



UNIVERSIDADE
ESTADUAL DE LONDRINA

BRUNO OMENA MESQUITA

GAIA ESTIMATIVA:
UM *FRAMEWORK* PARA GERÊNCIA E AVALIAÇÃO DAS
PRÁTICAS DE ESTIMATIVAS DE SOFTWARE

Londrina
2014

BRUNO OMENA MESQUITA

GAIA ESTIMATIVA:
UM *FRAMEWORK* PARA GERÊNCIA E AVALIAÇÃO DAS
PRÁTICAS DE ESTIMATIVAS DE SOFTWARE

Dissertação apresentada ao Programa de Mestrado em Ciência da Computação do Departamento de Computação da Universidade Estadual de Londrina, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Ciência da Computação.

Orientador: Prof. Dr. Rodolfo Miranda de Barros

Londrina
2014

**Catálogo elaborado pela Divisão de Processos Técnicos da Biblioteca Central da
Universidade Estadual de Londrina**

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)

M582g Mesquita, Bruno Omena.
GAIA Estimativa : um *framework* para gerência e avaliação das práticas de estimativas de software / Bruno Omena Mesquita. – Londrina, 2014.
114 f. : il.

Orientador: Rodolfo Miranda de Barros.
Dissertação (Mestrado em Ciência da Computação) – Universidade Estadual de Londrina, Centro de Ciências Exatas, Programa de Pós-Graduação em Ciência da Computação, 2014.
Inclui bibliografia.

1. Software – Desenvolvimento – Teses. 2. Framework (Programa de computador) – Teses. 3. Engenharia de software – Teses. 4. Software – Estimativa e custo – Teses. 5. Software – Desenvolvimento – Avaliação de riscos – Teses. I. Barros, Rodolfo Miranda de. II. Universidade Estadual de Londrina. Centro de Ciências Exatas. Programa de Pós-Graduação em Ciência da Computação. III. Título.

CDU 519.68.02

BRUNO OMENA MESQUITA

**GAIA ESTIMATIVA: UM *FRAMEWORK* PARA GERÊNCIA E
AVALIAÇÃO DAS PRÁTICAS DE ESTIMATIVAS DE SOFTWARE**

Dissertação apresentada ao Programa de Mestrado em Ciência da Computação do Departamento de Computação da Universidade Estadual de Londrina, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Ciência da Computação.

BANCA EXAMINADORA

Orientador. Prof. Dr. Rodolfo Miranda de Barros
Universidade Estadual de Londrina – UEL

Prof. Dr. Jacques Duílio Brancher
Universidade Estadual de Londrina – UEL

Prof. Dr. Bruno Bogaz Zarpelão
Universidade Estadual de Londrina – UEL

Prof. Dr. Lourival Aparecido de Góis
Universidade Tecnológica Federal do Paraná –
UTFPR

Londrina, 27 de Fevereiro de 2014.

Dedico este trabalho aos meus pais,
Valdemir Hilário de Mesquita e Lenir Omena
dos Santos Mesquita e irmãos, Kauê Omena
Mesquita e Mayara Omena Mesquita por me
apoiarem incondicionalmente durante toda
minha vida.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, pela constante proteção e iluminação de meu caminho.

Aos meus pais (Valdemir e Lenir) e irmãos (Kauê e Mayara), que com muito carinho e apoio, não mediram esforços para que eu chegasse até esta etapa de minha vida, colaborando com tudo que precisei e acima de tudo com muito afeto.

Ao professor e meu orientador Rodolfo Miranda de Barros pelo seu apoio, inspiração e companheirismo, que me ajudou no amadurecimento dos meus conhecimentos e conceitos que me levaram a execução e conclusão desta dissertação.

À todos meus amigos com quem convivi nestes anos. E em especial a: Jefferson, Gustavo, Markão, Jun, Felipe, Raíssa, Karen, Daniella, Luciana, Jenifer, Rafael e Bruno, que sempre estiveram presentes quando precisei e que com certeza pude compartilhar muitos dos melhores momentos da minha vida.

Agradeço aos meus companheiros dos Laboratórios GAIA e Riguel, Anderson, Eduardo, Luiz, Marcus e Gilberto. Onde nestes últimos anos mantivemos um convívio quase diário com muita descontração, união e apoio em tudo que foi preciso.

À todos os professores e funcionários do Departamento de Computação, que buscaram me preparar ao máximo para que eu tivesse uma ótima formação acadêmica.

À CAPES pelo apoio financeiro concedido, o qual culminou na elaboração desta dissertação.

E por fim, mas não menos importante, à Universidade Estadual de Londrina, por oferecer a qualidade de ensino e o Mestrado em Ciência da Computação.

