empresas a estabelecer prioridades na gestão de serviços, tornando-as mais eficientes e mais focadas nos processos reais de desenvolvimento, conceção e implementação de *software*.

De acordo com avaliações feitas pela *Software Engineering Institute* (SEI), a utilização deste modelo, indica que existe um número muito significativo de organizações à procura do aperfeiçoamento dos seus processos. Entretanto, a maior parte dessas organizações conseguiram alcançar ou até mesmo ultrapassar os objetivos de melhoria que foram previamente definidas (Miller et al., 2002).

Com o objetivo de aprofundar os conhecimentos sobre o modelo CMMI foi efetuado um referencial teórico, com a visão de cada autor. O *know-how* teórico desse modelo foi obtido através de uma série de pesquisas exaustivas efetuadas não só no *Google Scholar* e *ISI Web Knowledge*, como também, nas bibliotecas digitais da Universidade do Minho e de Aveiro.

No decorrer da pesquisa foram filtrados diferentes artigos, dando maior ênfase aos artigos relacionados com a implementação do CMMI de nível 4 nas empresas e organizações.

A base para a identificação dos objetivos específicos e genéricos e práticas específicas e genéricos do nível 4 segundo a representação faseada, que é o ponto crucial desse estudo, foi o documento CMMI – DEV (*Capability Maturity Model Integration for Development*), versão 1.3 (CMU/SEI, 2010). É de salientar que grande parte do material apresentado neste e nos próximos capítulos tem como base o manual

oficial do SEI, relativo ao CMMI – DEV versão 1.3 (CMU/SEI 2010), e concluído com o auxílio à diversas referências bibliográficas relacionadas com o Modelo CMMI.

De acordo com SEI, o modelo CMMI para Desenvolvimento (CMMI – DEV) fornece as melhores práticas para as atividades de desenvolvimento e manutenção dos produtos e serviços. O modelo CMMI – DEV é constituído por práticas que envolvem o ciclo de vida do produto, desde a fase da criação, entrega e manutenção, focando essencialmente no trabalho que é preciso fazer para a construção e manutenção da totalidade do produto (CMMI DEV – SEI 2010).

Na figura a seguir está ilustrada uma breve descrição das principais áreas do modelo CMMI, descrevendo a constituição das principais áreas de processos dos diferentes modelos de CMMI.

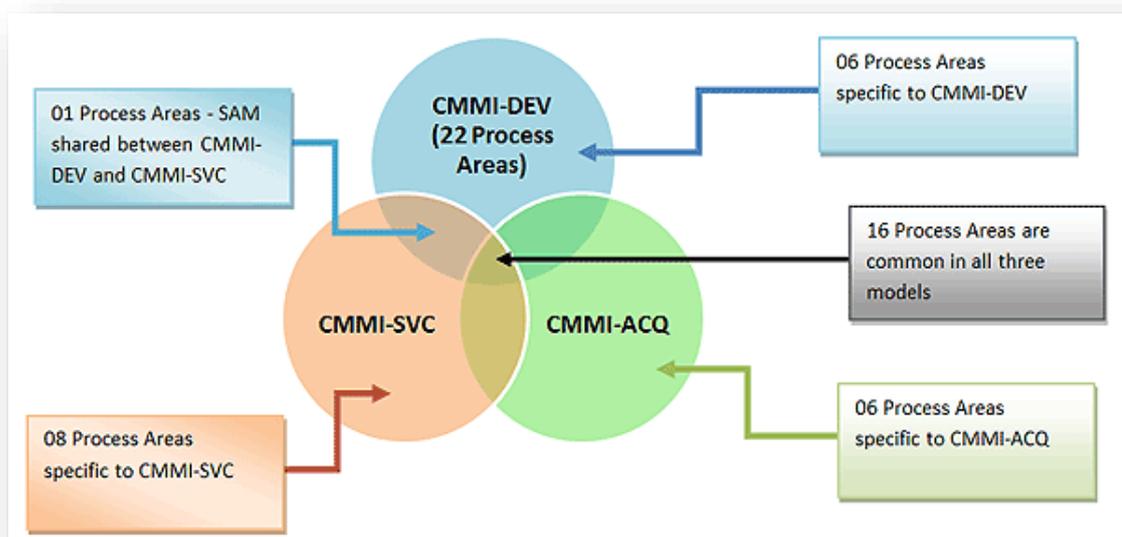


Figura 1 – Exemplo das principais áreas de processos dos modelos CMMI versão 3.1 (SEI 2010).

Como se pode observar na figura 1, o modelo CMMI – DEV é constituído por 22 áreas distintas de processo, sendo que 16 são áreas de processo centrais², 5 são áreas de processo exclusivamente dedicadas ao desenvolvimento e uma área de processo é partilhada.

Pode-se afirmar que, todas as práticas do modelo CMMI-DEV focam nas atividades da organização desenvolvedora. As cinco áreas de processo específicas para

² Área de processo central: É uma área de processo que é comum a todos os modelos CMMI (Locoselli, 2010).

o desenvolvimento referem-se à solução técnica, desenvolvimento de requisitos, integração do produto, verificação e validação. (CMMI DEV – SEI 2010).

A versão mais atualizada do modelo CMMI, nomeadamente a versão 1.3, foi publicada no dia 27 de Outubro de 2010 e é constituído por três modelos distintos:

- ***CMMI for Development (CMMI-DEV)***: este modelo tem como foco principal os processos de desenvolvimento de produtos e serviços.
- ***CMMI for Acquisition (CMMI-ACQ)***: centrado nos processos de aquisição e terceirização de bens e serviços.
- ***CMMI for Services (CMMI-SVC)***: centrado nos processos de empresas prestadoras de serviços.

O estudo do impacto da implementação do CMMI nível 4 de maturidade numa organização de desenvolvimento de *software* foi anteriormente analisado por Florence (2001) e concluiu que o controlo estatístico de processo (*Statistical Process Control - SPC*) é um tema novo no desenvolvimento de *software*, mas vai apoiar a melhoria do processo, e irá melhorar a produtividade de desenvolvimento e da qualidade dos produtos. Pode identificar tendências indesejáveis e apontar para problemas específicos de melhorias de processo e potenciais melhorias da tecnologia. A análise de SPC poderá fornecer informações valiosas que poderão ser utilizados na prevenção de defeitos e nas lições aprendidas.

A demonstração do impacto e benefícios do CMMI, foi efetuado por Goldenson e Gibson (2003) nos seus 12 casos de estudos em diversas organizações. Num total foram 11 organizações, nomeadamente 5 localizadas nos Estados Unidos e 6 na Austrália e Europa. As organizações tiveram um resultado positivo, apresentando melhorias consideráveis de desempenho qualificadas de acordo com cinco classes: custo, prazos, qualidade, satisfação de clientes e *Return on Investment (ROI)*.

Quintella e Osório (2003) no seu estudo sobre os impactos causados pela utilização das práticas do SW – CMM no desenvolvimento de projetos de *software*, na Dataprev (Empresa de tecnologia e Informações da Previdência Social), nomeadamente na qualidade de produtos de *software* desenvolvido, conforme a visão do cliente. Num total de 20 projetos (9 no nível 1, 5 no nível 2, 3 no nível 3, 2 no nível 4 e 1 não

participou da análise estatística), o seu objetivo foi identificar em que nível do CMM está classificado cada projeto e avaliar a conhecimento que os utilizadores têm da qualidade dos produtos de *software* fornecidos pelos projetos. Com o resultado obtido, chegaram à conclusão que as práticas usadas pelo SW-CMM fornecem a melhoria da qualidade conforme a percepção do cliente.

Feldpusch e Stoll (2006) apresentaram os resultados da utilização do CMMI no nível 4 e concluíram que operar no nível 4 é colocar as medidas em prática quantitativamente, compreender a capacidades dos processos e melhorar o controlo do desempenho.

Tonini, Carvalho, e Spinola (2008), apresentaram os resultados da utilização do CMMI em casos de estudos, efetuados em três empresas brasileiras de desenvolvimento de *software* que implementaram o modelo CMMI e obtiveram melhorias significativas nos seus processos de desenvolvimento. Nos referidos casos de estudos, a primeira e a terceira empresa tinham o nível 2 do modelo CMMI, enquanto a segunda empresa era a única organização brasileira que tinha a certificação SW – CMMI com o nível 4.

Boria (2007), através de uma análise exaustiva elaborada nas organizações que procuram alcançar elevados níveis de maturidade do CMMI (2006), afirmou que as empresas durante a realização das atividades requeridas e exigidas para o nível 3, apenas se preocupam em atender os requisitos das áreas de processo, criando uma série de medidas desnecessárias para a análise estatística exigida no nível 4.

Segundo Boria (2007), existem dois obstáculos para a realização do controlo estatístico de processos, e passo a citá-los:

- A obtenção de dados incorretos que são adquiridos através de análises mal elaboradas e sem qualquer importância para uma utilização futura;
- A escassez de dados a serem analisados.

Em seguida vão ser apresentados alguns conceitos básicos sobre o Modelo CMMI. Serão ainda apresentados não só a sua evolução histórica, como também, as suas principais áreas de atuação. Será feita uma breve descrição do Modelo CMMI – DEV e vão ser apresentados os dois tipos de representação do Modelo CMMI. Por fim serão descritos os principais componentes do Modelo CMMI.

2.1. Capability Maturity Model Integration (CMMI)

O modelo CMMI trata de todo o processo de ciclo de vida do produto desde a sua criação, desenvolvimento, entrega e manutenção (SEI, 2006). O referido modelo tem como objetivo principal a melhoria dos processos das organizações que se dedicam ao desenvolvimento de *software*, fornecendo as melhores e mais recentes práticas para o processo de desenvolvimento e manutenção dos produtos e serviços, permitindo-lhes assim aperfeiçoar os processos de trabalho existentes (SEI 2010).

A intenção do CMMI não é forçar um conjunto de práticas numa organização, mas se o modelo for corretamente implementado pode auxiliar a organização a identificar as áreas específicas que são favoráveis aos objetivos de negócios (McMahon, 2010).

O objetivo do CMMI não é impor e/ou ensinar uma organização sobre o modo como devem ser feitas as melhorias no desenvolvimento de *software*, mas sim, indicar-lhes a melhor forma de aplica-las e onde devem implementadas (Kay, 2005). Assim sendo, caberá a cada organização estudar a melhor forma de implementar as melhorias e adaptá-las às áreas de processo, de acordo com a sua situação atual.

O modelo do CMMI foi feito com o propósito de evitar a utilização de vários modelos CMM's, visto que ele é uma combinação dos modelos, SW – CMM, modelo de maturidade orientado para o desenvolvimento de *software* e SECM (System Engineering Capability Model) modelo de maturidade orientado para a engenharia de sistemas. A fusão destes modelos gerou um *framework* que abrange várias áreas e é suficientemente flexível para sustentar as diversas abordagens (Chrissis, Konrad e Shrum 2003). O objetivo principal do CMMI é auxiliar as empresas de desenvolvimento de *software* a aperfeiçoar a capacidade de seus processos, a progredir no sentido de ter processos bem definidos e disciplinados, com resultados que já tinham sido previstos e melhoria contínua.

2.1.1. Vantagem e Desvantagem do CMMI

A adoção do CMMI deverá permitir atingir um conjunto de vantagens em diversas áreas (Lazzari, 2006), (SEI, 2008):

- Aderência dos processos: As atividades da organização serão ligadas diretamente aos seus objetivos estratégicos de negócio;

- Custo: A redução dos custos dos produtos e dos processos;
- Prazo: Uma melhor estimativa de prazos, com redução do tempo necessário para a realização das tarefas;
- Produtividade: O principal objetivo das organizações é realizar entregas com baixo custo e tempo e isso torna-se possível com a melhoria e padronização dos processos;
- Qualidade: A redução dos defeitos nos processos garante maior qualidade no produto final, garantindo sua confiabilidade;
- Satisfação do cliente: A visibilidade das atividades permite garantir que os produtos ou serviços estejam de acordo com as expectativas dos clientes;

As desvantagens do CMMI centram-se, na necessidade de investir tempo e dinheiro para alcançar a maturidade. A principal desvantagem é a vasta documentação do modelo, que exige um grande conhecimento técnico para a sua implementação (Lazzari, 2006). O CMMI torna-se quase impraticável para organizações pequenas, pelo facto de ser necessário que as empresas invistam fortemente na contratação de consultores e na formação dos seus colaboradores (Kulpa e Johnson, 2008).

Gomes (2009) e Hickerson (2006), apontam que alguns dos pontos negativos deste modelo são os aspetos como burocracia, aumento de custos de desenvolvimento e falta de flexibilidade para pequenas e médias empresas.

São também apresentadas críticas como, insensibilidade face ao contexto organizacional, falta de consideração relativamente a infraestruturas técnicas e organizacionais, foco excessivo na eficiência interna, despreocupação quanto a problemas organizacionais, crença na relação direta “qualidade do processo/qualidade do produto”, desvalorização quanto ao contexto em que surge o produto - “um bom produto num determinado contexto pode ser um mau produto noutra contexto” (Gomes, 2009, p. 16) e falta de orientação ao negócio (Sutherland, Jakobsen e Johnson, 2008).

2.1.2. Evolução do CMMI

O CMM proporciona uma estrutura conceptual para aperfeiçoar de uma forma disciplinada e contínua a gestão e desenvolvimento de *software*. Contudo, não dá garantia de que o *software* vai ser desenvolvido com êxito, e serão resolvidos os problemas de gestão e engenharia. O modelo CMM identifica práticas de melhoria para

processos de *software* com algum grau de desenvolvimento. Contudo, as organizações deverão ter sempre em consideração os objetivos essenciais, tais como, a tecnologia a ser utilizada durante a fase de desenvolvimento e todas as partes envolvidas num determinado projeto para que se possa atingir todos os objetivos previamente definidos.

Seguindo o sucesso do CMM (SW – CMM), foram produzidos outros CMMs, com o objetivo de cobrir outras áreas de interesse, pelo que surgiram os seguintes modelos (Sotille, 2003):

- ***Software Acquisition CMM (SA-CMM)***: Avalia a maturidade de uma organização quando esta seleciona, compra e faz a instalação de *software* desenvolvido por terceiros;
- ***Systems Engineering CMM (SE – CMM)***: Faz a avaliação da maturidade dos processos de engenharia de sistemas da organização. A sua implementação inclui não só o *software* como também o hardware;
- ***People CMM (P – CMM)***: Utilizada para avaliar a maturidade da organização em relação aos processos de administração de recursos humanos, no que diz respeito ao *software*, nomeadamente os processos de recrutamento, seleção, formação de programadores, desenvolvimento e remuneração, etc.;
- ***Integrated Product Development CMM (IPD – CMM)***: É mais completo que o SE-CMM, pelo facto de abranger os processos essenciais à produção e apoio ao produto, como por exemplo, o apoio ao processo de desenvolvimento e ao utilizador. A *Enterprise Process Improvement Collaboration (EPIC)* desenvolveu o IPD – CMM com o objetivo de servir de base para a melhoria dos processos ao longo do período de existência do produto e reunir mais esforços por toda a organização para o processo de desenvolvimento de produtos.

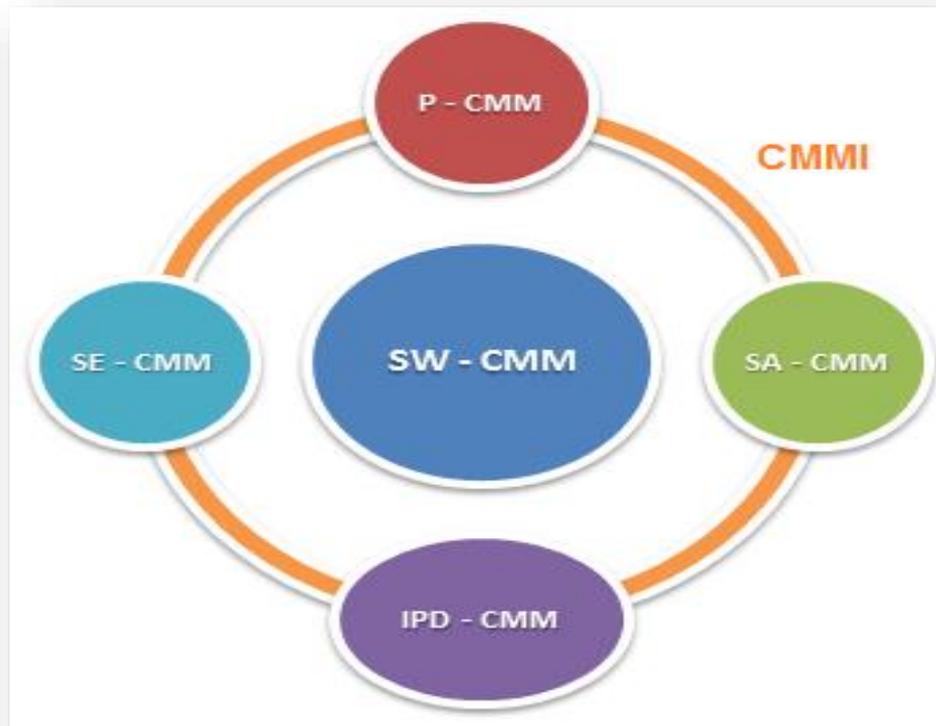


Figura 2 – Representação do CMMI como integrador dos diversos CMMs (Adaptado de Sotille, 2003).

Segundo (Sotille, 2003), o aparecimento de todos esses modelos criou os seguintes problemas:

- Os modelos usavam terminologias diferentes, pelo que um mesmo conceito podia ter diferentes significados e receber nomes diferentes em cada modelo;
- Os modelos avaliavam o progresso de forma diferente ou números de níveis diferentes pelo que a sua estrutura precisava de um formato padrão.
- As organizações que queriam usar mais de que um modelo tinha custos elevados nos processos de formação, avaliação e harmonização.

CMMI surgiu pelo facto de procurarem colmatar as limitações do modelo CMM, com o desenvolvimento de um *framework* normalizado, excluindo as incoerências e ao longo do tempo, sempre que existirem necessidades específicas permitir que sejam incluídos novos modelos.

O modelo CMMI foi desenvolvido sobre os alicerces dos modelos anteriores e com a extensão de novas melhores práticas (SEI, 2006), com os objetivos de:

- Conservar os investimentos que já foram feitos pelas empresas privadas, pelos organismos governamentais, pela indústria e pelos fornecedores, quando for efetuado o processo de transição;
- Agregar os vários modelos existentes de CMM;
- Fazer a implementação de melhorias no SW – CMM, com as experiências que adquiriram com os diagnósticos que foram realizados;
- Diminuir o custo relativo ao desenvolvimento, implementação, formação dos avaliadores oficiais, e das avaliações propriamente dita;
- Unir de uma forma mais explícita as atividades de gestão e engenharia com os objetivos de negócio;
- Ampliar a finalidade e tornar mais visível o ciclo de vida do produto e da atividade de engenharia, para poder garantir que o produto está de acordo com as expectativas do cliente;
- Agregar as lições aprendidas (*lessons learned*), dando mais importância às atividades de gestão de risco, gestão de cadeia de fornecedores, medição, e estudo;
- Executar mais práticas de robustez de maturidade;
- Considerar de forma mais adequada as práticas mais importantes da ISO 9001;

O modelo CMMI foi concebido com bases sólidas, mas necessitará sempre do apoio da gestão de topo e também, do domínio do saber, competência técnica, comunicação e esforço de toda a equipa envolvida, para poder alcançar o objetivo proposto (Couto, 2007).

O primeiro modelo CMMI foi desenvolvido no ano 2000, mais concretamente, o CMMI – DEV ou simplesmente CMMI versão 1.02, e foi desenvolvido para ser usado por empresas no ramo da engenharia de *software* que procuram constantemente o aperfeiçoamento dos seus processos corporativos. Após um período de dois anos foi lançada a versão 1.1 e quatro anos depois foi a versão 1.2.

Na figura 3, está ilustrada uma breve descrição sobre a evolução histórica dos vários modelos que conduziram ao desenvolvimento do CMMI versão 1.3, que é a peça crucial para o desenvolvimento deste trabalho.

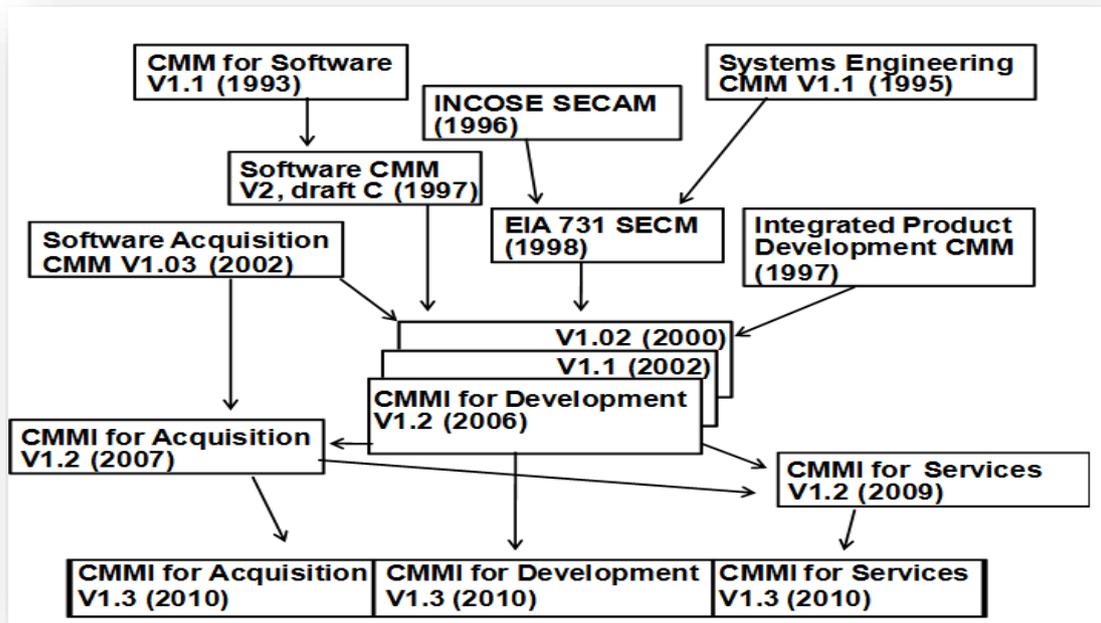


Figura 3 – A Evolução Histórica dos CMMs (SEI, 2010).