“A vitória mais bela que se pode alcançar é vencer a si mesmo”.

(Santo Inácio de Loyola)

MESQUITA, Bruno Omena. **GAIA Estimativa**: Um *Framework* para Gerência e Avaliação das Práticas de Estimativas de Software. 2014. 114 f. Dissertação (Mestrado em Ciência da Computação) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2014.

RESUMO

Com o crescimento do desenvolvimento de software pelo mundo, gerenciar bem e planejar esta tarefa tornaram-se práticas cruciais para se coordenar efetivamente um projeto de software. Dentro deste contexto, o processo de estimativa apresenta-se como base para planejar e controlar bem esses projetos. Portanto, quanto mais precisas forem as estimativas melhor será o planejamento, pois este assumirá menos riscos. Em contra partida, com estimativas ruins ou imprecisas aumenta o risco assumido pelo planejamento, e isto pode acarretar em grandes prejuízos para o projeto ou até mesmo o seu cancelamento. Porém, mesmo diante da importância desta atividade, são escassas as fontes que apresentam diretrizes de como gerenciar e executar o processo de estimativa, dificultando ainda mais o seu aproveitamento. Assim, visando preencher esta lacuna, nós propomos um *Framework* chamado GAIA Estimativa com o objetivo de apoiar a gerência e avaliação do processo de estimativa de software por meio de níveis de maturidade, serviços e um questionário de avaliação diagnóstica. Os resultados da aplicação do *Framework* foram animadores, uma vez que após a sua aplicação em um Processo de Desenvolvimento de Software observou-se um aumento na acurácia das estimativas realizadas principalmente durante os marcos do projeto.

Palavras-chave: Processo de estimativa. *Framework*. Serviços. Níveis de maturidade. Questionário de avaliação diagnóstica.

MESQUITA, Bruno Omena. **GAIA Estimation: A Framework for Management and Assessment of the Software Estimation Practices.** 2014. 114p. Dissertation (Master's degree in Computer Science)– Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2014.

ABSTRACT

With the current growth of software development, plan and manage well this task has become vital for effective coordination of a software project. Within this context, the estimation process presents as basis for achieving a good planning and control of these projects. Therefore, more accurate estimates mean a better planning, and with this the project will take less risk. On the other hand, bad or inaccurate estimates increase the risks which the planning takes on and this may lead to large losses for the project or even its cancellation. However, spite of the importance of this activity, there are few sources which provide guidelines on how to perform and manage the estimation process, further hindering their use. Then, in order to fill this gap, we propose a Framework called GAIA Estimation aiming support the management and assessment of the software estimation process through maturity levels, services and a diagnostic assessment questionnaire. The results of the application of the Framework were encouraging, since after its application in a Software Development Process observed an increase in the accuracy of estimates conducted mainly during the project milestones.

Keywords: Estimation process. Framework. Services. Maturity levels. Diagnostic assessment questionnaire.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 2.1 - Estratégia de Pesquisa Adotada.....	21
Figura 3.1 - Processo de Estimativa de Projetos.....	29
Figura 3.2 - Metodologia GQM.....	35
Figura 3.3 - Fases do GQM..	36
Figura 3.4 - Dinamismo da Metodologia GQ(IM)..	37
Figura 4.1 - Mapeamento dos Conceitos utilizados para elaboração do Framework GAIA Estimativa	47
Figura 4.2 - Funcionamento do Framework.....	48
Figura 4.3 - Estrutura dos serviços do Framework.....	49
Figura 4.4 - Componentes do Serviço de Verificação e Validaçãoooo.....	53
Figura 4.5 - Modelo de Maturidade e seus Serviços.	54
Figura 4.6 - Exemplo de Gráfico.	62
Figura 4.7 - Processo de Implantação do GAIA Estimativa.....	63
Figura 5.1 - Processo de Desenvolvimento de Software da Fábrica GAIA (PDSG)	67
Figura 5.2 - Gráfico com o resultado da primeira aplicação do QAD no PDSG..	68
Figura 5.3 - Alteração Realizada na fase de Validação e Testes do PDSG.....	70
Figura 5.4 - Alteração realizada na etapa de Manter Requisitos do PDSG.....	71
Figura 5.5 - Desvio do Prazo.....	76
Figura 5.6 - Taxa de Erro na Estimativa de Tamanho.....	76
Figura 5.7 - Comparação do Desvio do Cronograma.....	77
Figura 5.8 - Comparação do Erro da Estimativa de Tamanho.	77
Figura 5.9 – Quantidade de Estimativas Aprovadas e Reprovadas.....	78
Figura 5.10 - Acurácia das Estimativas Comparadas.....	79
Figura 5.11 - Gráfico obtido da segunda submissão do PSDG ao QAD.....	81

LISTA DE TABELAS

Tabela 2.1 - Classificação da Pesquisa.	22
Tabela 3.1 - Tabela comparativa entre os Trabalhos Relacionados.....	44
Tabela 4.1 - Modelo de Questão do QAD.....	57
Tabela 4.2 - Peso das questões nos serviços do GAIA Estimativa.	58
Tabela 4.3 - Exemplo de cálculo do VMax.....	59
Tabela 4.4 - Exemplo de cálculo do VMin.	59
Tabela 4.5 - Exemplo FP.....	60
Tabela 4.6 - Exemplo de FA.	60
Tabela 4.7 - Exemplo de cálculo do Resultado Final (RF).....	61
Tabela 4.8 - Exemplo de cálculo do Resultado (R)	61
Tabela 4.9 - Classificação do nível de Maturidade de acordo com seu Percentual.	61
Tabela 4.10 - Estrutura do Indicador.....	64
Tabela 5.1 - Taxa de atendimento obtida pela aplicação inicial do QAD no PSDG.	69
Tabela 5.2 - Síntese das alterações feitas no PDSG.....	72
Tabela 5.3 - Metas do Negócio elaboradas para o Estudo de Caso.	73
Tabela 5.4 - Metas da Medição e seu relacionamento com as Metas de Negócio.....	73
Tabela 5.5 - Questões geradas a partir das Metas da Medição.	73
Tabela 5.6 - Indicadores gerados a partir das Questões.	74
Tabela 5.7 - Métricas geradas a partir dos Indicadores.....	74
Tabela 5.8 - Dados Coletados sobre o Prazo.....	80
Tabela 5.9 - Dados Coletados sobre o Tamanho.....	80
Tabela 5.10 - Comparação entre as taxas de atendimento iniciais e finais	80

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

PDS	Processo de Desenvolvimento de Software
PES	Processo de Estimativa de Software
UEL	Universidade Estadual de Londrina
EAP	Estrutura Analítica do Projeto
COCOMO	<i>Constructive Cost Model</i>
COBRA	<i>Cost Estimation Benchmarking and Risk Assessment</i>
APF	Análise por Pontos por Função
PCU	Pontos por Casos de Uso
LOC	<i>Lines of Code</i>
BDH	Banco de Dados Históricos
PMBOK	<i>Project Management Body of Knowledge</i>
OPM3	<i>Organizational Project Management Maturity Model</i>
CMMI	<i>Capability Maturity Model Integration</i>
GQM	<i>Goal Question Metric</i>
GQ(I)M	<i>Goal Question Indicator Metric</i>
SEI	<i>Software Engineering Institute</i>
COSMIC	<i>Common Software Measurement International Consortium</i>
UML	<i>Unified Modeling Language</i>
ITIL	<i>Information Technology Infrastructure Library</i>
QAD	Questionário de Avaliação Diagnóstica
FM	Fatores Multiplicativos
VMax	Valores Máximos
VMin	Valores Mínimos
FP	Faixa de Pontuação
FA	Faixa de Ajuste
PI	Processo de Implantação
PDSG	Processo de Desenvolvimento de Software da fábrica GAIA

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	13
1.1	OBJETIVOS	15
1.2	MOTIVAÇÃO.....	16
1.3	ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO	16
2	METODOLOGIA DE PESQUISA	18
2.1	ESTUDO DE CASO.....	19
2.2	ESTRATÉGIA DE PESQUISA DA DISSERTAÇÃO.....	20
2.3	CLASSIFICAÇÃO DA PESQUISA	21
3	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	23
3.1	ESTIMATIVAS DE SOFTWARE.....	23
3.1.1	Analogia.....	24
3.1.2	Bottom-Up	25
3.1.3	Top-Down	26
3.1.4	Modelos Paramétricos.....	26
3.1.5	Abordagens Heurísticas	27
3.1.6	Sistemas de Previsão.....	28
3.2	PROCESSO DE ESTIMATIVA DE SOFTWARE	28
3.3	MODELOS DE MATURIDADE.....	33
3.4	GOAL QUESTION METRIC E GOAL QUESTION INDICATOR METRIC	35
3.4.1	Goal Question Metric.....	35
3.4.2	Goal-Driven Software Measurement	37
3.5	TRABALHOS RELACIONADOS	39
3.5.1	Comparação dos Modelos com o Gaia Estimativa	42
4	FRAMEWORK GAIA ESTIMATIVA	46
4.1	ESTRUTURA DO FRAMEWORK	46
4.2	SERVIÇOS.....	49
4.3	NÍVEIS DE MATURIDADE.....	52
4.4	QUESTIONÁRIO DE AVALIAÇÃO DIAGNÓSTICA	56
4.5	PROCESSO DE IMPLANTAÇÃO	63