É de referir que, o nome do primeiro modelo CMMI teve de ser alterado para CMMI – DEV, visto que, quando foi lançado a versão 1.2 do CMMI, dois outros modelos CMMI já estavam planeados, e devido a esse ligeiro atraso na conceção e planeamento, foi criado um conjunto de componentes do CMMI.

Estes componentes são usados para produzir modelos, materiais didáticos, e documentos de avaliação relativos a uma área de interesse, como por exemplo, aquisição, desenvolvimento e serviços. A esse modelo de desenvolvimento denomina-se CMMI (SEI, 2010).

O CMMI para aquisição foi desenvolvido em 2007, com base no modelo CMMI para o Desenvolvimento versão 1.2, e por isso foi também designado versão 1.2.

O modelo CMMI para Serviços foi desenvolvido dois anos mais tarde, e também recebeu a designação de 1.2, porque foi baseado nos dois modelos anteriores.

No ano de 2008 devido a necessidade de inovar a prestação os serviços aos clientes, foram implementados novas estratégias para o desenvolvimento da versão 1.3 do modelo CMMI, tendo como objetivo principal garantir e assegurar a coerência entre os três modelos (CMMI para Aquisição, CMMI para o Desenvolvimento e CMMI para os Serviços), aperfeiçoando e unindo todos os modelos existentes com um material contendo um elevado grau de maturidade.

Após vários anos de planificação e implementação, foi lançado em Novembro de 2010, os principais módulos do modelo CMMI na versão 1.3. São eles

- CMMI para Aquisição [Gallagher 2011, 2010B SEI],
- CMMI para o Desenvolvimento [Chrissis 2011],
- CMMI para os Serviços [Forrester 2011, SEI 2010].

2.1.3. Áreas de Atuação

As disciplinas ou áreas abordadas pelo modelo CMMI atualmente são: engenharia de sistemas, engenharia de *software*, desenvolvimento integrado de processo e produtos e contratação de fornecedores [Chrissis, Konrad e Shrum 2003].

Na tabela 1 são apresentadas de uma forma resumida as principais áreas de cobertura do Modelo CMMI:

Corpo de Conhecimento/Disciplinas	Cobertura
Engenharia de sistemas	Cobre o desenvolvimento de sistemas completos, que podem ou não incluir <i>software</i> . Focaliza na transformação de necessidades, expectativas e limitações de clientes, em produtos e apoia esses produtos no decorrer do seu ciclo de vida.
Engenharia de <i>software</i>	Cobre o desenvolvimento de sistemas de <i>software</i> , com foco em abordagens sistemáticas, disciplinadas e quantificáveis para o desenvolvimento, operação e manutenção do <i>software</i> .
Desenvolvimento integrado de produtos e processos	Abordagem sistemática que possibilita a colaboração nos momentos corretos de <i>stakeholders</i> ³ relevantes ao desenvolvimento durante a vida do produto, de forma a satisfazer as expectativas do cliente. Alguns processos da organização estão incorporados nos processos que sustentam esta disciplina.

⁴ *Stakeholders*: São pessoas e organizações que estão envolvidos no projeto de forma ativa ou quando os interesses podem ser afetados positiva ou negativamente com o resultado da realização ou do termo do projeto. Podem exercer influência tanto sobre o projeto como também sobre os resultados (PMBOK Guide, 2008)

Uso de fornecedores	Cobre os processos de análise, seleção e controle das atividades dos fornecedores antes de ser entregue o produto.
----------------------------	--

Tabela 1 – Áreas de Conhecimento/Disciplinas abordadas no modelo CMMI (adaptado de (Miguel, 2008)).

2.2. CMMI for Development (CMMI - DEV)

O modelo CMMI – DEV, é uma versão do modelo CMMI desenvolvido pelo SEI especificamente para a área do desenvolvimento, com o objetivo de fornecer uma solução mais abrangente e integrada para os processos de desenvolvimento e manutenção dos produtos e serviços (SEI 2010).

De acordo com o que foi dito anteriormente, o objetivo principal do CMMI – DEV, é ajudar as empresas no aperfeiçoamento dos seus processos de desenvolvimento e manutenção de produtos. Contudo, para isso será necessário ter em conta um conjunto de regras e boas práticas que envolvem todos os processos de suporte e que são utilizados no processo de desenvolvimento e manutenção de produtos e serviços, tais como, Gestão de Projeto, Gestão de Processo, Engenharia de Sistemas, Engenharia de *Hardware* e Engenharia de *Software*.

A escolha de um modelo para uma organização deve ser efetuada de uma forma cautelosa, levando sempre em consideração uma análise profissional e com bom senso acima de tudo. Entretanto, apesar das áreas de processo incluídas neste modelo, apresentarem definições que são consideradas como sendo as melhores práticas para todos os utilizadores, essas áreas de processos e práticas tem que ser interpretadas com um conhecimento aprofundado do modelo CMMI – DEV, tendo em conta as limitações organizacionais e o ambiente de negócio.

O CMMI – DEV possibilita diversas abordagens para o melhoramento de processo, incluindo os principais elementos de uma ou mais disciplinas agregadas ao processo de desenvolvimento de um produto, traçando um caminho para uma melhoria evolutiva a partir de processos imaturos, *ad hoc*, até aos processos disciplinados, eficazes, e com qualidade (Portela 2012).

Assim sendo, o referido modelo utiliza duas formas de representação: a contínua e a faseada, que vão ser descritas detalhadamente na próxima secção.

2.3. Tipos de Representação do Modelo CMMI

As áreas de processo são os blocos básicos de qualquer modelo CMMI, sendo que a estrutura dessas áreas é apresentada sobre a forma de representação. Segundo o SEI, o modelo CMMI permite às empresas efetuar uma análise da melhoria e avaliação de processos usando duas representações distintas, de acordo com os seus interesses (SEI, 2006).

O SEI propõe duas representações do modelo CMMI, ambas contendo essencialmente a mesma informação e são eles: a **representação faseada** e a **contínua**. Para SEI (2006), pode-se diferenciar as duas representações da seguinte forma:

- **Representação contínua:** a abordagem contínua é mais flexível, porém é difícil de administrar. Destina-se a empresas que não precisam de executar todas as áreas de processo, dando prioridade a melhoria de áreas com um carácter mais relevante e/ou de maior urgência (Maria Carvalho, 2007);
- **Representação faseada:** utiliza o conceito de nível de maturidade para caracterizar o estado dos processos da organização referentes ao modelo como um todo.

A seguir serão descritos de uma forma detalhada os dois tipos de representação do modelo CMMI existentes atualmente no mercado empresarial.

2.3.1. Representação Faseada do Modelo CMMI

A representação faseada do modelo CMMI baseia-se numa história de sucessos, apresentando uma série de casos de estudos e dados que demonstram e comprovam o ROI (*Return of Investment*) de uma determinada empresa (SEI, 2006) e corresponde à abordagem usada no modelo SW – CMM. A referida representação oferece um mapa contendo todos os passos bem detalhados que permitem a uma determinada empresa atingir um certo grau de maturidade no processo de melhoria. Esta representação descreve de uma forma sequencial, a execução a ser seguida pelas áreas de processo utilizando níveis de maturidade, proporcionando uma abordagem que já foi provada para o processo de melhoria.

A sua implementação deverá ser executada passo-a-passo, seguindo uma sequência pré-definida. Quando uma empresa atinge um determinado nível, terá a

garantia de ter uma base adequada de melhorias, com isso diminuir os investimentos e riscos e aumentar os benefícios esperados para o próximo nível. Pode-se afirmar então que, quando uma empresa atinge um elevado nível de maturidade os seus processos serão melhorados e inovados continuamente. A representação faseada é caracterizada por cinco níveis de maturidade, para apoiar e orientar a melhoria do processo.



Figura 4 – Estrutura da Representação Faseada (Adaptado de SEI, 2006).

A melhoria contínua dos processos da organização é alcançada percorrendo de forma evolutiva os cinco níveis de maturidade do modelo, conforme estão descritos na tabela 2.

Níveis de Maturidade	Níveis de maturidade da Representação Faseada do modelo CMMI
1	Inicial (<i>Initial</i> ou <i>Ad-hoc</i>)
2	Gerido (<i>Managed</i> ou <i>Repeatable</i>)
3	Definido (<i>Defined</i>)
4	Gerido Quantitativamente (<i>Quantitatively Managed</i>)
5	Em otimização (<i>Optimizing</i>)

Tabela 2 – Níveis de Maturidade da Representação Faseada (Adaptado de SEI, 2006).

Na representação faseada, cada área de processo é constituída por objetivos específicos e genéricos. É de referir que, cada um destes objetivos específicos e genéricos possui um conjunto de práticas específicas e genéricos, que descrevem as atividades mais importantes para o cumprimento da área em análise. Esta melhoria é medida através dos níveis de maturidade que retratam a execução das práticas (ver figura 4).

Segundo SEI (SEI, 2001) a representação faseada possui as seguintes características:

- Apresenta uma sequência de melhorias, com início em práticas básicas de gestão, evoluindo ao longo dos sucessivos níveis, onde cada um serve de suporte para os próximos níveis;
- Possibilita a comparação entre várias empresas no que diz respeito aos seus níveis de maturidade;
- Possibilita que seja efetuada uma fácil migração do SW-CMM para o CMMI;
- Fornece um *score* único, que resume o resultado da avaliação e permite uma comparação entre empresas.

2.3.2. Representação Contínua do Modelo CMMI

A representação contínua do modelo CMMI advém de uma estratégia usada no SECM e no IP-CMM, oferecendo uma abordagem mais flexível para a melhoria de processos (Chrissis et al., 2003), ou seja, cada área de processo poderá ser classificada separadamente por um nível de capacidade. Esta representação foi planeada e concebida para ajudar empresas que pretendem escolher uma determinada área de processo ou um conjunto de processos a serem melhorados, com base em problemas específicos ou um conjunto de áreas diretamente relacionadas com os seus objetivos de negócio. (Couto, 2007).

As organizações podem usar uma ordem de melhoria que vai ao encontro dos objetivos de negócio e aperfeiçoar determinados processos em ritmos diferentes.

Cada área de processo poderá ser classificada de forma separada utilizando níveis de capacidade, logo uma organização poderá ter áreas de processo no nível 1 e

outras no nível 2, de uma forma sucessiva. Contudo, isso irá permitir que uma determinada empresa centralize os seus esforços na melhoria das áreas mais importantes para o desenvolvimento como um todo, tendo em conta os objetivos de negócio e oportunidades de melhoria.

As áreas de processo da representação contínua estão organizadas em 6 níveis de capacidade, onde cada nível possui um percurso evolutivo para aperfeiçoar cada área de processo, representados pelos números de 0 a 5 (ver tabela 3).

Níveis de Capacidade	Níveis de Capacidade da Representação Contínua do modelo CMMI
0	Incompleto (<i>Incomplete</i>)
1	Executado (<i>Performed</i>)
2	Gerido (<i>Managed</i>)
3	Definido (<i>Defined</i>)
4	Gerido Quantitativamente (<i>Quantitatively Managed</i>)
5	Otimizado (<i>Optimizing</i>)

Tabela 3 – Níveis de Capacidade da Representação Contínua (Adaptado de SEI, 2006).

De acordo com a tabela 3 o SEI afirma que, uma determinada empresa poderá utilizar uma ordem de melhoria que lhe permita alcançar os objetivos de negócio definidos, podendo melhorar processos diferentes em ritmos diferentes. No entanto, poderão sempre existir alguns limites na escolha, devido às dependências entre as áreas de processo.

Digamos que, se por uma hipótese uma determinada empresa conhece os processos que precisam de ser melhorados e percebe as dependências entre as áreas de processo descritas no CMMI, a representação contínua é uma boa escolha para esta organização.

Na representação contínua tal como na representação faseada, cada área de processo possui os seus objetivos específicos e genéricos, que por sua vez, possuem as suas respetivas práticas específicas e genéricas. Contudo, a melhoria desses processos poderá ser medida através de níveis de capacidade que refletem a execução, conforme se pode observar na figura 5.

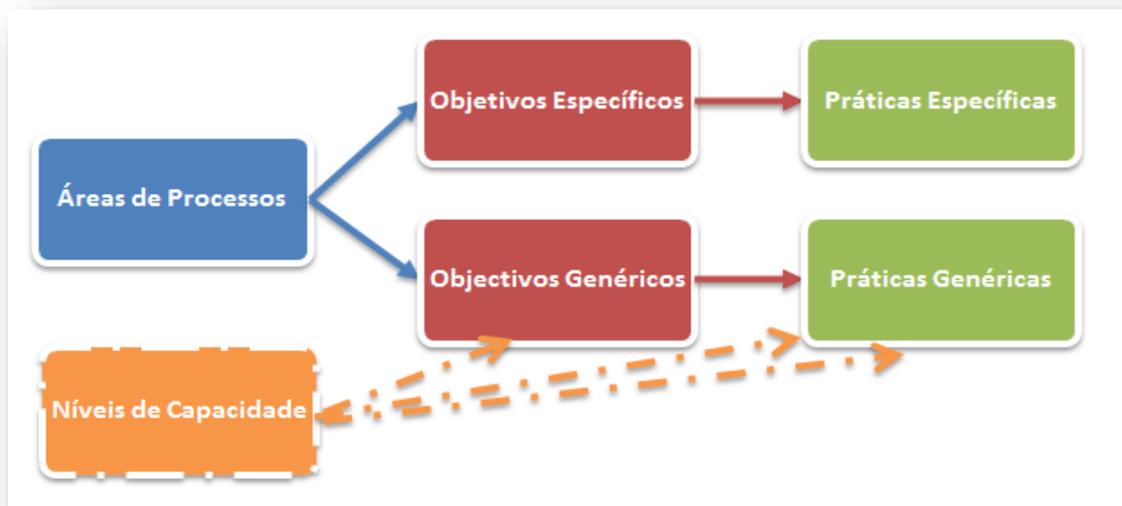


Figura 5 – Estrutura da representação Contínua (Adaptado de SEI, 2006).

De acordo com SEI (SEI, 2001) a representação contínua possui as seguintes características:

- Possibilita selecionar um conjunto de melhorias que satisfazem os objetivos de negócio a as áreas de risco da organização;
- Possibilita a comparação entre organizações no que diz respeito às suas áreas de processo;
- Possibilita uma fácil migração da EIA/IS 731 para o CMMI;
- Devido à sua semelhança com as áreas de processo da ISO/IEC 15504, esta representação permite elaborar uma fácil comparação no que diz respeito à melhoria de processos.

2.3.3. Representação Faseada vs Representação Contínua

Neste ponto será apresentado de uma forma resumida um quadro comparativo (ver tabela 4) entre as duas formas de representação do modelo de CMMI, descrevendo as principais vantagens das respectivas representações.

Representação Faseada	Representação Contínua
Introduz uma sequência de melhorias, começando com práticas básicas de gestão e progredindo por um caminho predefinido e comprovado de níveis sucessivos, cada um servindo como base para o próximo.	Permite liberdade para selecionar a sequência das evoluções que melhor se encaixa nos objetivos da organização e minimiza as áreas de risco da mesma.
Foca-se num conjunto de áreas de processo que fornece à organização capacidade específica, característica de cada nível de maturidade.	Permite maior visibilidade da capacidade alcançada dentro de cada área de processo.
Práticas genéricas são agrupadas por características comuns que se aplicam a todas as áreas de processo em todos os níveis de maturidade.	Permite que as práticas genéricas de níveis mais altos sejam aplicadas a todas as áreas de processo.
Permite uma fácil comparação entre organizações porque os resultados do processo de melhoria são resumidos num único número, representando o nível de maturidade.	Devido ao facto dos níveis de capacidade serem medidos pelas áreas de processo, comparações entre organizações somente podem ser feitas entre áreas de processo.
Construído sobre um longo histórico de uso que inclui estudo de casos e dados, que demonstram retorno comprovado do investimento.	Reflete uma nova abordagem que ainda não possui dados que demonstrem o retorno dos investimentos.
Fornece uma avaliação do nível de maturidade frequentemente usada na comunicação da gestão interna, indicações externas à organização e durante aquisições. Áreas de processo são organizadas por níveis de maturidade.	Fornece uma avaliação do nível de capacidade usada para melhoria dentro da organização e que é raramente comunicada externamente.
Áreas de processo são organizadas por níveis de maturidade.	Áreas de processo são organizadas por categorias de áreas de processo.
A melhoria é medida usando níveis de maturidade que refletem a execução simultânea de múltiplas áreas de processo.	A melhoria é medida usando níveis de capacidade que refletem a execução incremental de uma determinada área de processo.
Existem cinco níveis de maturidade de 1 a 5.	Existem seis níveis de capacidade, de 0 a 5.
Apenas as práticas genéricas aplicáveis aquele nível de maturidade são listadas nas áreas de processo daquele nível.	Todas as práticas genéricas são listadas em cada uma das áreas de processo.
Existem práticas genéricas para os níveis de	Existem práticas genéricas para os níveis de

Tabela 4 – Quadro comparativo das Representações do Modelo CMMI (Adaptado de SEI, 2010).

2.4. Componentes do Modelo CMMI

O modelo CMMI foi desenvolvido para descrever os diferentes níveis de melhoria de processos. Os seus principais componentes são os níveis de maturidade, que possuem diferentes áreas de processo, e que por sua vez são constituídas por objetivos e práticas genéricas e específicas. Na figura 6 pode-se observar a representação hierárquica dos componentes do Modelo CMMI.

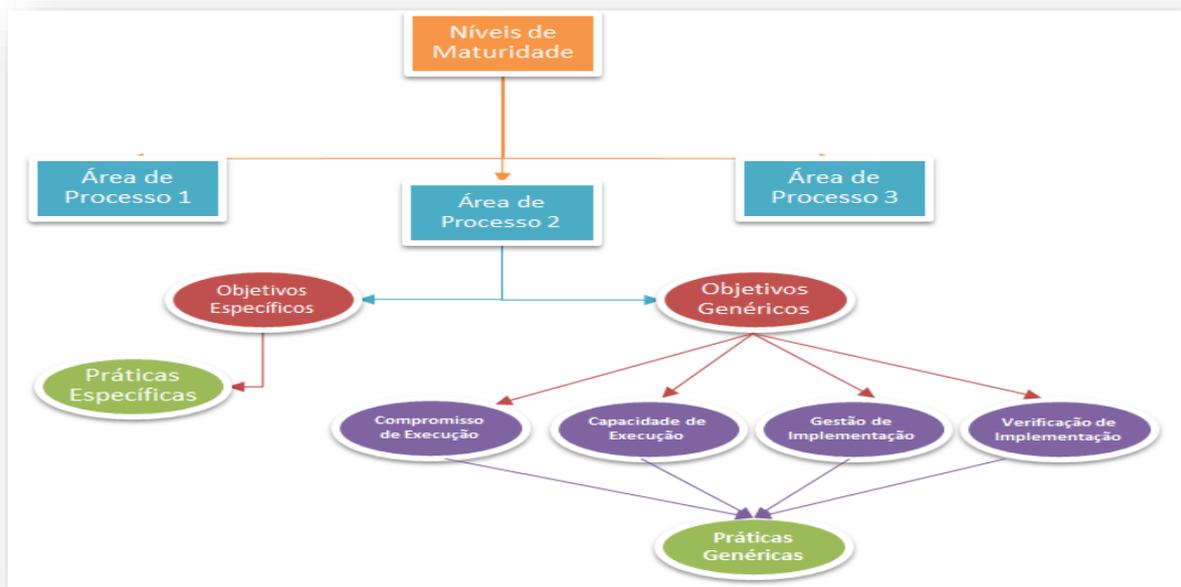


Figura 6 – Componentes do modelo CMMI (Adaptado de SEI, 2010).

Esta representação tem como objetivo principal as boas práticas que uma organização deverá ter para usar e melhorar os processos correspondentes às áreas de processo que estão dentro do nível de maturidade que se escolheu atingir.

O primeira tarefa a ser efetuada antes de utilizar o modelo CMMI para a melhoria dos processos, é o mapeamento dos processos da organização com as áreas de processo do CMMI. Com este mapeamento será possível controlar a melhoria dos processos na organização, e auxiliar a identificar o nível de conformidade da organização com o modelo CMMI a ser utilizado. É de referir que, não será obrigatório o mapeamento de cada área de processo numa ordem de um para um com os processos da organização.