5	ESTUDO DE CASO	65
5.1	DESIGN E PLANEJAMENTO DO ESTUDO DE CASO	66
5.2	APLICAÇÃO DO ESTUDO DE CASO	67
5.2.1	Modificações no PDSG.....	69
5.2.2	Elaboração dos Indicadores de Desempenho.....	72
5.3	RESULTADOS E DISCUSSÕES	75
6	CONCLUSÕES E TRABALHOS FUTUROS	83
6.1	CONCLUSÕES	83
6.2	CONTRIBUIÇÕES.....	84
6.3	TRABALHOS FUTUROS	84
	REFERÊNCIAS	86
	ANEXOS	91
	ANEXO A – Questionário de Avaliação Diagnóstica	92
	ANEXO B – Indicadores de Desempenho do Estudo de Caso.....	113
	ANEXO C – Checklist de Avaliação.....	114
	TRABALHOS PUBLICADOS PELO AUTOR	111

1 INTRODUÇÃO

Atualmente o uso de computadores está difundido em quase todos os aspectos da vida moderna. Eles são usados no trabalho, para comunicação, compras, pesquisas, em situações menos visíveis, como usar o carro, regular a temperatura da geladeira, usar o micro-ondas e em tarefas de alto risco, como controle de tráfego aéreo, equipamentos hospitalares, metrô e usinas de geração de energia elétrica, por exemplo.

Todas estas atividades têm algo em comum: o uso de sistemas computacionais sejam eles explícitos ou embutidos em outros produtos. Assim, é notável a importância dos computadores na vida cotidiana. Para que os computadores consigam exercer sua função, é preciso instruí-los corretamente para execução de suas tarefas. Essas instruções são comumente chamadas de “programa de computador”, “aplicação” ou “software”. E isto faz o software ser igualmente importante para nossas vidas.

Diante disso, muitas empresas entraram no mercado de desenvolvimento de software visando suprir essa demanda. Porém, essas empresas enfrentaram diversos problemas e desafios no seu ciclo de desenvolvimento de software, como por exemplo, os projetos superando o orçamento, prazo, software de baixa qualidade, projetos ingerenciáveis e o código difícil de manter, o que acabou culminando na crise do software na década de 1970 [1].

Desde então, essas empresas e a academia buscam realizar melhorias em seus processos de desenvolvimento de software (PDS) por meio da criação e aperfeiçoamento de padrões, normas e métodos. Estas melhorias refletem positivamente nos prazos de entrega, custos e qualidade do software, fazendo com que a empresa que as adote consiga uma vantagem sobre seus concorrentes, obtendo assim maior chance de sucesso na indústria de desenvolvimento de software.

Dentre as diversas melhorias de processo almejadas por empresas do setor, pode-se destacar a melhoria no processo de estimativas como sendo uma das mais desejadas, pois, como relatado no *The CHAOS Manifesto* [2], apenas 39% dos projetos são entregues no prazo com os custos planejados. Já 43% deles sofrem com atrasos e estouro do orçamento e os outros 18% são cancelados. As principais causas disso são a baixa qualidade das estimativas somada à instabilidade dos requisitos [2].

Entretanto, esta tarefa não é tão simples de ser realizada. Estimar o tempo, esforço e data de entrega de um software é um processo delicado, o qual envolve muita sensibilidade do analista e de toda equipe, exigindo um grande conhecimento do projeto e

capacidade de adaptação. Este cenário, comum às empresas de desenvolvimento de software, ocasiona um aumento nas responsabilidades do gerente de projetos, que muitas vezes só pode contar com sua experiência profissional como ferramenta.

Para melhorar este panorama, a academia vem conduzindo diversos estudos com intuito de oferecer soluções para melhorar a acurácia das estimativas. Com isso, muitas técnicas e metodologias foram criadas, combinadas e aperfeiçoadas para este fim [3]. Entre estas, observa-se que a grande maioria constitui-se de modelos formais de estimativas. Esses modelos usam transformações matemáticas para prever o esforço, tamanho e cronograma do software.

Mesmo com muitas técnicas e metodologias disponíveis é de conhecimento que o método mais utilizado pela indústria é o julgamento de especialistas [4,5]. Neste método, considerado simples, as estimativas são baseadas principalmente na experiência do estimador. O uso deste método não é bem visto pela academia, pois quando ele é executado sem nenhuma estrutura, o que geralmente acontece, quase sempre produz resultados errôneos [4].

O grande motivo da indústria comumente preferir usar um método que potencialmente irá produzir resultados não confiáveis a outros métodos é que o julgamento de especialistas é considerado uma técnica simples e principalmente flexível. A maioria dos outros modelos, principalmente os formais, são considerados mais difíceis de entender, aplicar, gerenciar e pouco flexíveis.

Além disso, a maioria destas técnicas não leva em consideração a maturidade necessária da organização para aplicá-las ou como implementar tais técnicas em uma situação real tampouco como e quando elas devem ser utilizadas. Muitas vezes, isso pode ocasionar em perdas para a organização que tentar executá-las, devido à falta de preparação para cumprir as tarefas necessárias.

Dessa forma, visando preencher essa lacuna, o presente trabalho foi elaborado, onde propomos um *framework* denominado **GAIA Estimativa**, que reúne as boas práticas de estimativas de software, com o objetivo de fornecer subsídios para uma gerência, execução e avaliação eficaz do processo de estimativa de software (PES) em uma organização desenvolvedora. O GAIA Estimativa é composto por níveis de maturidade, serviços, um questionário de avaliação diagnóstica e um *checklist* de avaliação da aderência dos serviços implantados.

O diferencial do GAIA Estimativa é que, ao ser baseado em níveis de maturidade o processo pode ser implementado de maneira gradual e incremental, o que o

torna adaptável e flexível a realidade de cada organização. Em seus serviços, ele traz as práticas de estimativas necessárias para a execução do PES de maneira eficaz. Além de oferecer um meio de avaliar essas práticas dentro das organizações por meio do questionário de avaliação diagnóstica.

1.1 OBJETIVOS

O principal objetivo desta pesquisa é a elaboração, apresentação e validação do *framework* GAIA Estimativa. Um *framework* é um conjunto de conceitos usados para resolver um problema de um domínio específico. Ele permite o manuseio homogêneo de diferentes objetos de negócio, serve para incrementar a disciplina de gestão e predefinir artefatos entregáveis comuns para cada objeto de negócio [1].

Já o objetivo do *framework* é oferecer uma estrutura adaptável e flexível para a aplicação, gerência e avaliação das estimativas de software. Essa estrutura deve conter as práticas de estimativas necessárias para o cumprimento desta tarefa de forma eficaz, além de diretrizes que apontem quando e como utilizar cada uma dessas práticas.

Conforme o estabelecimento do objetivo principal, também foram elaborados os seguintes objetivos específicos para guiar a pesquisa:

- Elaborar um questionário de avaliação diagnóstica. Com o objetivo de avaliar as atuais práticas de estimativas de software dentro das organizações e assim identificar as possíveis melhorias.
- Definir níveis de maturidade, baseados no PES. Para implantar as práticas de estimativas necessárias de maneira gradual e incremental adaptando-se assim a realidade de cada organização.
- Criar serviços que contenham as práticas de estimativas. Com intuito de gerenciar sua aplicação e implantação.
- Validar o *framework* por meio de um estudo de caso. A fim de averiguar o desempenho do GAIA Estimativa em um ambiente real de desenvolvimento.

1.2 MOTIVAÇÃO

Um dos muitos desafios da engenharia de software é estimar o esforço, cronograma e custos necessários para desenvolver um software. Estimativas precisas são importantes em praticamente qualquer domínio do desenvolvimento: elas são o principal insumo para o planejamento do projeto, para licitações, orçamento e decisões sobre investimentos.

Porém, mesmo com esta importância, muitas organizações pecam em realizar suas estimativas. Conforme descrito no *The CHAOS Manifesto*, entre as principais características apontadas para a falha em projetos de software está a superação dos custos e prazos estimados [2]. Isto é um forte indício de que a aplicação das técnicas existentes não está trazendo o resultado esperado.

No entanto, uma vez que as estimativas do projeto se tornam precisas o suficiente ao ponto de minimizar a preocupação com grandes erros, elas podem produzir benefícios adicionais, tais como: melhor visibilidade, melhor qualidade, melhor orçamento, identificação adiantada de riscos, entre outras [6].

Cerca de trinta metodologias e técnicas foram pesquisadas na literatura, contudo os modelos encontrados não satisfaziam por completo os anseios da indústria, que necessita de modelos e técnicas flexíveis, adaptáveis e de aplicação prática. Dessa forma, fomos motivados a estabelecer um meio, pela elaboração do *framework* GAIA Estimativa, que consiga suprir essa necessidade, permitindo assim que as organizações possam usufruir dos benefícios de boas estimativas.

1.3 ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO

Esta dissertação está organizada em seis seções, conforme descrito a seguir:

- A seção 1 compreende esta introdução.
- Na seção 2 encontra-se uma breve descrição da metodologia de pesquisa utilizada.
- A seção 3 traz a fundamentação teórica por trás da elaboração deste trabalho, bem como os trabalhos relacionados ao tema.
- Na seção 4 o *framework* GAIA Estimativa é apresentado.