Os componentes do modelo CMMI podem ser agrupados em três categorias que refletem a forma como devem ser interpretados (SEI 2010). São eles:

- **Componentes Requeridos (*Required Components*):** são os componentes do CMMI que são fundamentais para a concretização de melhoria de processo numa determinada área de processo. Os componentes devem estar implementados de uma forma visível nos processos de uma organização. Esses componentes requeridos são os objetivos específicos e genéricos. As avaliações são efetuadas utilizando como base a satisfação dos objetivos, para decidir se uma área de processo foi cumprida.
- **Componentes Esperados (*Expected Components*):** são componentes do CMMI, que descrevem as atividades mais importantes para a obtenção de um componente requerido. Os componentes esperados conduzem os componentes requeridos para a implementação de melhorias ou realização de avaliações. Esses componentes esperados são as práticas específicas e genéricas. Os objetivos são considerados como satisfeitos, quando suas práticas, tal como foi redigido, estão presentes nos processos planeados e implementados pela organização.
- **Componentes Informativos (*Informative Components*):** são componentes do CMMI que auxiliam os utilizadores do modelo a compreender os componentes requeridos e esperados. Os componentes informativos deste modelo são a elaboração de práticas genéricas, subpráticas, notas, referências, títulos dos objetivos, títulos das práticas, as fontes e os exemplos dos produtos de trabalho.

O material informativo é importante na fase de compreensão do modelo. Às vezes, é impossível descrever de forma adequada o comportamento que é exigido ou esperado de uma organização, usando só uma declaração de prática ou objetivo. O material informativo do modelo é muito importante, visto que fornece as informações cruciais que são necessárias para uma correta percepção dos objetivos e práticas.

De seguida irão ser apresentados, os diversos componentes do modelo CMMI de acordo com SEI 2010:

- **Áreas de Processo (Process Areas):** é um conjunto de práticas relacionadas numa determinada área que, quando são implementadas coletivamente, satisfazem um conjunto de objetivos que são considerados importantes para a obtenção de melhoria significativa nessa área. São 22 áreas de processo do modelo CMMI, que mostram o caminho a percorrer para atingir os objetivos, que são comuns tanto na representação faseada, como na contínua. As áreas de processo na representação faseada estão organizadas por 5 níveis de maturidade, em que em cada nível tem várias áreas de processo a serem implementadas. Para que uma organização se certifique num determinado nível de maturidade do CMMI, tem que implementar todas as áreas de processo desse nível e as dos níveis anteriores. Por exemplo, uma organização que pretende certificar no CMMI nível 4, terá de implementar não só todas as áreas de processo do nível 4 mas também todas as do nível 2 e 3.

Na tabela a seguir estão apresentados de uma forma resumida, os diferentes níveis de maturidade e as suas respetivas áreas de processo, segundo a representação faseada.

ID	Níveis de Maturidade	Áreas de Processos
5	Otimizado	Inovação na Organização e Disseminação - OID Análise Causal e Resolução – CAR
4	Gerido Quantitativamente	Desempenho de Processo Organizacional - OPP Gestão Quantitativa de Projeto – QPM
3	Definido	Desenvolvimento de Requisitos - RD

2	Gerido	Solução Técnica - TS
		Integração do Produto - PI
		Verificação - VER
		Validação - VAL
		Foco no processo da Organização - OPF
		Definição dos Processos da Organização - OPD
		Formação - OT
		Gestão Integrada do Projeto para IPPD - IPM for IPPD
		Gestão de Riscos - RSKM
		Análise da Decisão e Resolução – DAR
		Gestão de Requisitos - REQM
		Planeamento de Projeto - PP
1	Inicial	Monitorização e Controlo de Projeto - PMC
		Gestão de Acordos com Fornecedores - SAM
		Medidas e Análises - MA
		Garantia de Qualidade dos Processos e Produtos - PPQA
1	Inicial	N/A

Tabela 5 – Áreas de processo da representação faseada (Adaptado de Jones et al., 2002).

Na representação contínua, cada área de processo é considerada de forma isolada, ou seja, não se encontra atribuído a nenhum nível em particular. Logo, cada área de processo recebe a sua própria classificação, que vai do nível 0 ao nível 5 do modelo. Por exemplo, uma organização pode empenhar-se para atingir o nível de capacidade 2 numa área de processo e o nível de capacidade 4 noutra área de processo.

Na tabela a seguir estão apresentados de uma forma resumida, as diferentes categorias do modelo CMMI e as suas respetivas áreas de processo, com base na representação contínua.

Categorias	Áreas de Processo
Gestão de Processo	Focos no processo da Organização - OPF
	Definição do Processo da Organização - OPD
	Formação - OT
	Desempenho de Processo Organizacional - OPP
	Inovação na Organização e Disseminação - OID
Gestão de Projetos	Planeamento de Projeto - PP
	Monitorização e Controlo de Projeto - PMC

Engenharia	Gestão de Acordos com Fornecedores - SAM
	Gestão Integrada do Projeto para IPPD - IPM for IPPD
	Gestão de Riscos - RSKM
	Gestão Quantitativa de Projeto – QPM
	Gestão de Requisitos - REQM
	Desenvolvimento de Requisitos - RD
	Solução Técnica - TS
	Integração do Produto - PI
	Verificação - VER
	Validação – VAL
Suporte	Gestão de Configuração - CM
	Garantia de Qualidade dos Processos e Produtos - PPQA
	Medidas e Análises - MA
	Análise da Decisão e Resolução - DAR
	Análise Causal e Resolução – CAR

Tabela 6 – Áreas de processo da representação contínua (adaptado de (Jones et al., 2002)).

- **Objetivos Específicos (*Specific Goals*):** descreve as características únicas que devem estar sempre presentes para satisfazer a área de processo. É um componente obrigatório do modelo e é usado nas avaliações para determinar se uma área de processo está satisfeita.
Por exemplo, um objetivo específico da área de processo “Gestão de Configuração” é “Estabelecer e manter a integridade das *baselines*”. O componente requerido do modelo, é só a declaração do objetivo específico, enquanto os componentes informativos do modelo são o título do objetivo específico (precedido pelo número do objetivo) e notas associadas ao objetivo.
- **Práticas Específicas (*Specific Practices*):** descreve as atividades consideradas importantes para alcançar o objetivo específico associado. Por exemplo, uma prática específica da área de processo “Monitorização e controle do projeto” é “Monitorizar os compromissos de acordo com o plano do projeto”. A declaração da prática específica é um componente esperado do modelo, enquanto os componentes

informativos do modelo são o título de uma prática específica (precedida pelo número de prática) e notas associadas a prática específica.

- **Objetivos Genéricos (*Generic Goals*):** são chamados "genéricos" porque a mesma descrição do objetivo é válida para múltiplas áreas de processo. Descrevem as características que devem estar presentes para institucionalizar processos que são implementados numa área de processo. São utilizados em avaliações para determinar se uma área de processo está satisfeita.

Por exemplo, um objetivo genérico é "O processo é institucionalizado como um processo definido." É um componente requerido do modelo e enquanto os componentes informativos do modelo são o título de um objetivo genérico (precedido pelo número do objetivo) e notas associadas ao objetivo.

- **Práticas Genéricas (*Generic Practices*):** são chamadas "genéricas" porque a mesma prática aparece em várias áreas de processo. As práticas genéricas reunidas com o objetivo genérico descrevem as atividades consideradas como as mais importantes na realização do objetivo genérico e contribui para a institucionalização dos processos que fazem parte da área de processo.

Por exemplo, uma prática genérica para o objetivo genérico "O processo é institucionalizado como um processo gerido" é "Disponibilizar recursos adequados para a realização do processo, o desenvolvimento dos produtos de trabalho e fornecimento dos serviços do processo". É um componente esperado do modelo, enquanto os componentes informativos do modelo, são o título de uma prática genérica (precedido pelo número da prática) e notas associadas com a prática.

- **Características Comuns (*Common Features*):** É constituído por quatro características comuns que organizam as práticas genéricas de cada área de processo:

1. **Compromisso de Execução (*Commitment to Perform (CO)*):** junta as práticas relacionadas com a definição de políticas e responsabilidades;
2. **Capacidade de Execução (*Ability to Perform (AB)*):** engloba as práticas com as descrições das pré-condições do projeto, para permitir uma implementação adequada do processo.

3. **Gestão de Implementação (*Directing Implementation (DI)*):** faz uma junção das práticas relacionadas com a gestão de desempenho do processo.
 4. **Verificação de Implementação (*Verifying Implementation (VE)*):** esta característica faz uma articulação das práticas que possibilitam rever junto do gestor e efetivamente avaliar a conformidade com processos, procedimentos e normas.
- **Níveis de Maturidade (*Maturity Levels*):** O nível de maturidade de uma organização providencia uma maneira de prever o seu desempenho futuro dentro de uma dada disciplina ou conjunto de disciplinas. Experiências mostram que as organizações alcançam o seu potencial quando focalizam os seus esforços de melhoria de processos num número conveniente de áreas de processo, que exigem um esforço crescente, seguindo o nível de melhoria da organização. A seguir será feita uma breve descrição de cada um dos níveis de maturidade do modelo CMMI – DEV:



Figura 7 – Níveis de Maturidade do CMMI-DEV (Adaptado de SEI, 2010)

- **Nível 1 – Inicial:** Neste nível de maturidade, os processos são normalmente *ad-hoc* e caóticos e a organização não é constituída por um ambiente estável. O sucesso destas organizações depende exclusivamente da competência e capacidades das pessoas que fazem parte dessa organização e

não no uso de processos comprovados. As organizações no nível de maturidade 1 produzem serviços e produtos que funcionam de forma frequente, mas também na maioria das vezes excedem o orçamento e prazos que foram estipulados nos seus projetos. As organizações neste nível, caracterizam-se por ter uma tendência de não cumprir os prazos estipulados, de abandonarem os procedimentos em tempo de crise e pela dificuldade em repetir os sucessos passados (não-reutilização de produtos e/ou serviços funcionais).

- **Nível 2 – Gerido:** No nível 2 de maturidade, a organização já cumpriu e atingiu todos os objetivos genéricos e específicos das áreas de processo desse mesmo nível, ou seja os projetos da organização garantem que os requisitos, produtos de trabalho e serviços são geridos e os processos são planejados, executados, medidos e controlados. A disciplina de processo refletida pelo nível 2 de maturidade, auxilia a garantir que as práticas já existentes são mantidas durante momentos de *stress* e crises, possibilitando que os projetos sejam desenvolvidos e geridos de acordo com os planos documentados.

Os compromissos são estabelecidos entre os *stakeholders* mais importantes e são revistos e controlados sempre que necessários. Os produtos e serviços satisfazem os seus requisitos específicos bem como normas e objetivos definidos.

- **Nível 3 – Definido:** No nível 3 de maturidade, os processos são bem caracterizados e compreendidos e são descritos em *standards*, procedimentos, ferramentas e métodos. Neste nível a organização já cumpriu e alcançou todos os objetivos específicos e genéricos das áreas de processo dos níveis de maturidade 2 e 3. A base do nível 3 é constituída por um conjunto de processos normalizados da organização. Estes processos são estabelecidos e aperfeiçoados ao longo do tempo sendo utilizados para promover uma consistência por toda a organização.

Os gestores estabelecem objetivos de processos baseados num conjunto de processos *standard* da organização, garantindo que os mesmos são executados de forma adequada.

Os processos são descritos com maior detalhe e rigor do que no nível 2. São geridos de uma forma mais proactiva, utilizando uma compreensão das inter-relações das atividades e medidas detalhadas dos processos, produtos e serviços.

- **Nível 4 – Gerido Quantitativamente:** No nível 4 de maturidade, são selecionados os subprocessos que contribuem de forma significativa para a melhoria dos processos gerais. Esses subprocessos são controlados utilizando técnicas quantitativas e estatística. Os objetivos quantitativos para a qualidade e desempenho dos processos são estabelecidos e baseados nas necessidades do cliente, utilizadores finais, organização e implementadores de processos. A qualidade e o desempenho dos processos são compreendidas em termos estatísticos e são geridos ao longo do seu ciclo de vida, sendo integrados na gestão do repositório da organização para dar suporte à tomada de decisões futuras.

A diferença crítica entre os níveis de maturidade 3 e 4 é a previsibilidade do desempenho dos processos. No nível 4 de maturidade, o desempenho dos processos é controlada utilizando técnicas quantitativa e estatísticas, sendo previsível quantitativamente.

Neste nível a organização já cumpriu e atingiu todos os objetivos específicos das áreas de processo dos níveis de maturidade 2, 3 e 4 e os objetivos genéricos dos níveis de maturidade 2 e 3.

- **Nível 5 – Otimizado:** O nível 5 de maturidade, foca na melhoria contínua do desempenho dos processos através do incremento de melhorias e de inovação tecnológica. Os objetivos de melhoria de processos quantitativos são estabelecidos e revistos constantemente de modo a apresentar mudanças nos objetivos de negócio, sendo utilizados como norma na gestão da melhoria dos processos. Os resultados dessa melhoria são medidos e avaliados *versus* os objetivos de melhoria dos processos quantitativos. O alvo das atividades de melhoria, são os processos definidos e o conjunto dos processos *standard* da organização. As melhorias dos processos são identificadas, avaliadas e implementadas *versus* o custo e impacto na

organização. O desempenho dos processos da organização é melhorado de forma contínua.

A diferença crítica entre os níveis de maturidade 4 e 5 é o tipo de variação de processos considerado. No nível 5, os processos estão centralizados na investigação das causas comuns da variação e alteração dos processos, na melhoria do desempenho e na obtenção dos objetivos de melhoria de processos quantitativos estabelecidos.

Neste nível a organização já cumpriu e atingiu todos os objetivos específicos das áreas de processo do nível 2, 3, 4 e 5 e os objetivos genéricos dos níveis de maturidade 2 e 3.

Como cada nível de maturidade tem como base o nível anterior, saltar níveis de maturidade é normalmente contra produtivo. Um processo definido no nível 3 pode ser posto em risco se as práticas de gestão do nível 2 estiverem definidas e implementadas incorretamente. Por exemplo, uma má gestão pode gerar um planejamento de compromisso deficiente ou levar à falha do controle de mudanças nos requisitos de base (Jokela t., Lalli t. 2003).

2.5. Avaliação no CMMI

Uma empresa pode proceder a uma avaliação formal do CMMI, respeitando um conjunto de características, disponibilizadas pelo SEI. Essa avaliação formal do CMMI para a melhoria de processos chama-se SCAMPI (*Standard CMMI Appraisal Method for Process Improvement*).

As avaliações SCAMPI são uma auditoria realizada à empresa com o objetivo de validar o nível de maturidade pretendido, respondendo aos objetivos específicos de cada área desse nível. Ajudam as organizações a identificar os pontos fortes e pontos fracos dos seus processos, a revelar os riscos de desenvolvimento e a definir prioridades para planos de melhoria.

A avaliação SCAMPI é formada de três fases que agregam onze atividades essenciais:

Fases	Processo
Planeamento e Preparação	Análise de requisitos; Desenvolvimento do plano de avaliação; Seleção e preparação da equipa; Obtenção e análise das evidências iniciais; Preparação para a obtenção de evidências.
Avaliação	Análise das evidências; Verificação e validação das evidências; Documentação das evidências; Gestão dos resultados da avaliação.
Apresentação dos Resultados	Apresentação dos resultados da avaliação; Arquivo dos resultados da avaliação.

Tabela 7 – Fases do método SCAMPI

1. Planeamento e Preparação:

Na fase de Planeamento e Preparação devem ser realizadas as seguintes atividades:

- Análise de Requisitos: Compreender as necessidades do negócio para as quais a avaliação está a ser executada;
- Desenvolvimento do plano da avaliação: Registrar os requisitos do plano de avaliação, acordos, estimativas, riscos, métodos de adaptação e considerações práticas associadas à avaliação;
- Seleção e preparação da equipa de avaliação: Deverá ser uma equipa treinada, experiente e apropriadamente qualificada para conduzir o processo de avaliação;
- Obtenção e análise das evidências iniciais: Obter informações que identifiquem áreas potencialmente problemáticas ou falhas na implementação das práticas;
- Preparação para a obtenção de evidências: Planear e documentar a coleção de dados incluindo as fontes de dados, ferramentas e técnicas a serem usadas e contingências para gerir o risco da falta de dados.

2. Avaliação:

Na fase de avaliação no local devem ser realizadas as seguintes atividades:

- **Análise das evidências:** Adquirir informação acerca das práticas implementadas na empresa e relatar os dados resultantes para o modelo de referência da avaliação; Efetuar atividades de acordo com o plano de obtenção de dados; Realizar ações corretivas e revisão ao plano de obtenção de dados se for necessário;
- **Verificação e validação das evidências:** Verificação da implementação das práticas na empresa para cada ponto do plano; Cada implementação de cada prática é verificada de maneira a que possa ser comparada com o modelo das práticas da avaliação; Descrever as falhas na implementação das práticas; Os pontos fracos encontrados são validados com os membros da empresa; Os pontos fortes podem ser realçados e são incluídos também nos resultados da avaliação;
- **Documentação das evidências:** Identificar, consolidar os dados e transformá-los em registos que documentem a implementação das práticas, assim como suas forças e fraquezas;
- **Gestão dos resultados da avaliação:** Medir a satisfação dos objetivos com base na extensão da implementação da prática através da unidade organizacional; A extensão da implementação da prática é determinada com base nos dados validados e colecionados de toda a amostra das unidades organizacionais; A medida do nível de capacidade ou nível de maturidade é orientada algoritmicamente pela medida de satisfação do objetivo.

3. Apresentação dos Resultados:

A última fase do modelo SCAMPI é a apresentação dos resultados. Nesta fase devem ser realizadas as seguintes atividades:

- **Apresentação dos resultados da avaliação:** Disponibilizar resultados da avaliação que podem ser usados como guia para as ações de melhoria. As forças e as fraquezas dos processos em uso também são apresentadas. Se for planeado, determinar qual o nível de capacidade ou o nível de maturidade dos processos em uso;

- Arquivo dos resultados da avaliação: Guardar registos e dados importantes da avaliação e disponibilizar o material selecionado de maneira apropriada.

Uma avaliação SCAMPI deverá ser liderada por um *Lead Appraiser*. O *Lead Appraiser*, é um profissional certificado pelo SEI, que tem poder para certificar/avaliar os níveis de maturidade da organização.

2.6. Estado do CMMI no Mundo

Os níveis elevados do CMMI garantem que a metodologia utilizada pelas organizações está na categoria do que melhor se faz no mundo, do ponto de vista do processo produtivo. O CMMI tem sido adotado com sucesso em empresas de vários países e tornou-se reconhecido como um *standard* de prestígio, ligado à qualidade do *software*. Atualmente existem mais de mil empresas com certificação CMMI a nível mundial.

Quando as empresas de Tecnologias de Informação têm grandes projetos a nível internacional ou ligados à defesa e ao governo, o CMMI é fundamental para a obtenção do sucesso. Hoje em dia existem diversas instituições internacionais que exigem, no mínimo, o nível 3, como por exemplo o governo americano a banca e os seguros no Brasil, o sector da defesa, segurança, aeronáutica e espacial. Na Europa, também várias empresas exigem esta certificação, enquanto na Índia, as principais empresas produtoras de *software* têm esta certificação. Contudo em Portugal, a certificação CMMI não é muito reconhecida e ainda existem poucas empresas com esta certificação.

Desde a criação do CMMI, o número de organizações que procura essa certificação tem vindo a aumentar ano após ano.

O CMMI está atualmente implementado em 88 países. Os países com maior número de avaliações reportadas ao SEI são a China (2703), EUA (1665) e Índia (755).

Na Tabela 8 podemos observar o crescimento do número de certificações reportadas ao SEI ao longo dos anos em relação a cada país.

Países	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2012	Total
China	104	278	476	499	508	562	276	2703
EUA	129	206	276	295	295	319	145	1665
India	76	83	126	106	135	138	91	755

Espanha	14	30	73	40	62	54	25	298
Japão	12	46	34	33	43	24	15	207
República da Coreia	19	29	27	34	43	46	9	207
México	4	18	31	35	31	46	24	189
Brasil	14	27	39	40	29	25	14	188
França	12	27	31	27	26	17	11	151
Taiwan	17	29	19	24	25	16	6	136

Tabela 8 – Número de avaliações reportadas ao SEI por ano e por país (adaptado de (Keller K. Mack B., 2013) (Published Appraisal Results List, 2013).)

As organizações ligadas ao comércio são as que mais procuram o CMMI, representando 77,3% do total de avaliações, as organizações que prestam serviços para o Exército ou para o Governo representam 18,7% e as Agências Militares ou do Governo 4.1% (dados baseados nas 5.944 organizações que reportaram a sua categoria) (Keller K. Mack B., 2013) (Published Appraisal Results List, 2013).

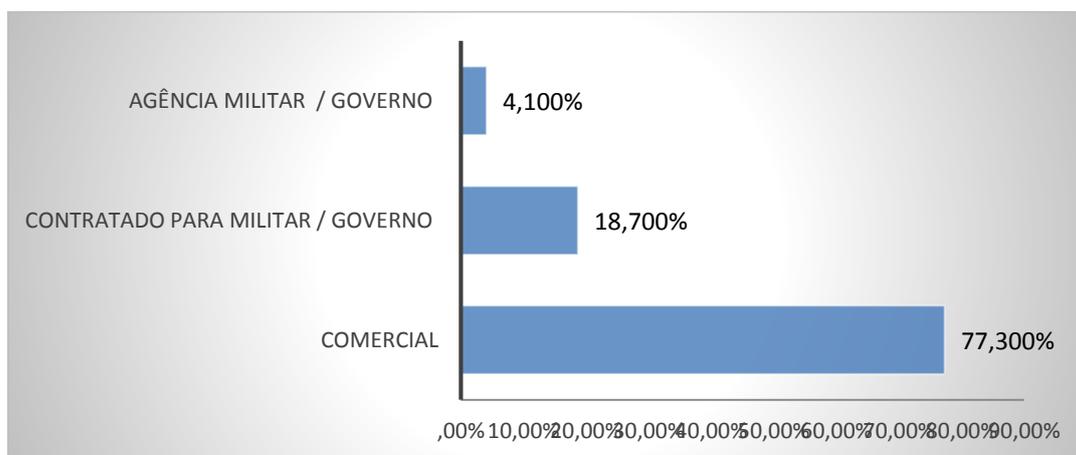


Figura 8 – Relatório das Organizações por Categorias

A nível mundial atualmente existem 126 certificações atribuídas do CMMI nível 4, a 16 países diferentes. O país que detém o maior número de certificações do nível 4 é a China (66), em seguida a República da Coreia (14), Japão (9) e os EUA (8) (Keller K. Mack B., 2013) (Published Appraisal Results List, 2013).

2.6.1. CMMI em PORTUGAL

Por todo o mundo, nos últimos tempos, tem-se verificado um interesse crescente no CMMI. Em Portugal o CMMI não é fundamental para as empresas de tecnologia, no entanto é importante para qualquer empresa obter esta certificação, pois além da publicidade com a certificação (semelhante ao ISO 9001), o processo prepara a empresa para novos desafios.

Nível de Maturidade	Total de Certificações
1	0
2	13
3	14
4	0
5	4

Tabela 9 – Total de certificações existentes em Portugal (Published Appraisal Results List, 2013).

Como se pode verificar na tabela 8 em Portugal não existe nenhuma empresa com certificação CMMI nível 4 de maturidade. De acordo com o SEI, no nosso país, existem ainda poucas empresas com a certificação CMMI, contabiliza-se um total de 31 certificações atribuídas (Keller k., Mack B., 2013), (Published Appraisal Results List, 2013).

Em 2013 foram atribuídas 10 certificações CMMI em Portugal (Ver tabela 10).

Organização	Modelo (Representação): Nível de Maturidade
Ambisig - Ambiente e Sistemas de Informação Geográfica, SA	CMMI-SVC v1.3(Faseada):Nível de maturidade 2
BNP PARIBAS Securities Services	CMMI-DEV v1.3(Faseada): Nível de maturidade 3
Critical Manufacturing, S.A.	CMMI-DEV v1.3(Faseada): Nível de maturidade 3
GMV	CMMI-DEV v1.3(Faseada): Nível de maturidade 5
ISA – Intelligent Sensing Anywhere, S.A.	CMMI-DEV v1.3(Faseada): Nível de maturidade 2
PORTEXICTOS – Consultoria de Gestão e Sistemas de Informação SA	CMMI-DEV v1.3(Faseada): Nível de maturidade 3
TECNOCOM	CMMI-DEV v1.3(Faseada): Nível de maturidade 5 CMMI-SVC v1.3(Faseada): Nível de maturidade 5
Ubiwhere, Lda.	CMMI-DEV v1.3(Faseada): Nível de maturidade 2

Tabela 10 – Certificação CMMI atribuídas em 2013 (Published Appraisal Results List, 2013).

As empresas que obtiveram a certificação CMMI nível 5 em Portugal optaram por saltar o nível 4 e ir diretamente para o nível máximo de maturidade do CMMI. De seguida referem-se alguns exemplos.

A Critical Software, S.A. foi das primeiras e poucas empresas a investir claramente na certificação CMMI. Foi a primeira empresa portuguesa a atingir o CMMI nível 3 de maturidade em 2006. Posteriormente em 2012 obteve a certificação CMMI nível 5 de maturidade com o modelo CMMI-DEV v1.3.

Ambisig - Ambiente e Sistemas de Informação Geográfica, obteve a certificação CMMI-SVC v1.3, nível 2 em 2010, e em 2011 atingiu o CMMI-DEV v1.3, nível 5.

A Tecnocon recebeu a certificação CMMI v1.2 nível 2 em 2007, e em 2010 obteve o CMMI-DEV v1.2 nível 3. Em 2013 recebeu o reconhecimento em Portugal do CMMI-DEV v1.3 e CMMI-SVC v1.3, nível 5 como foi planeado.

GMV Portugal, é uma multinacional tecnológica, que alcançou a certificação CMMI-DEV v1.3 no nível 5 de maturidade, em 2013 de acordo com a SEI. Além das filiais espanhola e norte-americana, que já haviam sido avaliadas com o nível 5 CMMI em 2010, esta avaliação foi agora alargada à filial portuguesa, que se torna numa das quatro empresas portuguesas com o nível 5 CMMI.

2.7. Rational Unified Process (RUP)

O RUP (*Rational Unified Process*), é um *framework* de processo de engenharia de *software* desenvolvido pela *Rational Software Corporation*, pertencente à *International Business Machine (IBM)*, que permite realizar, planeamento e gestão de projeto passando por várias etapas e respeitando várias disciplinas. Fornece uma abordagem disciplinada para delegar tarefas e responsabilidades para uma organização de desenvolvimento de *software* (Kruchten, 2000) (Rational, 2003). O seu objetivo é

garantir a produção de *software* de alta qualidade que satisfaça as necessidades dos utilizadores e que esteja dentro do prazo e do orçamento previstos.

RUP é baseado num conjunto de princípios de desenvolvimento de software e melhores práticas, por exemplo: desenvolvimento de *software* iterativo, gestão de requisitos, uso de arquiteturas baseadas em componentes, modelação visual do software, verificação da qualidade do software e controle de alterações no software.

A principal finalidade do RUP é fazer com que grandes projetos de *software* sejam bem-sucedidos.

O RUP é um dos processos de desenvolvimento de *software* que permite alcançar os níveis 2 ou 3 do CMM (Rational, 2000b).

2.7.1. Os Princípios do RUP

Não existe uma “receita” exata para implementar o RUP. Pode ser implementado de diversas formas e será diferente em cada organização e projeto. Existem alguns princípios que podem caracterizar e diferenciar o RUP de outros métodos iterativos, tais como:

- Combater os riscos cedo e de forma contínua;
- Certificar-se da entrega de algo de valor ao cliente;
- Focar no *software* executável;
- Adaptar rapidamente as mudanças;
- Disponibilizar cedo o executável da arquitetura;
- Construir o sistema com componentes;
- Trabalhar em equipa;
- Fazer da qualidade um estilo de vida, não algo para depois.

2.7.2. Elementos do RUP

Os elementos principais do RUP são: papéis, atividades, artefactos, fluxos de trabalho e disciplinas.

Papéis: Define um conjunto de comportamento e responsabilidades de um determinado. Numa equipa um mesmo elemento pode ter diversos papéis ao longo do ciclo de vida de desenvolvimento do *software*. Papéis não são indivíduos, nem títulos de trabalho.

Nas seis equipas piloto estudadas, cada um dos elementos possui papéis definidos com base no RUP e espera-se que adotem uma atitude de cooperação para que com isso atinjam os requisitos primeiramente definidos.

Os papéis que cada elemento possui dentro de cada equipa são identificados da forma apresentada na figura 9.

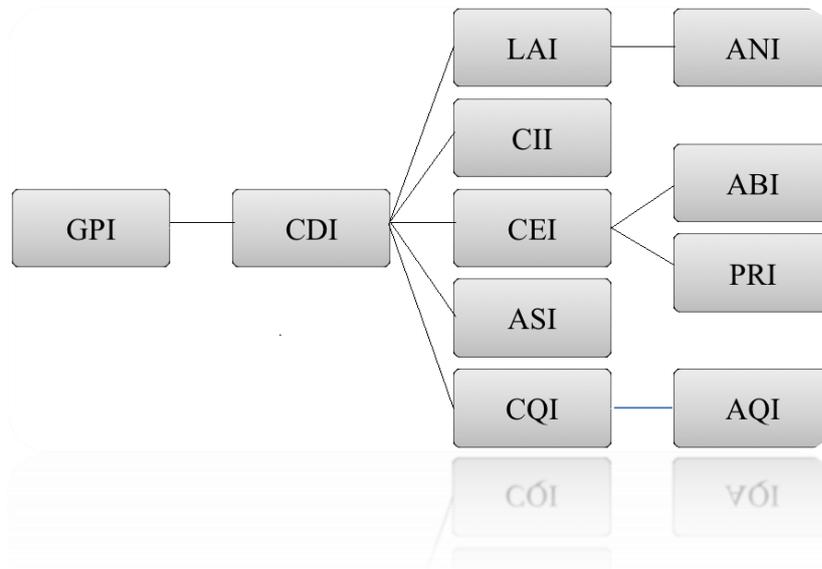


Figura 9 – Estrutura Organizacional das equipas piloto (P. Monteiro, P. Borges, R. J. Machado, and P. Ribeiro, 2012)

O Gestor de Projeto (GPI) tem como principal função a gestão e controlo do projeto e de todos os elementos. O Coordenador de Desenvolvimento (CDI) tem como função auxiliar o Gestor de Projeto, ou seja, é responsável por todos os acontecimentos e desenvolvimentos diretamente relacionados com o produto. O Chefe de Equipa (CEI), lidera os Programadores (PRI) e o Administrador de Base de Dados (ABI). O Coordenador de Qualidade (CQI) é responsável pelo Auditor de Qualidade (AQI). De seguida temos o Coordenador de Infraestruturas (CII), o Arquiteto de Software (ASI) e o Líder dos Analistas (LAI), que reportam diretamente ao CDI. O LAI é responsável pela equipa de Analistas (ANI).

Atividades: É uma unidade de trabalho que um indivíduo executa quando exerce um determinado papel e produz um resultado importante para o contexto do projeto. Quando é atribuído um papel a um elemento dentro de uma equipa, este possui

um conjunto de atividades que definem o trabalho a ser realizado por ele. Cada atividade é uma unidade de trabalho que pode ser dividida em passos.

Artefactos: É "algo" tangível que é produzido, modificado ou utilizado num processo. Um artefacto é um produto de trabalho do processo. Os papéis utilizam artefactos para realizar atividades e produzem ou alteram artefactos ao executarem as atividades.

Fluxos de trabalho: É uma sequência de atividades que são executadas para a produção de um resultado de valor observável. Para representar esta sequência de atividades utilizam-se os diagramas de sequência, diagramas de colaboração e diagramas de atividades da linguagem UML.

Disciplinas: É um conjunto de atividades relacionadas a uma mesma área de interesse dentro de um projeto. O objetivo do agrupamento das atividades em disciplinas é facilitar a compreensão do processo, tornando-o similar a uma perspectiva tradicional (modelo em cascata) em cada disciplina. Cada disciplina apresenta um fluxo de trabalho específico, que é repetido em cada iteração.

O RUP propõe nove disciplinas, divididas em seis disciplinas chamadas núcleo e três disciplinas de suporte. As disciplinas do núcleo são: Modelação do Negócio, Requisitos, Análise e Conceção, Teste, Implementação e Implantação. As disciplinas de suporte são: Gestão de Configuração e Mudança, Gestão de Projetos e Ambiente (RATIONAL, 1998).

2.7.3. O Ciclo de Vida de um Projeto RUP

O ciclo de desenvolvimento do RUP é constituído por quatro fases principais (ver figura 10).

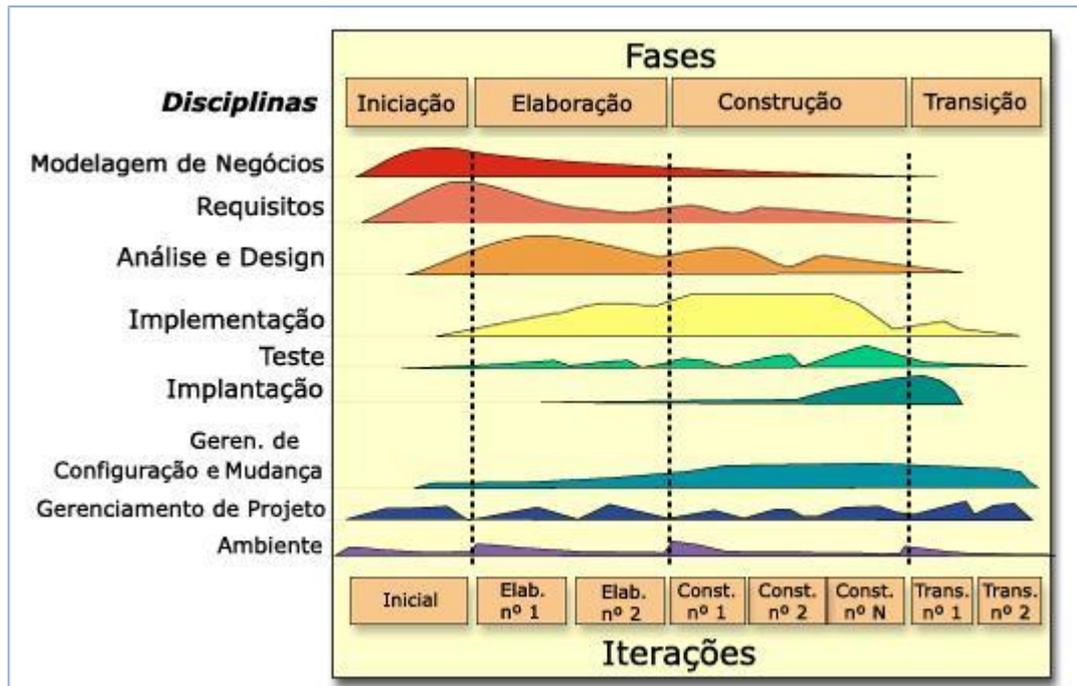


Figura 10 – Mapa de processos – Adaptado de Kruchten (2000)

Cada uma das fases tem uma ou mais iterações. Em seguida apresenta-se uma descrição sucinta das 4 fases (IBM, 2007):

1. **Iniciação:** Tem como meta atingir o consenso entre todos os envolvidos sobre os objetivos do ciclo de vida do projeto. Nesta fase pretende-se:
 - a) Definir o objetivo do *software*;
 - b) Discriminar os casos de uso críticos;
 - c) Levantar algumas propostas de arquiteturas;
 - d) Estimar custos e fazer a programação global do projeto;
 - e) Levantar os riscos potenciais do projeto;
 - f) Preparar o ambiente de suporte para o projeto.

2. **Elaboração:** Nesta fase faz-se o planeamento detalhado do projeto, a especificação dos recursos e a definição e validação da arquitetura. A arquitetura evolui a partir da atribuição de prioridades aos casos de uso mais significativos e da avaliação de risco. Os objetivos desta fase são:

- a) Garantir que a arquitetura, os requisitos e o planeamento sejam estáveis o suficiente e os riscos sejam diminuídos;
- b) Atenuar os riscos mais significativos do ponto de vista da arquitetura do *software*;
- c) Estabelecer uma *baseline* da arquitetura projetada a partir da realização de cenários arquiteturalmente mais significativos;
- d) Produzir um protótipo evolutivo dos componentes de produção;
- e) Demonstrar que a *baseline* da arquitetura tem a capacidade de suportar os requisitos do sistema a um custo justo e tempo adequado;
- f) Estabelecer o ambiente de suporte ao desenvolvimento do projeto.

3. Construção: Detalhar os restantes requisitos e concluir o desenvolvimento do produto com base na *baseline* da arquitetura. Nesta fase, a ênfase está na gestão de recursos e no controle de operações para aperfeiçoar custos, programações e qualidade. Os objetivos desta fase incluem:

- a) Minimizar os custos de desenvolvimento, aperfeiçoando os recursos e evitando trabalhos desnecessários;
- b) Atingir a qualidade adequada com rapidez e eficiência;
- c) Atingir as versões úteis (alfa, beta e outros *releases* de teste);
- d) Concluir a análise, a arquitetura do projeto, o desenvolvimento e o teste de todas as funcionalidades necessárias;
- e) Determinar se o *software*, as instalações e os utilizadores estão prontos para que o produto seja implantado;
- f) Procurar o paralelismo do trabalho das equipas de desenvolvimento.

4. Transição: Garantir que o *software* esteja disponível para os utilizadores finais. Os objetivos desta fase são:

- a) Validar o novo sistema e confrontar com as expectativas do cliente;
- b) Converter as bases de dados operacionais;
- c) Treinar utilizadores e equipe de manutenção;
- d) Preparar e empacotar o produto comercial;

- e) Ajustar o sistema, corrigindo pequenos erros, melhorando o desempenho e a usabilidade;
- f) Avaliar as *baselines* de implementação tendo como base uma visão completa e os critérios de aceitação do produto;
- g) Obter o consentimento dos envolvidos de que as *baselines* de implementação estão completas e consistentes com os critérios de aceitação.

O ciclo de desenvolvimento do RUP termina com uma versão completa do produto de *software*. As várias fases desse ciclo definem estados do projeto, que são definidos por riscos que vão sendo mitigados ou questões que precisam ser respondidas.

3

3. Método de Investigação

Com base no âmbito desta dissertação, inicialmente utilizei uma abordagem exploratória, uma vez que implicou um levantamento bibliográfico a partir de livros, dissertações, artigos, etc. O objetivo do estudo exploratório é proporcionar uma visão geral, do tipo aproximativo, em relação a um determinado facto, e pode também ser realizado quando o tema em estudo é pouco explorado, o que é uma realidade quando se trata de avaliar qual o impacto das práticas do CMMI do nível 4 no desempenho de equipas de desenvolvimento de *software* (Gil 1999).

Quanto ao método de investigação, a abordagem é considerada qualitativa e quantitativa, pois o estudo será determinado através da comparação direta dos resultados obtidos através da análise dos artefactos (projetos desenvolvidos por cada equipa), após a aplicação da metodologia do CMMI do nível 4 e utilizando instrumentos estatísticos para a conclusão do estudo.

O método de investigação quantitativa foi originalmente desenvolvido nas ciências naturais para o estudo de fenómenos naturais (Straub, 2004). É caracterizado pela formulação de hipóteses, definições operacionais de variáveis, quantificação nas operações de recolha de dados e de informações e utilização de procedimentos estatísticos. Estabelece hipóteses que exigem uma relação de causa e efeito e apoia suas conclusões com base em dados estatísticos, comprovações e testes. A verificação, a demonstração, os testes e a lógica matemática são os critérios de cientificidade (Gressler, 2003).

A investigação qualitativa implica o uso de dados qualitativos, tais como entrevistas, documentos e dados observados pelo participante, para explicar e compreender o fenómeno social. É utilizado quando se procura descrever a complexidade de um determinado problema, que não envolve manipulações de

variáveis ou estudos experimentais. Nas pesquisas qualitativas, é frequente que o pesquisador procure entender os fenómenos de acordo com a ótica dos participantes, e de acordo com o resultado, efetuar a interpretação dos fenómenos analisados. Os investigadores qualitativos podem ser encontrados em várias disciplinas e áreas, utilizando um leque variado de abordagens, métodos e técnicas. Nos Sistemas de Informação tem havido uma alteração na pesquisa dos problemas tecnológicos para os problemas de gestão organizacionais, e com isso tem havido um aumento de interesse na utilização de métodos de investigação qualitativa (Myers 1997, Serapioni 2000).

Em relação à participação do investigador no desenvolvimento do presente estudo, o procedimento técnico utilizado é o estudo de caso, visto que tem a vantagem de responder às perguntas “como” e “porquê”, quando o investigador tem escasso controlo dos acontecimentos e quando o campo de investigação se concentra num fenómeno natural dentro de algum contexto da vida real (Yin, 1994).

O estudo de caso é uma das mais antigas ferramentas de pesquisa. Começou a ser utilizado no início do Século XX, principalmente nas áreas da Medicina, com o método clínico, e depois na Sociologia e na Antropologia, que o aperfeiçoaram para o que é hoje conhecido. No estudo de caso o pesquisador preocupa-se em estudar de forma detalhada um evento, atividade, processo, ou mesmo indivíduos, ao longo de um período de tempo, durante o qual são recolhidos dados detalhados por meio de diversas técnicas.

Existem inúmeras definições de estudo de caso, a mais citada e utilizado é aquela expressa por Yin (2002) que define o âmbito de um estudo de caso da seguinte forma:

“Investigação empírica que possui como objeto de estudo um fenómeno contemporâneo dentro do contexto da vida real, especialmente adequado quando as fronteiras entre o fenómeno e o contexto não são claramente evidentes.”

Esta abordagem é adequada para a investigação de Sistemas de Informação, visto que, o objeto da disciplina é o estudo dos sistemas de informação nas organizações e também os problemas organizacionais (Bensabat et al. 1987).