- A seção 5 descreve a execução do estudo de caso aplicado.
- E a seção 6 contém as conclusões referentes ao trabalho, suas contribuições e trabalhos futuros.

2 METODOLOGIA DE PESQUISA

O entendimento de um assunto implica no seu aprendizado, isto é, observação e reflexão, o que envolve classificação de conhecimento, construção de modelos (para a aplicação em domínios, processo de resolução de problemas, etc.), experimentação, e evolução de ideias. Este paradigma vem sendo usado por diversas áreas do conhecimento como, por exemplo, medicina, física, tecnologia e ciências sociais. Estas áreas têm algumas diferenças que refletem em como seus modelos são analisados, construídos e como seus experimentos são conduzidos. Existem diferentes tipos de metodologias para realizar pesquisas nestas áreas, Runeson e Höst [7] apresentam a seguinte classificação para tais:

- *Surveys*, que é caracterizada pela coleta de informação padronizada de uma população específica, normalmente, mas não somente via questionários e entrevistas.
- Experimentos, ou experimentos controlados, que são caracterizados pela medição dos efeitos da manipulação de uma variável em outra variável e que os objetos de estudo são distribuídos aleatoriamente aos tratamentos.
- Pesquisa-ação, cujo propósito é influenciar ou mudar algum aspecto sobre qualquer que seja com foco na pesquisa. Ela busca modificar o ambiente que está sendo estudado pela da ação do pesquisador.
- Estudo de caso, investiga fenômenos contemporâneos dentro de seu contexto onde ele se caracteriza pela coleta de informação de poucas entidades (pessoas, grupos, organizações), e pela falta de experimentos controlados.

Diferentes metodologias de pesquisa servem a diferentes propósitos, dessa forma Robson assim as classificou [8]:

- Exploratória, caracterizada por tentar descobrir o que está acontecendo, pela busca de novo conhecimento, geração de ideias e hipóteses para novas pesquisas.

- Descritiva, retrata uma situação ou fenômeno.
- Explanatória, busca uma explicação ou situação ou um problema, na maioria, mas não necessariamente na forma de relação de causalidade. Geralmente tenta provar ou desaprovar uma teoria em particular.
- Melhoria, tentativa de melhorar certo aspecto do fenômeno estudado.

A maioria das pesquisas empíricas na área de tecnologia são de natureza experimental e quantitativa, baseadas em técnicas estatísticas [8]. No entanto, nos últimos anos, métodos de pesquisa qualitativa, particularmente estudos de casos e pesquisa-ação, têm recebido mais atenção e aceitação da comunidade. O paradigma de pesquisa analítico não é suficiente para investigar a complexidade das questões da vida real, envolvendo humanos e suas interações com a tecnologia [7].

A área de engenharia de software envolve desenvolvimento, operação, manutenção de software e artefatos relacionados. Pesquisa em engenharia de software objetiva, em larga escala, investigar como este desenvolvimento, operação e manutenção são conduzidos pelos engenheiros e outros *stakeholders* (envolvidos do projeto) sob diferentes condições. O desenvolvimento de software é realizado por indivíduos, grupos e organizações, então questões sociais e políticas são importantes para esse desenvolvimento [7]. Isto é, engenharia de software é uma área multidisciplinar e, portanto métodos usados nas ciências sociais, como por exemplo, estudos de casos são normalmente conduzidos nessa área. Nesta dissertação o método de pesquisa usado foi o estudo de caso. A seção 2.1 traz uma breve explicação deste método de pesquisa.

2.1 ESTUDO DE CASO

Um estudo de caso é muito similar à pesquisa-ação. Mais restrito, um estudo de caso é puramente observacional enquanto pesquisa-ação é focada e envolvida no processo de mudança. Na melhoria de processos de software e estudos transferência de tecnologia, o método de pesquisa deve ser caracterizado como pesquisa-ação. Já quando se estuda os efeitos de uma mudança, por exemplo, estudos de pré e pós-eventos, o método a ser utilizado deve ser o estudo de caso [7].

A metodologia de estudo de caso pode ser usada para a maioria dos propósitos: pesquisa exploratória (caso mais comum), descritiva, explanatória (confirmação

da hipótese estudada), melhoria (em conjunto com pesquisa-ação). A tendência dos estudos de casos é serem baseados em dados qualitativos, pois estes proveem uma rica e profunda descrição do problema. Porém, a combinação de dados qualitativos e quantitativos frequentemente fornece um melhor entendimento do fenômeno estudado [8].