Dependendo dos pressupostos filosóficos subjacentes do investigador, uma investigação de um estudo de caso pode ser positivista, interpretativa ou crítica. Yin (2002) e Bensabat (1987) são a favor da investigação de um estudo de caso positivista enquanto Walsham (1993) adota uma investigação interpretativa.

De acordo com Coutinho e Chaves (2002), a característica que melhor identifica e distingue o estudo de caso é o facto de se tratar de um plano de investigação que envolve o estudo intensivo e detalhado de uma entidade bem definida: o “caso”. Referem que quase tudo pode ser um “caso”: um indivíduo, um personagem, um pequeno grupo, uma organização, uma comunidade, uma nação, ou mesmo uma decisão, uma política, um processo, um incidente ou acontecimento imprevisto e muito mais.

Coutinho e Chaves (2002) consideram que um estudo de caso deve possuir as seguintes características:

1. É “um sistema limitado”, e com fronteiras “em termos de tempo, eventos ou processos” e que “nem sempre são claras e precisas” (Creswell, 1994. In: Coutinho e Chaves 2002:224).
2. É um caso sobre “algo”, que precisa ser identificado para dar foco e direção à investigação;
3. É preciso ter sempre a preocupação de preservar o carácter “único, específico, diferente e complexo do caso” (Mertens, 1998. In: Coutinho e Chaves, 2002:224);
4. A investigação decorre em ambiente natural;
5. O investigador utiliza fontes múltiplas de dados e métodos de recolha diversificados: observações diretas e indiretas, entrevistas, questionários, narrativas, registos de áudio e vídeo, diários, cartas, documentos, entre outros.

Existem pelo menos seis fontes de dados distintas para incluir num estudo de caso (Yin, 1994):

- **Documentos:** esse tipo de informação pode assumir muitas formas e deve constar do plano de recolha de dados. Por exemplo, cartas, agendas, avisos, documentos administrativos, artigos de jornais;
- **Registos:** Às vezes os registos podem ser muito importantes, o que levam a transformarem-se num objeto de análise. Por exemplo, registos de atividade,

registos organizacionais, mapas e tabelas, listas de nomes, dados de questionários e registos pessoais.

- **Entrevista:** é utilizada para recolher dados descritivos na linguagem do próprio sujeito, permitindo ao investigador desenvolver intuitivamente uma ideia sobre a maneira como os sujeitos interpretam aspetos da vida. As entrevistas podem ser:
 - Forma espontânea: permite pedir opinião, interpretação sobre determinados assuntos ou eventos e com base nessas preposições realizar novas pesquisas.
 - Entrevistas focadas: são também espontâneas, mas existe um conjunto de questões que é seguido.
 - Levantamento formal: é uma entrevista mais estruturada.
- **Observação direta:** são designadas visitas de campo e as observações variam de atividades formais a atividades informais de recolha de dados.
- **Observação participante:** consiste na inserção do pesquisador no interior do grupo observado, tornando-se parte dele, interagindo por longos períodos com os sujeitos, buscando partilhar o seu quotidiano.
- **Artefactos físicos:** são ferramentas, instrumentos recolhidos durante a visita ao campo de ação.

Importa salientar que as fontes de dados mais utilizados são a observação e a entrevista.

A escolha do estudo de caso como um método particular, deve-se às diversas competências atribuídas a este tipo de método, tais como:

- Grande capacidade de recolher informações e proposições para serem analisadas de acordo com métodos de experimentação mais exigentes.
- Investigação do fenómeno é efetuada dentro do seu contexto real;
- Proximidade entre o pesquisador e os fenómenos analisados;
- Possibilidade de aprofundar as questões levantadas do próprio problema e de obter hipóteses novas e úteis.

Esse método também possui algumas limitações, entre elas destacam-se:

- Não permite a generalização das conclusões obtidas no estudo para toda a população, tendo em conta que o seu estudo foi focado num universo

pequeno e, portanto a conclusão que fornece quanto ao processo ou situação limita-se aos casos estudados.

- Este estudo depende da boa cooperação e da vontade das pessoas, que são fontes de informação.
- Os estudos de caso estão sujeitos a distorções causadas pela possibilidade de indução dos resultados por parte da pesquisa, que pode escolher casos que tenham os atributos específicos que ele deseja, como no que se refere ao entrevistado, que pode alterar sua resposta do que realmente é, para o que ele desejaria que fosse.

Não existe um acordo sobre as fases de um estudo de caso, mas o roteiro (figura 11) sugerido por Yin (2005), ilustra as fases mais utilizadas na maioria das pesquisas definidas como estudo de caso.

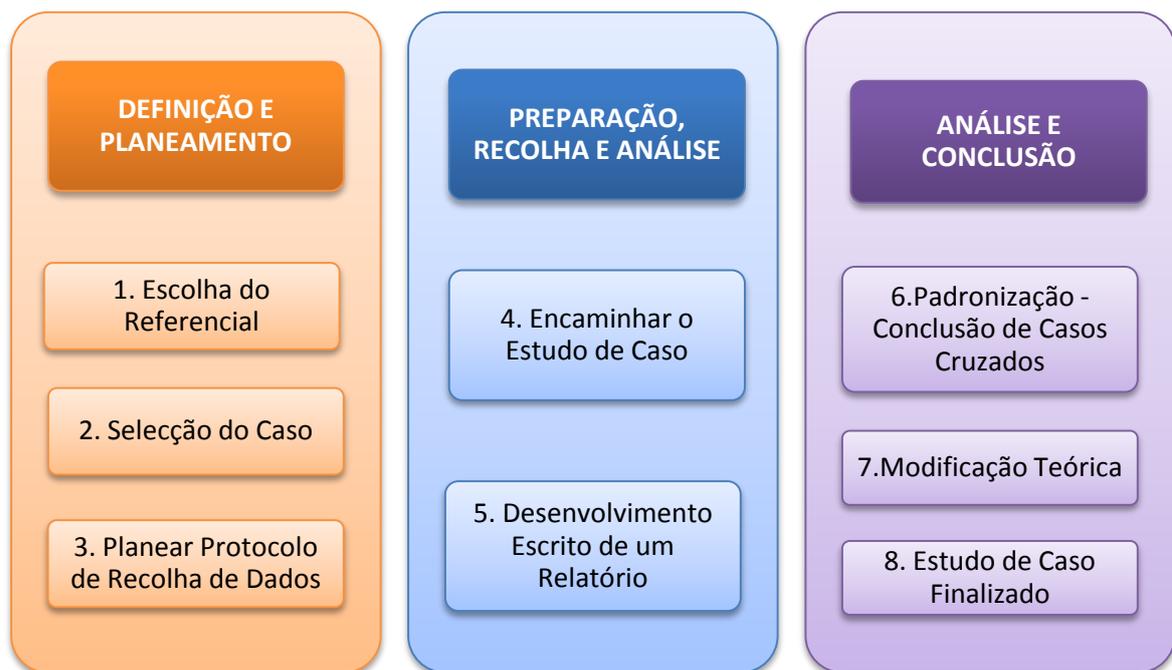


Figura 11 – Método de Estudo de Caso (adaptado Yin, 2005).

Passo a citar as descrições das fases de estudo de caso, que são:

1. **Escolha do referencial teórico:** definir o referencial teórico para a pesquisa, para com isso obter um conjunto de literatura sobre o assunto. Este trabalho de investigação teve início com a elaboração de um referencial teórico de acordo

com o tema, de modo a obter conhecimentos para com isso resolver a questão de investigação. Foi feito um levantamento teórico dos trabalhos já realizados, sobre o modelo CMMI e os principais conceitos, seu fundamento e suas conclusões. Em seguida foram selecionadas as práticas do CMMI do nível 4 aplicáveis às equipas piloto de desenvolvimento de *software* em estudo.

2. **Seleção do caso:** escolher o(s) caso(s), ou seja, determinar se o caso é único ou se são múltiplos casos.
3. **Planear protocolo de recolha dos dados:** a recolha de dados poderá ser efetuada através de entrevistas, análise de documentos, observações diretas etc. O protocolo deve obter instrumentos, regras e procedimentos para a recolha dos dados. No presente trabalho serão analisados todos os documentos elaborados pelas equipas piloto, avaliando a implementação das práticas do modelo CMMI no nível 4.
4. **Encaminhar o estudo de caso:** os casos devem ser encaminhados, considerando que os principais interessados estão informados da pesquisa a ser efetuada. Em seguida, é feita a recolha dos dados de acordo com o planeado. Nesse caso é feita a recolha dos dados com base nos relatórios dos projetos efetuados pelas equipas piloto em cada momento de avaliação.
5. **Desenvolvimento escrito de um relatório:** tirar conclusões de acordo com os resultados obtidos. Com base nos dados obtidos, é feita uma análise e interpretação de forma a obter uma conclusão.
6. **Padronização e modificação teórica:** dá ênfase ao que o estudo tem de melhor, tanto na fase da argumentação como na reformulação teórica. Tiram-se conclusões sobre o estudo e considerações para trabalhos futuros.

Neste trabalho, inicialmente foram realizadas pesquisas bibliográficas relacionadas com o modelo CMMI, através de revistas, livros e artigos científicos que abordam o tema proposto, com o objetivo de fornecer o referencial teórico e a fundamentação da *research question*: Verificar a relação entre a adoção e institucionalização das práticas do CMMI e a produtividades da equipa piloto em termos da qualidade e desempenho dos processos?

Tendo como base duas questões relacionadas:

1. Quais as práticas do CMMI do nível 4 aplicáveis às equipas piloto de desenvolvimento de *software*?
2. Até que ponto estão a ser cumpridas as práticas do CMMI definidas na questão anterior pelas equipas pilotos de desenvolvimento de *software* consideradas no estudo?

A próxima fase, consistiu em selecionar as práticas do CMMI no nível 4 aplicáveis às equipas de desenvolvimento de *software*, na representação faseada. Posteriormente, foram analisadas todos os relatórios dos projetos efetuados pelas equipas piloto em cada momento de avaliação, para recolher informação sobre a implementação dessas práticas pelas equipas piloto. Por fim, com base nos resultados obtidos, define-se um conjunto de métricas para avaliação com base na avaliação do cliente e nas notas atribuídas às equipas piloto pelo docente e analisa-se o relacionamento entre a adoção e institucionalização das práticas do modelo CMMI do nível 4 e a produtividade da equipa piloto em termos de tempo gasto e qualidade do produto.

4

4. Caso de Estudo

Neste capítulo será apresentado um caso de estudo, descrevendo as práticas do Modelo CMMI no nível 4 que são aplicáveis às equipas de desenvolvimento de *software*.

4.1. Áreas de processo do modelo CMMI no nível 4

Nesta secção será feita uma breve descrição relativamente aos objetivos e práticas específicas de cada área de processo do nível de maturidade 4, segundo a representação faseada, utilizando fundamentalmente o Manual do CMMI – DEV versão 1.3. É de salientar que, com base no referido manual serão também apresentados os objetivos e práticas genéricas, cujo objetivo principal é avaliar o nível de maturidade de cada processo. Importa frisar que são os objetivos genéricos que suportam a implementação de cada uma das áreas de processo.

De acordo com SEI (2010), existem 5 objetivos genéricos, com as suas respetivas práticas genéricas, sendo que apenas os objetivos genéricos 2 e 3 são utilizadas durante a fase da representação faseada. Entretanto, numa primeira análise para alcançar os níveis de maturidade 4 e 5, apenas serão utilizados os objetivos e práticas genéricas 3 conforme indica o referido manual. As áreas de processo do Modelo CMMI – DEV do nível de maturidade 4 são: **o Desempenho de Processo Organizacional** e **a Gestão Quantitativa de Projeto**. Os objetivos genéricos que se aplicam a cada área de processo são pré-determinados. Serão apresentadas no final das áreas de processo do nível 4, as práticas genéricas, visto que, estas se repetem em cada área de processo. No nível de maturidade 4 existem 2 áreas de processos e um total de 16 práticas, sendo elas específicas e genéricas. É importante salientar que para atingir

um determinado nível de maturidade é necessário a implementação dos objetivos genéricos juntamente com os objetivos específicos.

4.1.1. Os objetivos e práticas específicas do nível 4 do Modelo CMMI – DEV segundo a representação faseada

A seguir estão apresentados os objetivos e práticas específicas do nível de maturidade 4 do Modelo CMMI – DEV, segundo a representação faseada a serem atendidos:

4.1.1.1. Desempenho de Processo Organizacional (OPP)

O objetivo principal desta área de processo consiste em estabelecer e manter um entendimento quantitativo do desempenho dos processos-padrão da organização para apoiar os objetivos para qualidade e o desempenho dos processos, fornecendo dados, *baselines* (linhas base) e modelos para gerir quantitativamente os projetos da organização. É constituído por um objetivo específico (SG) com as suas práticas específicas (SP):

a) SG 1 – Estabelecer *Baselines* e Modelos de Desempenho

As *baselines* e os modelos, que caracterizam o desempenho esperado dos processos referentes ao conjunto de processos padrão da organização são estabelecidos e mantidos.

- i. SP 1.1 – Estabelecer a qualidade e o objetivos de desempenho de Processos: Estabelecer e manter objetivos quantitativos da organização para qualidade e desempenho de processo, que são rastreáveis aos objetivos de negócios.
- ii. SP 1.2 – Selecionar Processos: A partir do conjunto de processos padrão da organização, são selecionados os processos ou subprocessos a serem incluídos na análise de desempenho e na rastreabilidade aos objetivos de negócios.
- iii. SP 1.3 – Estabelecer Medidas de Desempenho de Processo: Medidas para a análise do desempenho dos processos da organização são estabelecidas e mantidas.

- iv. SP 1.4 – Analisar o desempenho do processo e estabelecer *baselines* de Desempenho de Processo: Analisar o desempenho dos processos selecionados, e estabelecer e manter as *baselines* de desempenho do processo.
- v. SP1.5 – Estabelecer Modelos de Desempenho de Processo: Modelos de desempenho de processo para o conjunto de processos padrão da organização são estabelecidos e mantidos.

OPP inclui métricas para processo e produto, que são combinados para determinar a qualidade dos dois em termos quantitativos. Essas métricas são recolhidas e armazenadas na base de dados de cada projeto no nível 2, para que no nível 4, possam ser aplicados controles estatísticos. Os objetos de controle depende da origem dos problemas e de quais processos e métricas representam uma mais valia para os objetivos da organização.

Importa salientar que as métricas mais comuns são: tamanho, esforço, custo, cronograma e defeito de produto. As métricas relacionadas ao desempenho incluem variância de cronograma e esforço, e as tarefas não planeadas. Métricas relacionadas à qualidade inclui correção de defeitos que são identificados em todas as fases do ciclo de vida do projeto. As métricas relacionadas a processos são referentes à produtividade nas diferentes fases do ciclo de vida do projeto, por exemplo, na fase de testes, as horas despendidas na produção de casos de teste versus a quantidade de casos finalizados.

Para acompanhar as mudanças nas necessidades de negócio, a seleção de processos de medição e das métricas propriamente ditas podem ser iterativo. O estabelecimento de objetivos de qualidade e processo também pode ser iterativo baseando-se em causas especiais de variação.

4.1.1.2. Gestão Quantitativa de Projeto (QPM)

O objetivo principal da área de processo de QPM é gerir quantitativamente o processo definido para o projeto visando alcançar os objetivos para qualidade e desempenho de processo estabelecidos para o projeto.

a) SG 1 – Preparar para e gestão quantitativa

É realizada a preparação para a gestão quantitativa.

- i. SP 1.1 – Estabelecer os Objetivos do Projeto: Os objetivos para qualidade e para o desempenho do processo são estabelecidos e mantidos.
- ii. SP 1.2 – Compor o Processo Definido: Usar estatística e outras técnicas quantitativas, para compor um processo definido que permita que o projeto atinja a qualidade prevista e os objetivos de desempenho do processo.
- iii. SP 1.3 – Selecionar Subprocessos e Atributos: Selecionar subprocessos e atributos críticos para avaliar o desempenho, que ajudem a alcançar a qualidade do projeto e os objetivos de desempenho do processo.
- iv. SP 1.4 – Selecionar Medidas e Técnicas Analíticas: Selecionar as medidas e técnicas analíticas a serem utilizados na gestão quantitativa.

b) SG 2 – Gerenciar o projeto quantitativamente

O projeto é gerido quantitativamente. Gerenciar quantitativamente o projeto envolve o uso de estatísticas e outras técnicas quantitativas

- i. SP 2.1 – Monitorizar o desempenho dos subprocessos selecionados: Monitorizar o desempenho dos subprocessos selecionados usando estatística e outras técnicas quantitativas.
- ii. SP 2.2 – Gerenciar o desempenho do projeto: Gerenciar o projeto utilizando estatística e outra técnica quantitativa para determinar se o objetivo do projeto para qualidade e desempenho do processo ficará ou não satisfeito.
- iii. SP 2.3 – Realizar Análise de Causa Raiz: Realizar análise de causa raiz de problemas selecionados para corrigir as deficiências na obtenção da qualidade do projeto e dos objetivos de desempenho de processo.

4.1.2. Os objetivos e práticas genéricas do nível 4 do CMMI-DEV, segundo a representação faseada

No nível de maturidade 4 para a representação faseada serão utilizados os objetivos genéricos (GG) 3 com as suas correspondentes práticas genéricas (GP) como indica o manual CMMI-DEV v.1.3.

a) GG 3 – Institucionalizar um Processo Definido

O processo é institucionalizado como um processo definido. Aplica-se a todas as áreas de processo do nível 4 de maturidade.

- i. GP 3.1 – Estabelecer um Processo Definido: Estabelecer e manter uma descrição do processo, que é adaptada a partir do conjunto de processos padrão da organização, para tratar as necessidades de uma instância em particular. É aconselhável que a organização tenha processos padrão que cubram a área de processo, e também diretrizes para adaptar esses processos padrão, no sentido de satisfazer as necessidades específicas de um projeto. Quando um processo é definido, diminui a variação da execução dos processos em toda a organização e os ativos do processo, dados e conhecimento podem ser compartilhados de maneira efetiva.
- ii. GP 3.2 – Coletar Informações para Melhoria: Recolher produtos de trabalho, métricas, resultados de avaliações e informações para a melhoria, resultantes do planeamento e da execução do processo, para dar suporte a utilizações futuras, melhoria dos processos e ativos dos processos da organização. As informações e os produtos são armazenados no repositório de avaliações da organização e na biblioteca de ativos de processo da organização.

4.2. Método de Avaliação

Como o objetivo é compreender de uma forma genérica como as equipas de DAI estão em cada área de processo do nível 4 de maturidade do CMMI na representação faseada, foi efetuada uma análise minuciosa de todos os relatórios dos projetos produzidos por cada equipa piloto, em cada momento de avaliação. Esta análise permite verificar se tudo o que foi planeado estaria realmente a ser realizado na prática.

Conforme descrito no capítulo 2, os componentes considerados “requeridos” para cumprir o modelo CMMI concentram-se no efetivo cumprimento dos objetivos específicos e genéricas do modelo. Contudo, apesar das práticas serem componentes cuja implementação é apenas “esperada” para o cumprimento das metas específicas das áreas de processo, elas são em geral fatores determinantes para a satisfação dos objetivos, sendo também muito usadas para a perceção do modelo em avaliações CMMI.

Devido a importância das práticas do modelo CMMI, bem como a contribuição das mesmas para a satisfação dos objetivos das áreas de processo do modelo, neste capítulo foram avaliadas detalhadamente cada uma das práticas específicas das áreas de processo do Modelo CMMI – DEV do nível 4 de maturidade (Desempenho de Processo Organizacional, Gestão Quantitativa de Projeto). O objetivo foi obter uma visão mais aprofundada do cumprimento do nível 4 do CMMI.

Através da análise dos artefactos das seis equipas piloto de DAI (Desenvolvimento de Aplicações Informáticas) em estudo, procurou-se obter o estado atual das equipas piloto em relação a cada uma das práticas específicas das áreas de processo OPP e QPM. Foi realizada uma análise e classificação segundo os critérios de satisfação definidos na Tabela 11 (Marçal, 2009). Importa salientar que esta análise foi realizada considerando-se os critérios adaptados de (Mandjan, 2011) pela autora, os quais podem ser diferentes dos critérios, interpretações e avaliações usados numa avaliação oficial do CMMI.

Classificação	Critério	
NS	Não Satisfeita	Não há evidências da prática.
PS	Parcialmente	Há evidências da prática, embora a prática não esteja
	Satisfeita	plenamente atendida.
S	Satisfeita	A prática está totalmente atendida.

Tabela 11 – Critérios para classificação das práticas específicas

Para se dizer que uma área de processo está satisfeita é preciso analisar se todas as práticas específicas e genéricas desta área de processo estão implementadas.

Depois da fase de classificação, foi calculado o percentual de satisfação de cada área de processo conforme os critérios definidos, tomando como base o número total de práticas específicas da área de processo. Seguidamente foram agrupados os resultados e foi gerada uma visão consolidada da adoção das áreas de processo Desempenho de Processo Organizacional e Gestão Quantitativa de Projeto do CMMI.

As subseções seguintes apresentam as análises e classificações realizadas no estudo para cada área de processo do âmbito deste trabalho.

4.2.1. Equipas Piloto/ Universo e amostra

A amostra da presente pesquisa é constituída por seis equipas de DAI (Desenvolvimento de Aplicações Informáticas). Essas equipas são constituídas por alunos do 2º ano de LTSI (Licenciatura em tecnologias e sistemas de informação) do ano letivo 2012/2013. Cada equipa piloto tem como objetivo o desenvolvimento de uma solução informática que satisfaça as necessidades de um cliente real, seguindo as orientações do RUP (*Rational Unified Process*). Todos os elementos das equipas piloto possuem o seu papel definido com base no RUP e assumem uma atitude de cooperação de modo a atingir os requisitos definidos. Para avaliar cada equipa piloto foi utilizado 4 momentos de avaliação (M1 – Final, M2 – Final, M3 – Final, M5 – Final), num prazo de 4 meses.

Primeiramente foi realizada um primeiro questionário (ver Anexo A) de caracterização das equipas piloto em estudo, com 8 questões. O questionário foi enviado a todos os elementos das equipas piloto. Foram depois analisados os resultados obtidos de modo a caracterizar cada uma das equipas piloto.

Na Tabela 12 é apresentada a informação das seis equipas a ser analisadas, nomeadamente os nomes de cada gestor de projeto, os turnos práticos de DAI (Desenvolvimento de Aplicações Informáticas) a que pertencem, e por fim o número de elementos de cada equipa e as respetivas enumerações atribuídas pela investigadora a cada equipa piloto.

Gestores de Projeto	Turnos Práticos	Nº elementos	ID equipa piloto
Rui Silva	PL1di	15	1
Luís Ribeiro	PL2di	16	2

Vítor Soares	PL3di	12	3
Andreia Costa	PL4di	14	4
Manuel Leite	PL1pl	19	5
Nuno Seixal	PL2pl	18	6

Tabela 12 – Descrição das equipas estudadas.

Equipa piloto 1

A equipa piloto 1 é composta por 15 elementos, 14 do sexo masculino e 1 feminino. Com base nas respostas da idade de cada elemento da equipa piloto calculou-se a média que é de 18,5 anos. Finalmente, verifica-se que apenas 2 elementos da equipa piloto possuem experiência profissional.

Equipa piloto 2

A equipa piloto 2 tem 16 elementos, 14 do sexo masculino e 2 feminino. Esta equipa piloto apresenta uma média de idades de 20,4 anos. Nenhum elemento da equipa piloto possui experiência profissional.

Equipa piloto 3

A equipa piloto 3 possui 12 elementos, 11 do sexo masculino e 1 feminino. A média da idade desta equipa piloto é de 22,3 anos. Em relação à experiência profissional apenas 3 elementos da equipa piloto possui experiência profissional

Equipa piloto 4

A equipa piloto 4 é composta por 14 elementos, 12 do sexo masculino e 2 feminino. Com base nas idades de cada elemento calculou-se a média da idade desta equipa piloto que é de 21,6 anos. Em relação à experiência profissional somente 1 elemento da equipa piloto possui experiência profissional.

Equipa piloto 5

A equipa piloto 5 possui 19 elementos, a maioria do sexo masculino (18 masculino e 1 feminino). A média da idade desta equipa piloto é de 30 anos. Em relação à experiência profissional, 8 elementos da equipa piloto possuem experiência profissional

Equipa piloto 6

A equipa piloto 6 possui 18 elementos, 10 do sexo masculino e 8 feminino. A média da idade desta equipa piloto é de 28,6 anos. Em relação à experiência profissional 7 elementos da equipa piloto possuem experiência profissional.

A Figura 12 apresenta o resumo da caracterização das equipas piloto em estudo.

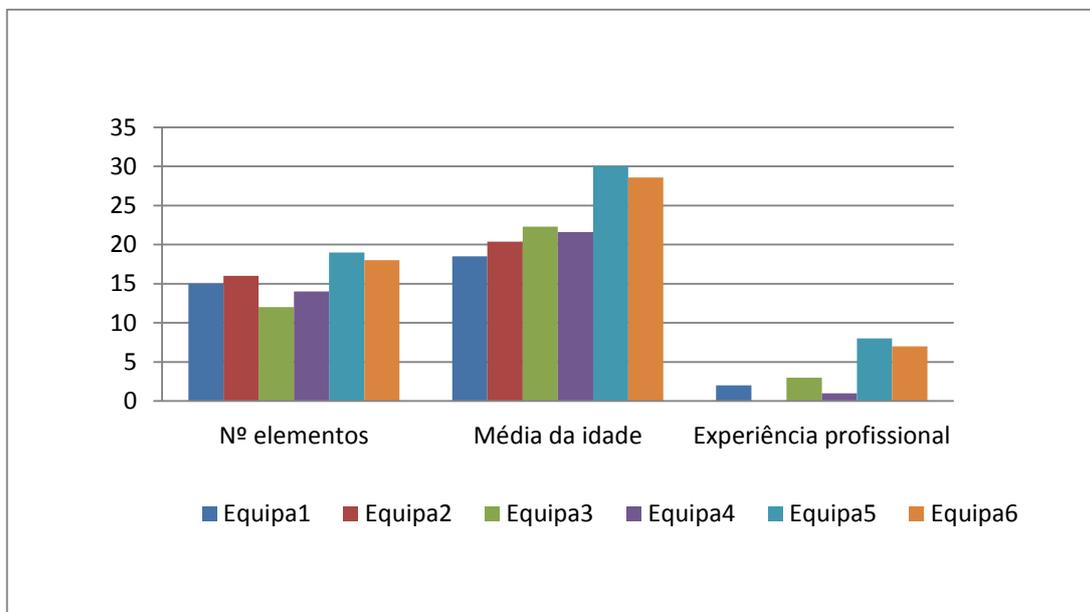


Figura 12 – Resumo da caracterização das equipas piloto.

De acordo com os dados que foram obtidos do questionário de caracterização realizado a todos os elementos das equipas piloto, o número de membros situa-se entre 12 e 19.

Como podemos observar na Figura 12 a média da idade é mais elevada nas equipas piloto 5 e 6 e são estas equipas piloto que possuem maior número de elementos. O mesmo se verifica em relação à experiência profissional dos elementos, isto é, são as equipas piloto 5 e 6 que possuem mais membros com experiência profissional. Importa

salientar que as equipas piloto 5 e 6 funcionam em regime Pós Laboral, embora as condições para o desenvolvimento do projeto sejam as mesmas.

4.3. Recolha dos dados

Primeiramente foi elaborado um questionário de caracterização das equipas com o auxílio do *Google Forms*.

As equipas da DAI utilizaram o *Dropbox* para armazenar os artefactos desenvolvidos de forma segura e, através da partilha de pastas, foi possível consultar esses ficheiros. Seguidamente foi efetuada uma análise minuciosa dos relatórios dos projetos efetuados em cada momento de avaliação, para com isso ter informação necessária para a realização do estudo. Por último foi desenvolvida uma análise nos dados recolhidos e a elaboração do diagnóstico.

4.4. Análise dos resultados por área de processo

Nesta secção são descritos os resultados da avaliação obtida por cada uma das equipas piloto, no que diz respeito às áreas de processo do CMMI do nível 4 de maturidade.

Depois da realização da análise dos artefactos desenvolvidos em cada momento de avaliação, as classificações efetuadas em cada prática específica foram resumidas e são apresentadas nas tabelas 13 e 14. Nas tabelas 15 e 16 apresenta-se uma análise por área de processo e em percentagem. Posteriormente, são apresentados os gráficos com uma análise geral do cumprimento do CMMI do nível 4 de maturidade, pelas seis equipas e por área de processo.

Ao transpormos as áreas de processo do nível de maturidade 4 para um contexto de equipas de desenvolvimento de *software*, em estudo pode-se verificar o seguinte: A área de processo desempenho de processo organizacional (OPP) inicia-se na prática específica 1.1 e termina na 1.5.

Desempenho de Processo Organizacional							
Meta Específica	Práticas Específicas	Classificação					
		Equipa 1	Equipa 2	Equipa3	Equipa 4	Equipa 5	Equipa 6

SG 1 Estabelecer <i>Baselines</i> e Modelos de Desempenho	SP 1.1 Estabelecer a qualidade e o objetivos de desempenho de Processos	NS	NS	NS	NS	NS	NS
	SP 1.2 Selecionar Processos	S	S	NS	PS	S	PS
	SP 1.3 Estabelecer Medidas de Desempenho de Processo	NS	NS	NS	NS	NS	NS
	SP 1.4 Analisar o desempenho do processo e estabelecer <i>baselines</i> de Desempenho de Processo	S	S	NS	NS	PS	NS
	SP 1.5 Estabelecer Modelos de Desempenho de Processo	NS	NS	NS	NS	NS	NS

Tabela 13 – Classificação da Área de Processo OPP

As classificações foram atribuídas de acordo com a análise minuciosa dos artefactos por exemplo, foi atribuído “Satisfeito” a equipa piloto 1, na SP1.2. porque com da análise do artefacto “Processo de Desenvolvimento de Software” verificou-se que a equipa configurou o processo proposto pelo RUP para fazer a sua adaptação ao projeto.

Segue-se a área de processo gestão quantitativa de projeto (QPM) que tem início na prática específica 1.1, terminando na SP 2.3.

Gestão Quantitativa de Projeto							
Meta Específica	Práticas Específicas	Classificação					
		Equipa 1	Equipa 2	Equipa 3	Equipa 4	Equipa 5	Equipa 6
SG 1 Preparar para e gestão quantitativa	SP 1.1 Estabelecer os Objetivos do Projeto	S	S	PS	PS	S	PS
	SP 1.2 Compor o Processo Definido	NS	PS	NS	NS	NS	NS
	SP 1.3 Selecionar Subprocessos e Atributos	S	PS	NS	NS	PS	NS
	SP 1.4 Selecionar Medidas e Técnicas Analíticas	NS	NS	NS	NS	NS	NS
SG 2 Gerenciar o projeto quantitativa mente	SP 2.1 Monitorizar o desempenho dos subprocessos selecionados	PS	NS	NS	NS	NS	NS
	SP 2.2 Gerenciar o desempenho do projeto	PS	PS	PS	NS	PS	PS
	SP 2.3 Realizar Análise de Causa Raiz	S	PS	NS	NS	PS	PS

Tabela 14 – Classificação da Área de Processo QPM

Nas subsecções seguintes, serão apresentados os resultados obtidos na análise efetuada para cada área de processo. Em cada área de processo são apresentadas tabelas

e gráficos para auxiliar a leitura, interpretação e análise dos resultados. Nos gráficos são apresentados, o resultado da média aritmética de cada opção de classificação das seis equipas piloto em cada área de processo e o número de vezes que foi escolhido para cada equipa, cada opção de classificação em cada área de processo.

A média aritmética de cada opção de classificação das práticas específicas em cada área de processo é calculada com base nas percentagens de cada classificação em relação a cada equipa piloto, de acordo com a seguinte fórmula:

$$M_{i,j} = \frac{N_{i1} + \dots + N_{in}}{n}$$

O $M_{i,j}$ é a média aritmética da opção de classificação i , na área de processo j . O N_{in} é a percentagem de classificação para opção i na prática específica n , em que i pode ser: Satisfeita, Parcialmente Satisfeita, Não Satisfeita. O n é o número total de práticas específicas da área de processo j .

Um exemplo: $M_{Sim,QPM}$ seria:

$$M_{satisfeita,QPM} = \frac{N_{satisfeita1.1} + N_{satisfeita1.2} \dots + N_{satisfeita2.3}}{7}$$

Foi utilizada a função do *Excel* “Contar.se” com o auxílio das tabelas 14 e 15, pelo facto de ser um processo simples para calcular o número de vezes que foi escolhido para cada equipa piloto, cada opção de classificação em cada área de processo.

4.4.1. Área de processo Desempenho de Processo Organizacional (OPP)

O propósito do Desempenho de processo Organizacional é medir os resultados alcançados com a aplicação de um processo. Caracteriza-se por medidas de processo (ex: esforço, tempo de ciclo (*cycle time*) e eficácia na resolução de defeitos) e por

medidas de produto (ex: confiabilidade, densidade de defeito, capacidade, tempo de resposta e custo);

Na área de processo OPP obteve-se os seguintes valores percentuais das práticas específicas diretamente dos artefactos analisados, conforme indica a tabela 15.

Práticas Específicas	Satisfeita	Parcialmente Satisfeita	Não Satisfeita
SP 1.1	100%	0%	0%
SP 1.2	50%	33%	17%
SP 1.3	0%	0%	100%
SP 1.4	33%	17%	50%
SP 1.5	0%	0%	100%

Tabela 15 – Valores percentuais das práticas específicas em cada opção de Classificação na área de processo OPP.

Através dos resultados obtidos e apresentados na Tabela 15 realizou-se a média aritmética da classificação das seis equipas piloto na área de processo OPP. A Figura 13 ilustra os resultados obtidos nesta análise.

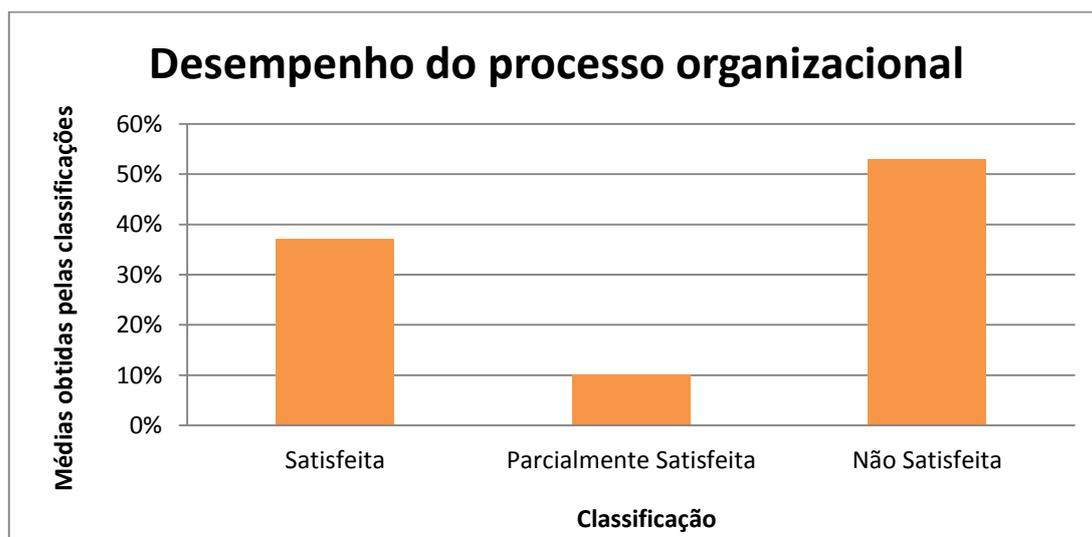


Figura 13 – Média aritmética obtida pela análise efetuada às 6 equipas piloto no OPP.

Na figura 14 podem ser observadas as classificações relativas a cada equipa piloto, sobre as práticas específicas referentes a área de processo OPP.

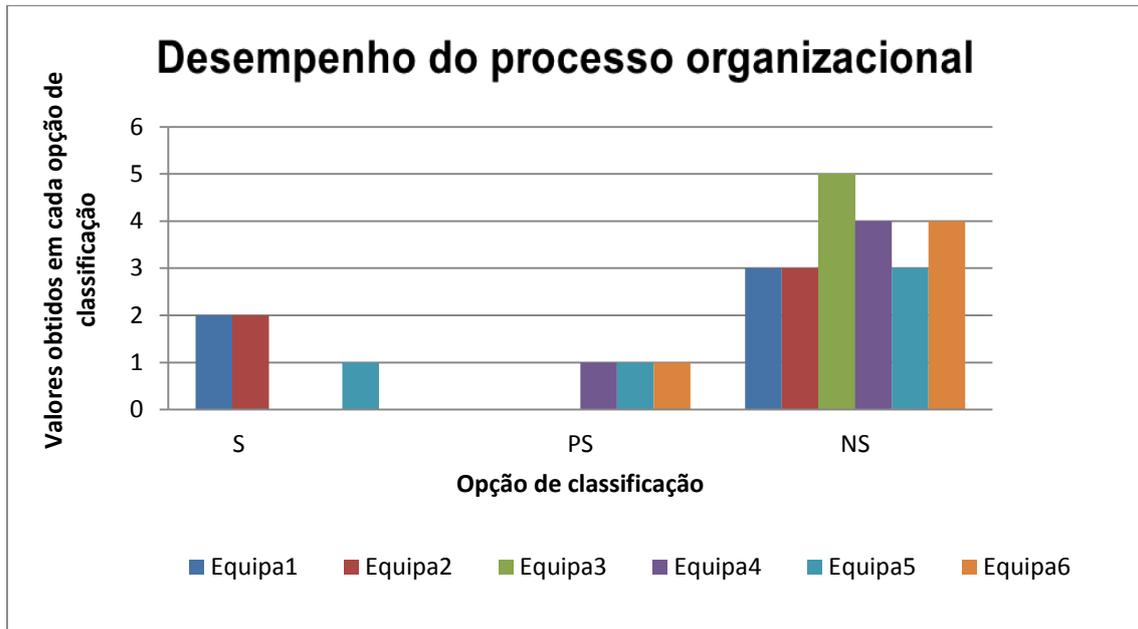


Figura 14 – N° de vezes que cada opção de classificação foi atribuída na área de processo OPP.

4.4.2. Área de processo Gestão Quantitativa de Projeto (QPM)

O propósito da Gestão Quantitativa de Projeto é estabelecido de acordo com o a área de processo desempenho de processo organizacional, isto é, há objetivos identificados para qualidade, desempenho de processo, medidas e *baselines*. Depois, os resultados da execução dos processos associados à área de processo QPM (ex: definições de medição e dados resultantes de medição) tornam-se parte dos ativos de processo da organização. Na gestão quantitativa é importante ter confiança nas estimativas, ou seja, ter capacidade de prever, até que ponto o projeto é capaz de atingir os seus objetivos para qualidade e para o desempenho de processo. Outro elemento importante é a necessidade de perceber a natureza e a dimensão das variações identificadas no desempenho de processo. Permitindo assim identificar quando o desempenho analisado não está adequado à satisfação dos objetivos para qualidade e para desempenho de processo no projeto. Os subprocessos a serem geridos estatisticamente são selecionados com base nas necessidades identificadas em relação ao desempenho esperado.

A gestão estatística envolve a utilização de uma variedade de técnicas estatísticas, tais como gráfico de tendência, gráfico de controlo, intervalo de confiança, intervalo de predição e teste de hipóteses. Na gestão quantitativa utiliza-se os dados da gestão estatística para auxiliar o projeto a prever se será capaz de atingir os objetivos para a qualidade e desempenho de processo, que foram definidos, e de identificar as alterações corretivas recomendadas.

A análise da área de processo QPM foi efetuada de uma forma minuciosa, diretamente nos artefactos, verificando-se os seguintes valores percentuais em cada opção de classificação (ver tabela 16).

Práticas Específicas	Satisfeita	Parcialmente Satisfeita	Não Satisfeita
SP 1.1	50%	50%	0%
SP 1.2	0%	17%	83%
SP 1.3	17%	33%	50%
SP 1.4	0%	0%	100%
SP 2.1	0%	17%	83%
SP 2.2	0%	83%	17%
SP 2.3	17%	50%	33%

Tabela 16 – Valores percentuais das práticas específicas em cada opção de classificação na QPM.

De acordo com a análise dos artefactos realizado anteriormente na tabela 16, calculou-se a média aritmética de cada opção de classificação em relação às seis equipas piloto na área de processo QPM (ver figura 15).

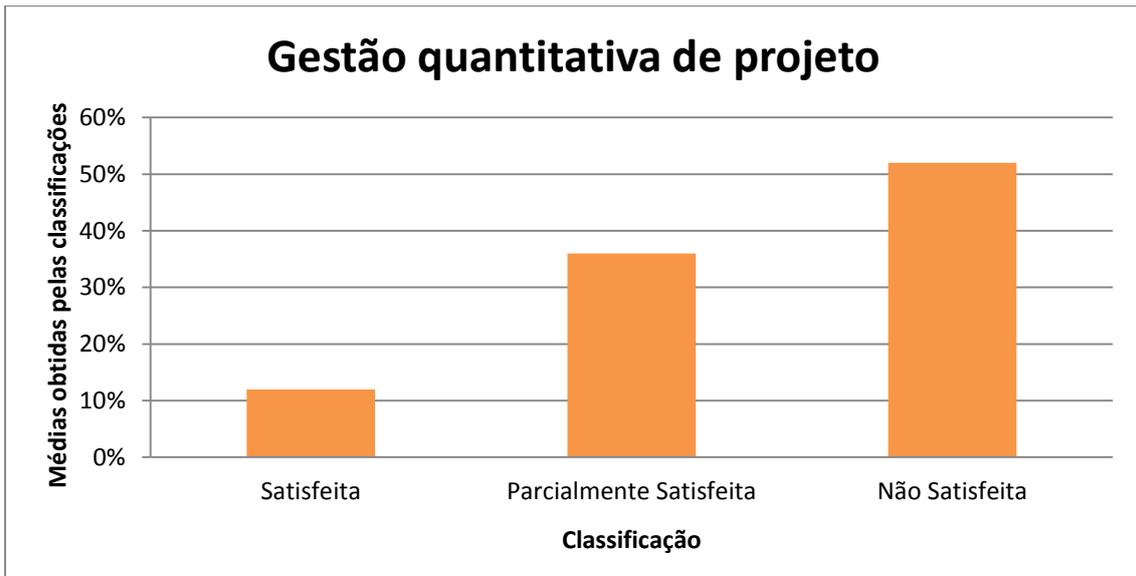


Figura 15 – Média aritmética obtida pela análise efetuada às 6 equipas na área de processo QPM.