Como os estudos de casos são diferentes dos métodos analíticos e estudos controlados, eles têm sido criticados por serem de menor valor, impossível de se generalizar e tendenciosos. Estas críticas são compreensíveis, uma vez que estudos de casos que são aplicados erroneamente e sem um certo rigor realmente sofrem destes problemas [7]. Diante disso, alguns estudos foram desenvolvidos a fim de suportar a elaboração de estudos de casos melhores e com maior rigor. Alguns exemplos são o livro de Yin [9] que descreve como desenvolver um estudo de caso e as práticas para a criação e revisão de estudos de casos de Runeson e Höst [7].

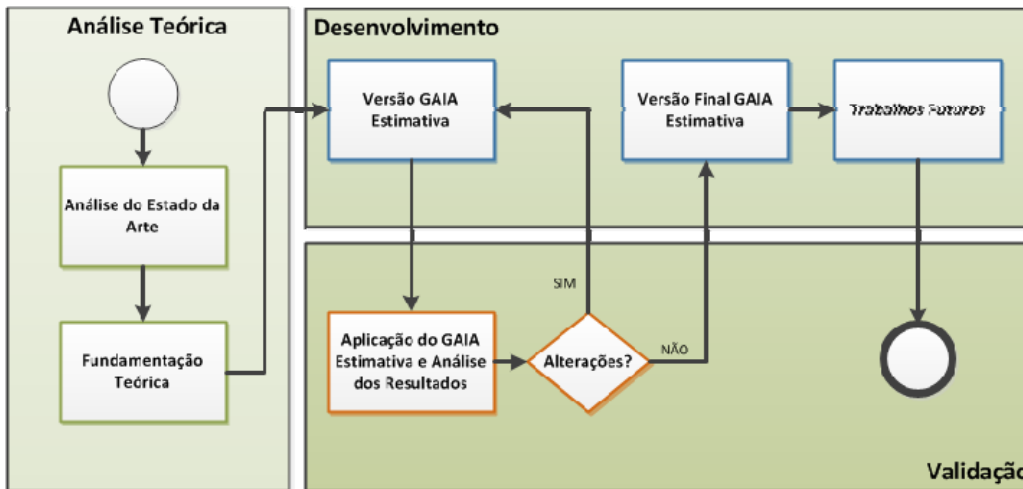
O processo para elaborar um estudo de caso segundo Yin contém as seguintes etapas [9]:

- *Design* e planejamento do estudo de caso.
- Preparação da coleta de dados, procedimentos e protocolos para a coleta de dados são definidos.
- Coleta de evidências.
- Análise dos dados coletados.
- Relatórios

2.2 ESTRATÉGIA DE PESQUISA DA DISSERTAÇÃO

Nesta dissertação a metodologia que guiou a pesquisa foi o estudo de caso. O estudo de caso foi escolhido porque ele se encaixa muito bem com o objetivo da pesquisa, que é atestar se o *framework* desenvolvido é capaz de avaliar as práticas de estimativas dentro de uma organização e qual o resultado da evolução de um nível de maturidade do *framework* dentro desta organização.

O esquema seguido para a elaboração desta pesquisa foi baseado no trabalho de Horita e Barros [10] e está contido na Figura 2.1, apresentando as seguintes etapas: (1) Análise Teórica, (2) Desenvolvimento e (3) Validação, sendo, cada uma delas, composta por um conjunto de atividades fundamentais.

Figura 2.1 - Estratégia de Pesquisa Adotada

Fonte: Adaptado de [10].

Como pode ser observado pela Figura 2.1, inicialmente foi realizada uma análise teórica sobre estimativas de software, através do estudo do estado da arte, com intuito de identificar alguns dos principais problemas enfrentados pela área. Posteriormente, a fundamentação teórica sobre o assunto foi desenvolvida, para subsidiar a elaboração do *framework* GAIA Estimativa, que visa oferecer uma solução para os problemas identificados no estudo do estado da arte.

Assim uma primeira versão do *framework* foi desenvolvida onde foram definidos inicialmente, seus serviços, distribuição dos níveis e o questionário de avaliação diagnóstica. Em seguida, durante validação, o *framework* foi aplicado e os resultados desta aplicação foram analisados. Para isso utilizou-se o processo de condução de um estudo de caso descrito por Yin [9].

Para a aplicação do *framework*, foi selecionado um projeto de desenvolvimento da fábrica de software GAIA, situada no Departamento de Computação da Universidade Estadual de Londrina (UEL). Mais detalhes sobre o estudo de caso podem ser encontrados na Seção 5.

2.3 CLASSIFICAÇÃO DA PESQUISA

Esta pesquisa do ponto de vista de seus objetivos é classificada com exploratória, uma vez que a pesquisa exploratória visa proporcionar maior familiaridade com o problema com vistas a torná-lo explícito. Envolve levantamento bibliográfico, entrevistas

com pessoas que tiveram experiências práticas com o problema pesquisado e análise de exemplos que estimulem a sua compreensão [11].