Na figura 16, apresenta-se o número de vezes que foi atribuída cada opção de classificação em relação a cada equipa piloto, na área de processo QPM.

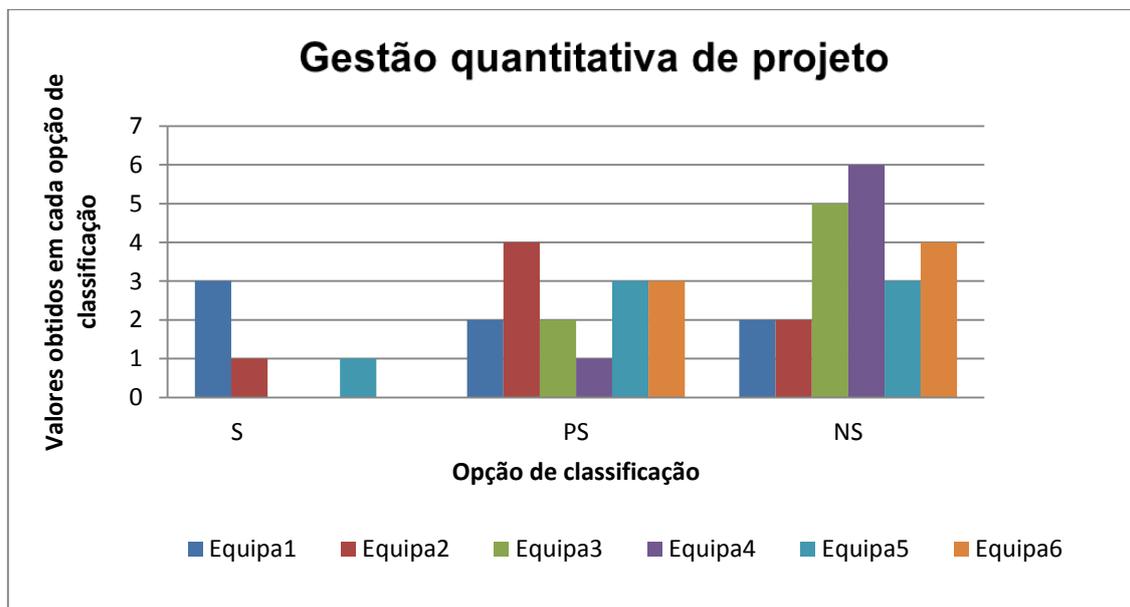


Figura 16 – Nº de vezes que cada opção de classificação foi atribuída na QPM.

4.4.3. Cumprimento do CMMI nível 4

Nesta secção vai ser efetuado uma análise ponderada das classificações de modo a quantificar o cumprimento, ou não, do CMMI nível 4 por equipa piloto e por área de processo.

Para o cálculo, foram atribuídos pesos para as três opções de resposta como indica a tabela 17 (Yucalar, Erdogan, 2009).

Opções de classificação	Peso atribuído
Satisfeita	1
Parcialmente Satisfeita	0.5
Não Satisfeita	0

Tabela 17 – Pontos atribuídos em cada opção de classificação.

Para calcular a percentagem do cumprimento de cada equipa piloto em estudo em cada área de processo do CMMI nível 4, realizou-se a soma dos produtos entre a quantidade de cada opção de classificação pelo seu peso e divide-se pela soma do produto de cada opção de classificação pelo peso maior que é o peso da opção “satisfeita”. O resultado obtido estará entre 0 e 1, como se pode ver na equação descrita abaixo:

$$V = \frac{N_i * P_i + \dots + N_n * P_n}{P_s * (N_i + \dots + N_n)}$$

Ou

$$V = \frac{\sum_i^n N_i * P_i}{P_s * \sum_i^n N_i}$$

V representa o resultado do cumprimento de cada equipa piloto em cada área de processo do CMMI nível 4, de forma ponderada, ou seja é a distribuição dos pesos por cada opção de classificação (ver tabela 18). N_i é o numero de classificações da opção i,

em que i pode ser: Satisfeita, Parcialmente Satisfeita e Não Satisfeita. P_i é o peso associado a cada opção de classificação e o P_s é peso associado à opção “Satisfeita”.

Áreas de Processo	Identificação das equipas piloto						Média por área de processo
	Equipa piloto 1	Equipa piloto 2	Equipa piloto 3	Equipa piloto 4	Equipa piloto 5	Equipa piloto 6	
OPP	40%	40%	0%	10%	30%	10%	22%
QPM	57%	43%	14%	7%	36%	21%	30%
Média por Equipa	49%	42%	7%	9%	33%	16%	

Tabela 18 – Execução do CMMI por área de processo e por equipa piloto calculada de forma ponderada

Conforme apresentado nas figuras 17 e 18, com a variável V, calculou-se a média por cada equipa piloto e a média por cada área de processo no cumprimento do CMMI no nível 4.

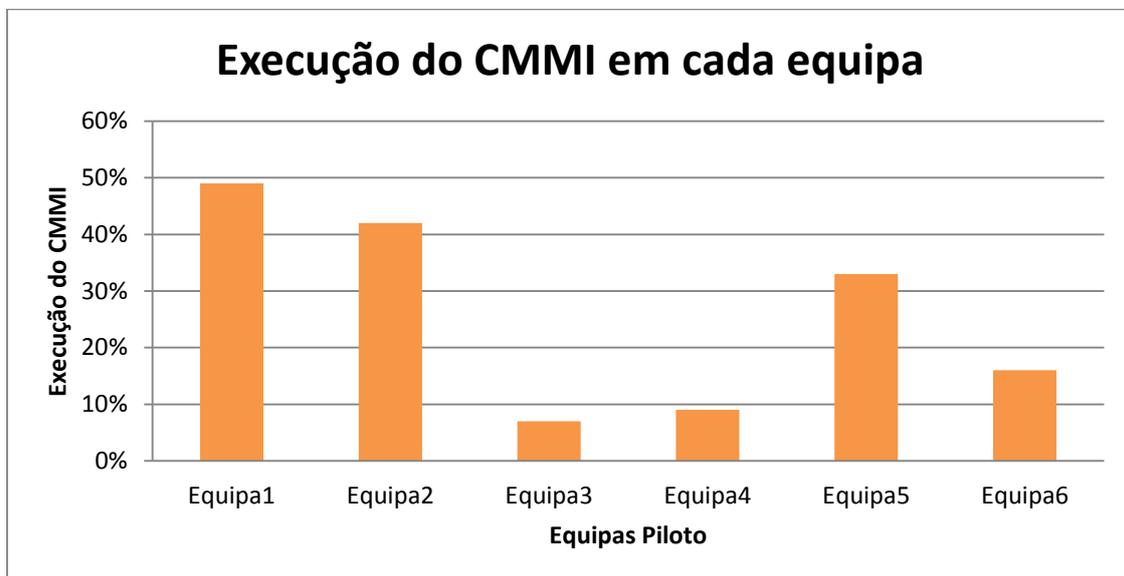


Figura 17 – Cumprimento do nível 4 do CMMI em cada uma das equipas piloto

Com os resultados obtidos conclui-se que, nas seis equipas piloto em estudo, três delas obtiveram resultados que necessitam de mais atenção, são elas, a equipa piloto 3

com 7%, equipa piloto 4 com apenas 9% e a equipa piloto 6 com 16% de cumprimento do CMMI nível 4.

Estas três equipas piloto apresentam taxas baixas na área de processo QPM e na área de processo OPP. Verifica-se com a análise dos artefactos, que estas equipas piloto quase não utilizam as práticas destas áreas de processo e assim não fazem a gestão quantitativa do processo definido. Nota-se que, na área de processo OPP a equipa piloto 3 não utilizou estas práticas e se formos analisar esta área de processo é a que tem menor cumprimento do CMMI.

A equipa piloto 2 embora com a média maior (42%) também precisa de atenção principalmente na área de processo OPP (Desempenho do processo Organizacional) que apresenta uma taxa baixa, e por essa razão a equipa piloto têm de aumentar esforços na realização das práticas que compõem esta área de processo.

A equipa piloto 1 apresenta melhor taxa no cumprimento do CMMI nível 4, com 49%, 40% no OPP e 57% no QPM. Contudo precisa de atenção na área de processo OPP, visto apresentar uma taxa baixa.

Embora as equipas piloto 1 e 2 apresentem as taxas mais elevadas no cumprimento do CMMI, em relação às outras equipas, essas taxas são relativamente baixas. Pode-se considerar estes resultados, como esperados, uma vez que as equipas são formadas por elementos com pouca experiência.

A Figura 18 apresenta a média por área de processo no cumprimento do CMMI no nível 4 de maturidade.

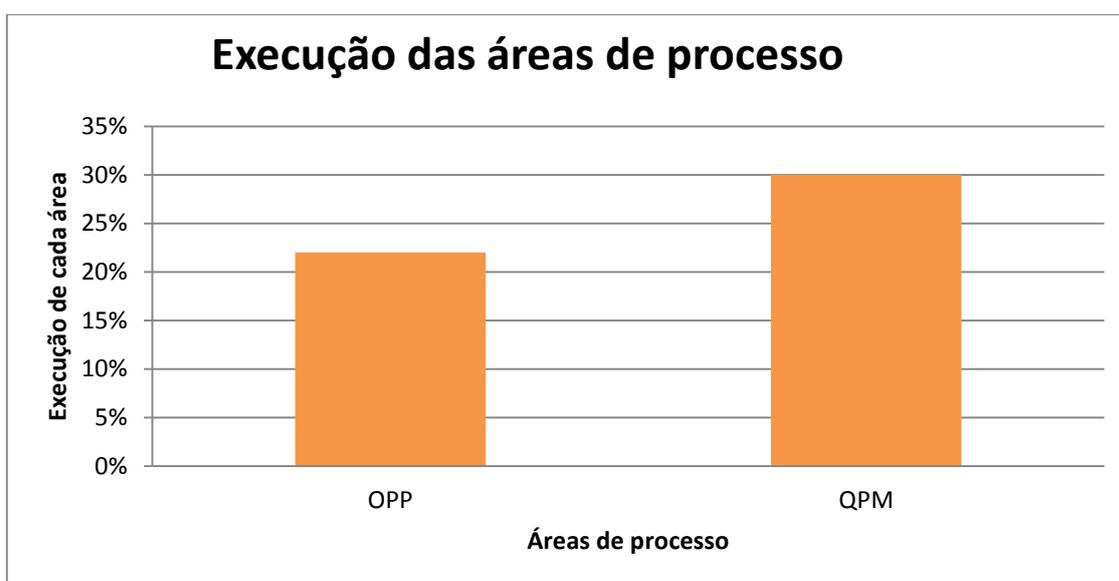


Figura 18 – Cumprimento das áreas de processo do CMMI

De acordo com os resultados obtidos na avaliação por área de processo do CMMI, a área de processo do nível 4 mais implementada pelas seis equipas piloto é QPM, com 30%. Contudo as percentagens são baixas, e o mesmo acontece com as percentagens do OPP que tem 22% de cumprimento.

As equipas piloto estão com a atenção direcionada na qualidade do *software* a ser desenvolvido, com intuito de evitar os erros que possam surgir. São realizadas auditorias, com o objetivo de validar se o produto está de acordo com os requisitos definidos e acordados com o cliente. Com base nos resultados, verifica-se que as equipas piloto em estudo apresentam algumas práticas satisfatórias: definição e documentação do âmbito do projeto, caracterização dos requisitos de qualidade do produto final a ser entregue, definição dos responsáveis por cada atividade e planeamento e controlo do cronograma do projeto, mas as áreas de processo dos níveis mais elevados apresentam ainda bastantes falhas.

Em termos gerais, as equipas efetuam um acompanhamento das atividades com base no planeamento efetuado nos quatro momentos de avaliação. Quando a evolução do projeto se desvia do planeado, compara-se o que foi previsto com o realizado, com o objetivo de serem tomadas medidas corretivas. A monitorização e controlo dos projetos são efetuados principalmente através de reuniões de acompanhamento. Contudo verificou-se que algumas equipas não conseguiram entregar o projeto de acordo com as expectativas do cliente nem no prazo previsto.

Neste estudo verificou-se que as duas áreas de processo do nível 4 do CMMI foram pouco implementadas pelas equipas piloto, QPM apresenta uma taxa de 30% e OPP de 22%.

Na área de processo QPM as equipas piloto podem realizar uma série de ações para melhorar este resultado (SEI, 2010):

- Estabelecer uma estrutura para monitorizar o projeto e realizar ações de medições;
- Efetuar a gestão estatística do Desempenho dos Subprocessos;
- Utilizar medidas e Técnicas Analíticas;
- Aplicar Métodos Estatísticos para Entender Variação;

- Monitorizar o desempenho dos subprocessos selecionados, e efetuar o registro de Dados de Gestão de Estatística;
- Acompanhar o projeto para determinar se os objetivos do projeto de qualidade e desempenho do processo estão a ser satisfeitos, e identificar ações corretivas apropriadas.
- Selecionar as medidas e técnicas analíticas a serem utilizadas na gestão estatística dos subprocessos selecionados;
- Gravar dados estatísticos e de gestão de qualidade em repositório de medições da organização.
- Utilizar dados estatísticos para ajudar o projeto a prever se ele será capaz de atingir os seus objetivos de qualidade e de desempenho e identificar as ações corretivas que devem ser tomadas.

Em relação à área de processo OPP, as equipas piloto podem realizar as seguintes ações para melhorar este resultado (SEI, 2010):

- Perceber melhor e documentar todas as solicitações que abrangem o projeto e ao longo do ciclo de vida do projeto verificar se estes requisitos estão a ser cumpridos;
- Utilizar medidas de processo (por exemplo, esforço, tempo de ciclo e eficácia de remoção de defeitos) e medidas do produto (tempo de resposta);
- Determinar se os processos se comportam de forma consistente e tem tendências estáveis (isto é, são previsíveis);
- Estabelecer critérios para identificar se um processo ou subprocesso deve ser estatisticamente gerenciado, e determinar as medidas pertinentes e técnicas analíticas para ser usado em tal gestão;
- Estabelecer medidas e objetivos de desempenho do processo.

Quando uma equipa possui medidas, dados e técnicas analíticas para caracterizar os processos, a organização é capaz de (SEI, 2010):

- Determinar se os processos se comportam de forma consistente;
- Identificar processos onde o desempenho está dentro de limites naturais que são consistentes nas equipas de implementação de processos;
- Estabelecer critérios para identificar se um processo ou subprocesso deveria ser gerido estatisticamente e determinar medidas pertinentes e técnicas analíticas para serem usadas nessa gestão;
- Identificar processos que demonstram comportamentos imprevisíveis;
- Identificar aspetos dos processos que podem ser melhorados no conjunto de processos padrão da organização;
- Identificar a implementação de um processo que funcione melhor;

4.4.4. Resultado da avaliação e discussão

Foi efetuada uma análise minuciosa com base nos relatórios dos projetos realizados pelas equipas piloto com objetivo de validar as práticas de cada área de processo que as equipas possam ter utilizado. Após a análise dos artefactos foi efetuado a classificação do cumprimento de cada equipa piloto em estudo em cada área de processo do CMMI nível 4.

Cada classificação satisfeita encontrasse em evidência nos relatórios entregues por cada equipa piloto nos diferentes momentos de avaliação.

1. Desempenho do processo Organizacional (OPP)

Verifica-se nos artefactos analisados, que as equipas piloto desenvolveram o documento plano de métricas, para auxiliar o grupo de projeto a ter uma melhor visão do processo de desenvolvimento. Através das métricas identificam-se os potenciais problemas e seguidamente podem ser tomadas as decisões para corrigi-los.

Os elementos pertencentes à área da qualidade examinam e garantem que todos os processos e atividades relacionadas com o produto a ser entregue são efetuadas de acordo com o planeado, ou seja, a qualidade dos artefactos é assegurada pela revisão efetuada pelos membros da qualidade. As equipas piloto elaboraram o documento plano de garantia de qualidade, com o objetivo de acompanhar o projeto e assegurar a

qualidade do produto desenvolvido. Efetuaram um guia que serve de base para realizar os registos das atividades de garantia de qualidade.

Os membros das equipas piloto responsáveis pela gestão da qualidade dos produtos de *software* utilizaram um documento *word* para registar as tarefas realizadas. Executaram atividades de desenvolvimento e manutenção de processo que são sujeitos a revisão, auditoria e garantia de qualidade. Todos os elementos da equipa têm bem definidas e documentadas as suas responsabilidades.

As equipas piloto adotaram diferentes estratégias para a análise e resolução dos problemas que foram surgindo durante o desenvolvimento do projeto.

2. Gestão quantitativa de projeto (QPM)

Ao efetuar a análise dos artefactos, verifica-se que, existe a preocupação por parte das equipas piloto em gerir os requisitos do utilizador e identificar e descrever os atores e casos de uso. O cliente foi envolvido no processo, de modo a perceber quais são as suas necessidades. Foram identificados os papéis e responsabilidades de cada membro, o cronograma e as atividades a executar em cada uma das fases de acordo com as competências de cada elemento. Foram elaborados diversos artefactos, tais como plano de desenvolvimento de *software*, métricas do projeto, lista de problemas e lista de riscos. Com a lista de riscos identificaram-se os riscos que poderiam surgir ao longo da elaboração do projeto, o grau de impacto e um plano para minimizar os mesmos. Verificou-se que quando foram efetuadas alterações aos requisitos foi analisado o impacto que poderia ter no projeto. Aos elementos das equipas piloto que não tinham conhecimento/experiência nas ferramentas, foi-lhes dada formação pelos membros mais familiarizados. Os membros das equipas piloto, realizaram reuniões internas para rever o estado do projeto, de modo a obter um controlo mais rigoroso do ponto de situação do trabalho desenvolvido. Os projetos foram monitorizados de acordo com os planos do projeto definidos.

Os resultados da análise de dados foram revistos com os responsáveis pelos dados antes da sua divulgação. A equipa de garantia de qualidade de *software* recebeu relatórios regulares adequados às suas necessidades.

4.4.5. Métricas

Nesta secção são apresentadas as métricas para a avaliação dos projetos com base na seriação do cliente e nas notas atribuídas às equipas piloto pelos docentes.

Os projetos desenvolvidos pelas equipas pilotos foram alvo de 4 momentos de avaliação. As avaliações do cliente designada de M5 comercial corresponde ao último momento de avaliação (parte 1).

Na perspetiva do cliente, as equipas piloto 1, 2 e 5 apresentaram os melhores produtos em termos de inovação e cumprimento das expetativas. Em relação à equipa piloto 6, foi mais abrangente na escolha dos módulos a desenvolver, desenvolvendo uma solução mais global, mas situando-se num patamar inferior. A equipa piloto 3 apresentou uma solução adaptável e próximo da realidade. Por último, na equipa piloto 4 houve uma má gestão de qualidade e não foram atingidos os requisitos acordados com o cliente. Na tabela 19 apresenta-se a seriação definida pelo cliente das seis equipas piloto em estudo.

ID EQUIPA PILOTO	ORDEM DE AVALIAÇÃO DO CLIENTE
Equipa piloto 1	1º
Equipa piloto 2	2º
Equipa piloto 3	5º
Equipa piloto 4	6º
Equipa piloto 5	3º
Equipa piloto 6	4º

Tabela 19 – Seriação efetuada pelo cliente.

A avaliação dos docentes, realizou-se na última semana de aulas e correspondeu à parte 2 do momento M5. As equipas piloto 1 e 5 obtiveram as melhores notas finais, com 17 e 18 respetivamente. Seguiram-se as equipas piloto 2 e 6 que obtiveram o mesmo resultado, com nota 15. A equipa piloto 3 obteve 14 e por último a equipa piloto 4 com nota fina 13. Na tabela 20 é apresentada a avaliação dos docentes às seis equipas piloto em estudo.

	Equipa piloto 1	Equipa piloto 2	Equipa piloto 3	Equipa piloto 4	Equipa piloto 5	Equipa piloto 6
Nota Final	17	15	14	13	18	15
Nota do Relatório	17	14	13	15	18	17
M5 - Técnica	18	16	14	12	18	13
M5 - Comercial	18	16	14	12	16	15

Tabela 20 – Avaliação efetuado pelos docentes às equipas piloto.

Na tabela 21 podemos verificar a comparação entre as práticas do CMMI (cumprimento do CMMI em %) do nível 4 e os resultados obtidos (do cliente e dos docentes) das seis equipas piloto em estudo.

	Equipa piloto 1	Equipa piloto 2	Equipa piloto 5	Equipa piloto 6	Equipa piloto 4	Equipa piloto 3
% Cumprimentos do CMMI	49%	42%	33%	16%	9%	7%
Nota final do docente	17	15	18	15	13	14
Ordem da avaliação do cliente	1 ^a	2 ^a	3 ^a	4 ^a	6 ^a	5 ^a

Tabela 21 – Comparação entre as práticas do CMMI (cumprimento do CMMI em %) do nível 4 e os resultados obtidos (do cliente e dos docentes) das seis equipas piloto em estudo.

Verifica-se que a equipa piloto 1 é a que apresenta maior percentagem do cumprimento do CMMI do nível 4. É a equipa piloto que obteve uma nota final alta e melhor avaliação do cliente. Segue-se a equipa piloto 2, que de acordo com avaliação do cliente, encontra-se na ordem 2, e obteve apenas 15 na nota final do docente. De acordo com a análise dos artefactos esta equipa não estava bem organizada nem soube gerir o tempo corretamente, pois os artefactos estavam constantemente atrasados, o que pode ter influenciado na nota final dos docentes. Seguem-se as equipas piloto 5 e 6, no que diz respeito à seriação do cliente e ao cumprimento do CMMI a ordenação é igual. Por último, encontram-se as equipas piloto 4 e 3, no cumprimento do CMMI. Estas equipas são também as piores classificadas, para o cliente e para os docentes. Em relação a estas

duas equipas pilotos, verificaram-se várias dificuldades sentidas, principalmente por parte do Arquiteto de *Software* e pelos elementos da qualidade.

5

5. Conclusão e Trabalho Futuro

Esta dissertação pretendeu dar a conhecer de uma forma detalhada as características, as componentes e todos os aspetos abordados no modelo CMMI. Teve como objetivo principal o estudo do impacto das práticas do CMMI do nível 4 no desempenho de equipas piloto de desenvolvimento de *software*. Para este estudo de investigação foi realizada uma revisão da literatura sobre o CMMI e os resultados reforçam a credibilidade do CMMI em promover um melhor desempenho do projeto permitindo atingir produtos de boa qualidade. Foram identificados os objetivos específicos e genéricos e práticas específicas e genéricas, relativamente, ao nível 4 segundo a representação faseada.

Foi constatado que o nível de maturidade 4, é constituído por 2 áreas de processos (desempenho de processo organizacional e gestão quantitativa de projeto) num total de 16 práticas, sendo elas específicas e genéricas. É importante salientar que para atingir um determinado nível de maturidade é necessário a implementação dos objetivos genéricos juntamente com os objetivos específicos.

Durante o desenvolvimento deste trabalho, algumas modificações foram ocorrendo em relação à proposta inicial. Depois de selecionadas as práticas, foi efetuada uma análise minuciosa dos relatórios dos projetos entregues pelas equipas piloto em cada momento de avaliação. Foi realizada a avaliação dos artefactos às seis equipas piloto em estudo, para verificar a adoção do CMMI no nível 4. As classificações do cumprimento das práticas foram efetuadas pela investigadora. Com a análise de artefactos efetuada, obteve-se os resultados que serviram de guia para identificar as equipas piloto que precisam de maior orientação no cumprimento do CMMI, bem como as áreas de processo que precisam de ser melhoradas. Conclui-se que, as equipas piloto apresentaram diferenças significativas em cada área de processo.

O resultado da análise de artefactos efetuada foi importante para realizar o diagnóstico e alcançar o objetivo pretendido. Com a análise dos artefactos percebeu-se os benefícios que a utilização destas práticas causam nos resultados das equipas piloto estudadas. Conclui-se que, para equipas de desenvolvimento de *software* em ambiente académico, as equipas piloto com maiores percentagens do cumprimento do CMMI (nível 4), apresentaram melhores resultados na perspetiva do cliente e dos docentes.

Globalmente, as duas áreas de processo apresentaram percentagens de cumprimento do CMMI, baixas. A área de processo gestão quantitativa de projeto foi a mais implementada pelas equipas piloto, uma vez que estavam mais focadas nos objetivos de qualidade e de desempenho, do processo estabelecido do projeto. A área de processo menos implementada pelas equipas piloto foi o desempenho do processo organizacional, verificando-se que, numa primeira fase as equipas piloto hesitaram em estabelecer e manter um entendimento quantitativo do desempenho do conjunto de processos padrão da organização no suporte dos objetivos de qualidade como, por exemplo esforço, tempo de ciclo e eficácia na remoção de defeitos.

Um das grandes dificuldades constatadas em todas as equipas é que não estão capacitadas em gerar estatísticas que possam caracterizar o desempenho de seus processos. Essas estatísticas fornecem informações para se entender a capacidade de desenvolvimento baseado nos processos e as causas das variações de desempenho. Gerindo o desempenho dos processos de desenvolvimento estatisticamente, as equipas podem prever e controlar os resultados dos projetos.

Espera-se que os principais contributos decorrentes desta dissertação, possam ajudar futuramente as equipas piloto de desenvolvimento de *software*, a perceber a importância de cumprir as boas práticas propostas pelo CMMI. Espera-se que os trabalhos futuros possam vir a reforçar as conclusões do trabalho realizado.

Trabalho Futuro

Durante a elaboração do trabalho, surgiram algumas possibilidades de trabalho futuro, dando continuidade ao aqui apresentado.

Propõe-se a realização de um trabalho agregado com o objetivo de transmitir os conhecimentos necessários sobre as práticas específicas que são implementadas às

vezes, ou não são mesmo implementadas nas equipas piloto em estudo. Dar formação às equipas de projeto para conhecerem essas práticas e saber como utiliza-las.

Dar a conhecer de uma forma detalhada e específica os principais benefícios das muitas organizações que já atingiram o nível 4 do CMMI em todo o Mundo, apresentar casos práticos que relatam essa implementação e os principais benefícios que daí advieram.

Tal como foi feito já em outros estudos será bastante interessante desenvolver o questionário de maturidade do CMMI, e avaliar o trabalho das equipas piloto nas outras áreas de processo definidas no CMMI no nível 5, com as suas respetivas práticas específicas e genéricas.

6

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. **Barros, L. A.** (2006). *Avaliação da influência da liderança sobre a maturidade dos processos de desenvolvimento de software das empresas de telecomunicações do estado do Rio de Janeiro*. Tese de Mestrado, Universidade de Niterói, Brasil.
2. **Baskerville, R. L.** (1999). *Investigating Information Systems With Action Research*, Computer Information Systems Department, Georgia State University.
3. **Bensabat, I., D. K. Goldstein e M. Mead.** (1987). “*The Case Research strategy in studies of Information Systems*”, MIS Quaterly, Vol. 11, Nº 3, pp. 369-386.
4. **Boria, J.L.** (2007). “What’s Wrong With My Level 4?” *Comunicação Pessoal*. Disponível em: http://nemo.inf.ufes.br/files/avaliacao_de_bases_de_medidas_considerando_sua_aplicabilidade_ao_controle_estatistico_de_processos_de_software_2008.pdf (Consultado em 22-12-2012)
5. **Carosia, J. S.** (2003). *Levantamento da qualidade do processo de software com foco em pequenas organizações* / J. S. Carosia. – São José dos Campos: INPE, 158p. – (INPE-10424-TDI/921).
6. **Couto, A. B.** (2007). *CMMI – Integração dos Modelos de Capacitação e Maturidade de Sistemas*. Rio de Janeiro: Editora Ciência Moderna, 275p.

7. **Coutinho**, C.P., and **Chaves**, J.H. (2002). *O estudo de caso na investigação em Tecnologia Educativa em Portugal*. Revista Portuguesa de Educação, 15(1), pp. 221- 244. CIED - Universidade do Minho.
8. **Creswell**, J. W. (1994). *Research design: qualitative & quantitative approaches*, Thousand Oaks: Sage Publications.
9. **Crosby** Philip B. (1979). *Quality Is Free: The Art of Making. Quality Certain*. New York: McGraw-Hill.
10. **Chrissis**, M. B., **Konrad**, M., and **Shrum**, S. (2003). *CMMI: Guidelines for process integration and product improvement*. Boston, MA: Addison-Wesley.
11. **Clark**, P. A. (1972). *Action Research and Organizational Change*, Harper & Row, London.
12. **Deming** W. Edwards (1986). *Out of the Crisis*. Cambridge, MA: MIT Center for Advanced Engineering.
13. **Falbo**, R. A. (2005). *Engenharia de Software*. Notas de aula, Universidade Federal do Espírito Sant, Brasil.
14. **Feldpusch** P. and **Stoll** B. (2006). *SSE-CMM LEVEL 4 - A CASE STUDY*. Disponível em:
<http://cross5talk2.squarespace.com/storage/issuearchives/2001/200102/200102-Florence.pdf> Acesso em: 21-12-2013.
15. **Fiorini**, (1998). Soeli T.; STAA, A.V. e BAPTISTA, R.M. *Engenharia de software com CMM*. Rio de Janeiro: Brasport, pp346.
16. **Florence** A.W. (2001). *CMM Level 4 Quantitative Analysis and Defect Prevention*. Disponível em:
<http://cross5talk2.squarespace.com/storage/issuearchives/2001/200102/200102-Florence.pdf> (Consultado em 21-12-2012).

17. **GIL**, Antonio C. (2010). *Como elaborar projetos de pesquisa*. 3.ed. São Paulo: Atlas S.A.
18. **Gressler**, Lori Alice (2003). *Introdução à pesquisa: projetos e relatórios*. São Paulo: Loyola.
19. **Gomes**, S. (2009). *Metodologias e Técnicas de Gestão de Projectos necessárias para implementar o CMMI (Capability Maturity Model Integration)*. Tese de Mestrado, Instituto Universitário de Lisboa, Lisboa, Portugal.
20. **Goldenson**, D. R., and **Gibson**, D. L. (2003). *Demonstrating the impact and benefits of CMMI: An update and preliminary results*. Pittsburgh: Software Engineering Institute, Carnegie Mellon University, 34 p. (Special Report CMU/SEI-2003-SR-009).
21. **Hickerson**, T. (2006). *Failure at the Speed of Light – Project escalation and de-escalation in the software industry*. Tese de Mestrado, The Fletcher School, TUFTS University.
22. **Humphrey**, W. S. (2002). *Winning with Software – an Executive Strategy*. Massachusetts, EUA: Addison-Wesley, EUA.
23. **Humphrey** Watts S. (1989). *Managing the Software Process*. Reading, MA: Addison-Wesley.
24. **IBM** Corporation. (2007). *IBM Rational Unified Process v7.0*.
25. ISD BRASIL (Integrated System Diagnostics Brasil). (Consultado em 20/07/2013. Disponível em: <http://www.isdbrasil.com.br/default.asp>)
26. **Jones**, L. G. e A. L. Soule (2002). *Software Process Improvement and Product Line Practice: CMMI and the Framework for Software Product Line Practice*, Software Engineering Institute, Technical Note, CMU/SEI-2002-TN-012.

27. **Jokela, T.; Lalli, T.** (2003). *Usability and CMMI: Does a Higher Maturity Level in Product Development Mean Better Usability?* In: *Computer-Human Interaction*, Ft. Lauderdale.
28. **Juran Joseph M.** (1988). *Juran on Planning for Quality*. New York: Macmillan.
29. **Kay, R.** (2005). *CMMI*, *COMPUTERWORLD*, January 24, (Consultado em 21-12-2012). Acesso em: 21-12-2013. Disponível em: <http://www.computerworld.com>
30. **Kant, I.** (1908). *The Critique of Pure Reason* (1781), Modern Classical Philosophers: in B. Rand, (ed.) *Modern Classical Philosophers*, Cambridge, MA: Houghton Mifflin, pp. 370-456.
31. **Keller k., Mack B.** (2013). *Maturity Profile Reports*, CMMI-SCAMPI V1.2/V1.3. CMMI Institute.
32. **Keen, P.** (1991). *Relevance and Rigor in Information Systems Research: Improving Quality, Confidence Cohesion and Impact*, *Information Systems Research: Contemporary Approaches & Emergent Traditions*, pp. 27-49.
33. **Krutchén.** (2000). P. *The Rational Unified Process – An Introduction*. 2ed. Addison-Wesley-Longman.
34. **Kruchten, Philippe.** (2000). *The Rational Unified Process: An Introduction*. Second Edition. Addison-Wesley.
35. **Kulpa, M. K.; Johnson, K. A.** (2008). *Interpreting the CMMI: A process Improvement Approach*. 2nd. Ed. Florida: Auerbach, 404p.
36. **Lazzari, M. L.** (2006). *Implantação de Melhoria de processos de desenvolvimento de software utilizando o CMMI: Um estudo de caso em uma empresa de varejo*. 2006. 70p. Monografia (Sistemas de informação) –

- Ciências exatas e tecnológicas, Universidade do vale do rio dos sinos, São Leopoldo.
37. **Liberato, M. E. T.** (2008). *Implementação do Modelo CMMI na Espírito Santo Informática*. Tese de Mestrado, Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro, Vila Real, Portugal.
38. **Locoselli, C.** (2010). *CMMI – Uma visão geral*. Senac Centro Universitário, Pós graduação e pesquisa.
39. **Maria Carvalho.** (2007). *Mapeando a ISO 9001 para o CMMI*. Tese de Bacharelato, Faculdade Lourenço filho, Fortaleza Brasil.
40. **Marçal, A. S.** (2009). *Scrummi: Um processo de gestão ágil baseado no SCRUM e aderente ao CMMI*. Orientadora: Profa. Dra. Elizabeth Furtado. Dissertação de Mestrado. UNIFOR – Fortaleza, Brasil.
41. **Mattar, F. N.** (2008). *Pesquisa de marketing: metodologia, planejamento*. São Paulo, 6ª Ed.: Atlas.
42. **Mandjan, Fátima.** (2011). *Avaliação do impacto das práticas do CMMI do nível 2, no desempenho de equipas piloto de desenvolvimento de software no ensino*. Tese de mestrado. Universidade do Minho.
43. **McMahon P. E.** (2010). *Integrating CMMI and Agile Development: Case Studies and Proven Techniques for Faster Performance Improvement*. Addison-Wesley.
44. **Mertens, Donna.** (1998). *Research Methods in Education and Psychology: Integrating Diversity with Quantitative & Qualitative Approaches*, London: Sage Publications.
45. **Miguel, A.** (2008). *Gestão de Projectos de Software*. FCA – Editora de Informática, Lisboa.

46. **Myers, M. D.** (1997). *Qualitative Research in Information Systems*, MISQ Discovery, MIS Quarterly (21:2), pp. 241-242.
47. **Paulk, Mark C.** (1998). *Using the Capability Maturity Model for Software to Drive Change*. In: Tor Larsen, Eugene McGuire (eds.): Information Systems Innovation and Diffusion: Issues and Directions, Idea Group Publishing, Hershey, USA - London, UK, 196 – 219.
48. **Peters, M. e V. Robinson.** (1984). *The Origins and Status of Action Research*, Journal of Applied Behavioral Science, pp. 113-124.
49. **Pressman, R. S.** (1995). *Engenharia de Software*. São Paulo: Pearson Makron Books. 1056p.
50. **Portela C.** (2012). *SPIDER-PE: Um Framework de apoio á execução flexível de processos de software aderente a modelos de qualidade*. Tese de Mestrado, UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO, Recife.
51. Published Appraisal Results List. (2013). CMMI Institute, Disponível em: <https://sas.cmmiinstitute.com/pars/pars.aspx> (Consultado em Agosto de 2013).
52. **P. Monteiro, P. Borges, R. J. Machado, and P. Ribeiro.** (2012). A reduced set of RUP roles to small software development teams. ICSSP, page 190-199. IEEE.
53. **Quintella, H. M. and Osório, R. F.** (2003). *CMM e Qualidade: Caso Dataprev*. XXIII Encontro Nac. De Eng. de Produção – Ouro Preto, MG, Brasil.
54. **Quintella H.M., Barros L.A, Ferreira F.S.** (2006). *Avaliação da influência da liderança sobre a maturidade dos processos de desenvolvimento de software das empresas de telecomunicações do Estado do Rio de Janeiro*. Relatórios de Pesquisa em Engenharia de Produção V. 6 n. 18, Universidade Federal Fluminense (UFF), Niterói – RJ – Brazil.

55. **Rational Software Corporation.** (1998). *Ration Unified Process Best Practices for Software Development Teams*. In: IBM Rational Software.
56. **Rational.** (2000). *Reaching CMM Levels 2 and 3 with the Rational Unified Process*, White Paper, Rational Software.
57. **Rational Software Corporation.** (2003). *Rational Unified Process 2003*, Califórnia: Rational Software. CD-ROM.
58. **Rapoport, R. N.** (1970). *Three Dilemmas in Action Research, Human Relations* (23:6), pp. 499-513.
59. **SEI.** (2001). *Experiences in Implementing Measurement Programs*, Software Engineering Institute, Pittsburg, PA. Disponível em: <http://www.sei.cmu.edu/reports/01tn026.pdf> (Consultado em Fevereiro de 2013).
60. **SEI.** (2006). *CMMI for Development: Version 1.2: CMMIDEV*. Pittsburg, PA, USA. Disponível em: <http://www.sei.cmu.edu/cmmi/models/CMMI-DEV-v1.2.doc> (Consultado em Abril de 2013).
61. **SEI.** (2008). *CMMI or Agile: Why Not Embrace Both*. CMU/SEI - 2008-TN-003. USA. Disponível em: <http://www.controlchaos.com/storage/scrums-articles/CMMi.pdf> (Consultado em Maio de 2013).
62. **SEI - Software Engineering Institute, Carnegie Mellon University.** Disponível em: <http://www.sei.cmu.edu/cmmi> (Consultado em Dezembro 2012).
63. **SEI.** (2010). *CMMI for Development, Version 1.3*, Pittsburg, PA, EUA. Disponível em: <http://www.sei.cmu.edu/reports/10tr033.pdf> (Consultado em Dezembro 2013).

64. **SEI.** (2002). *Capability Maturity Model Integration*, Technical Report CMU/SEI-2002- TR-001, Software Engineering Institute, Carnegie Mellon University Press, Pittsburg, PA.
65. **Serapioni, M.** (2000). *Métodos qualitativos e quantitativos na pesquisa social em saúde: algumas estratégias para a integração*, Ciência & Saúde Coletiva, ABRASCO, vol. 5, n°1, pp. 187-92.
66. **Shewhart.** (1931). Walter A. *Economic Control of Quality of Manufactured Product*. New York: Van Nostrand, 1931.
67. **Sotille, M.** (2003). *PMBOK & CMM + CMMI*. Disponível em: <http://www.pmtech.com.br> Acesso em: 21-12-2013.
68. **Straub, D., D. Gefen, M. Boudreau.** (2004). *The ISWorld Quantitative, Positivist Research Methods Website*. Disponível em: <http://dstraub.cis.gsu.edu:88/quant> Acesso em: 21-12-2013.
69. **Susman, G.I.; Evered, R.D.** (1978). *Administrative Science Quarterly*. An Assessment of the Scientific Merits of Action Research, v.23, pp. 582-603.
70. **Sutherland, J.; Jakobsen, C.; Johnson, K.** (2008). *Scrum and CMMI Level 5: The Magic Potion for Code Warriors*. Conference Publications (pp. 272 - 278).
71. **Swebok.** (2004). *Guide for the Software Engineering Body of Knowledge*, 2004 version, IEEE Computer Society, California, EUA.
72. **Tonini, A. C., Carvalho, M. M., Spinola, M. M.** (2008). *Contribuição dos modelos de qualidade e maturidade na melhoria dos processos de software*. Acesso em: 21-12-2013. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-65132008000200006&lng=pt&nrm=iso

73. **William P. Lopes** e **Cristina D. P. Martens**. (2010). *Proposta para aplicação de práticas CMMI no desenvolvimento de Software*, Revista destaques acadêmicos, ano 2, N. 1, - CGO/UNIVATES.
74. Wikipédia: Metodologias: CMMI. Disponível em:
<http://www.useagile.com.br/site/metodologias06-cmmi.html> Acesso em: 20 Julho. 2013.
75. **Yucalar**, F. and S.Z. Erdogan. (2009). *A questionnaire based method for CMMI level 2 maturity assessment*. J. Aeronaut. Space Technol., 4: 39-46.
76. **Zubrow**, D., Hayes, W., Siegel, J., and Goldenson, D. (1994). *Maturity Questionnaire*, Special Report, CMU/SEI-94-SR-7, Software Engineering Institute.

7

ANEXOS

Universidade do Minho | Dissertação no âmbito do Mestrado em Sistemas de Informação

O questionário apresentado consiste em caracterizar cada elemento da equipa de DAI (Desenvolvimento de Aplicações Informática).

É importante que responda com a máxima sinceridade.

Agradecemos desde já a sua colaboração.

Parte superior do formulário

1. Caracterização

1.1 Nome *

1.2 Sexo *

1.3 Idade *

1.4 Número de aluno *

1.5 Qual a identificação da sua equipa? *

Consiste em identificar o turno prático que pertence.

- PI1di
- PI2di
- PI3di

- PI4di
- PI1pl
- PI2pl

1.6 Laboral / Pós Laboral *

Consiste em identificar o tipo de horário a que pertence.

- Laboral
- Pós Laboral

1.7 Função que desempenha na equipa *

- Arquiteto de Software
- Coordenador de Infraestrutura
- Administrador de BD
- Gestor de Projeto
- Analista
- Chefe Equipa Web
- Programador Web
- Chefe Equipa BD
- Programador BD
- Chefe Equipa Negócio
- Programador Negócio
- Coordenador da Qualidade
- Auditor de Qualidade

1.8 Experiência profissional *

Possui alguma experiência profissional.

- Sim
- Não