Os estudos exploratórios assumem, em geral, as formas de pesquisas bibliográficas e estudos de caso [11]. Do ponto de vista de sua natureza ela pode ser considerada uma pesquisa aplicada, pois objetiva gerar conhecimento para aplicação prática dirigida à solução de problemas específicos [11]. A **Tabela 2.1** sumariza a classificação desta pesquisa.

Tabela 2.1 - Classificação da Pesquisa

Característica	Classificação
Objetivo	Pesquisa Exploratória
Natureza	Pesquisa Aplicada
Origem dos dados	Múltiplas Fontes
Procedimentos Técnicos	Pesquisa bibliográfica e Estudo de caso

Fonte: Elaborada pelo autor.

Como pode ser observado na Tabela 2.1, os procedimentos técnicos utilizados para condução da pesquisa foram pesquisa bibliográfica e estudo de caso. A pesquisa bibliográfica é caracterizada pela busca sistemática de conhecimento sobre o assunto, do que já existe, o que os diferentes autores já discutiram, propuseram ou realizaram. E o estudo de caso, como elucidado anteriormente, investiga fenômenos dentro de seu contexto por meio da observação e análise de seu comportamento.

3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Esta seção busca situar as áreas onde o trabalho está inserido e explicar alguns conceitos que embasam a sua elaboração. Ela traz uma visão geral sobre estimativas de software, modelos de maturidade e uma breve análise dos trabalhos relacionados além dos conceitos que envolvem o processo de estimativa.

3.1 ESTIMATIVAS DE SOFTWARE

Uma estimativa é uma antecipação inteligente da quantidade de trabalho que precisa ser realizado e os recursos (humanos, financeiros, técnicos e recursos de tempo) necessários para executar um trabalho em uma futura data, usando métodos específicos em um ambiente definido [12].

Assim, a Estimativa de Software pode ser definida como o processo que estima o tamanho do software, ou seja, o montante (quantidade) de software que precisa ser desenvolvido, o esforço necessário para desenvolvê-lo em termos de pessoas-dias, pessoas-horas ou pessoas-mês para uma dada estimativa de tamanho, o custo deste software e seu cronograma de desenvolvimento, ou seja, sua duração [13].

O principal papel das estimativas é apoiar o planejamento do projeto, oferecendo uma base realista para a criação de um plano inicial, para que a partir desse ponto o planejamento e controle do projeto, em vez das estimativas, prevaleçam [6]. Em suma, o planejamento diz como conduzir o projeto, e as estimativas dizem o quanto se planejar para uma determinada tarefa ou função.

Para que os planos sejam realistas o suficiente e o projeto possa ser conduzido como esperado, estimativas precisas são de grande importância, uma vez que elas são a base do planejamento e controle [14]. Assim, tentando alcançar esse objetivo a indústria e a academia vêm realizando, nas últimas décadas, muitos estudos e pesquisas com o objetivo de criar meios e métodos para produzir estimativas mais precisas e confiáveis.

Com isso, diversas metodologias e técnicas foram criadas, aperfeiçoadas e combinadas para alcançar esse fim [3]. As principais metodologias e técnicas existentes podem ser agrupadas como segue [15] (uma breve descrição de cada um desses grupos encontra-se nas próximas subseções):

- Analogia.
- *Bottom-up*.
- *Top-down*.
- Modelos Paramétricos.
- Abordagens Heurísticas.
- Sistemas de Previsão.

Os grupos de técnicas acima citados podem ainda ser agrupados em três categorias maiores: Modelos Formais, Métodos baseados em Julgamento de Especialistas e “outros”, que contem os métodos pertencentes a mais de uma categoria ou nenhuma delas. Há modelos de estimativa híbridos e naturalmente eles pertencem a mais de uma categoria. Isso explica porque uma divisão restritiva não é sempre possível. O melhor é saber identificar quando usar um método particular e quando é melhor evitá-lo.

Mesmo com essa diversidade de técnicas e metodologias existentes ainda não existe um modelo unânime. Na verdade, a maioria dessas técnicas e metodologias não são devidamente aproveitadas na prática [4,16]. Isso acontece porque geralmente cada uma é voltada para problemas e ambientes de aplicação específicos, não são facilmente integráveis ao processo de desenvolvimento, muitas não são de conhecimento da indústria ou são de difícil entendimento e aplicação além de faltar um procedimento padronizado para seu uso [5].

3.1.1 Analogia

O pensamento por trás da analogia é similar ao raciocínio básico do ser humano usado por quase todos os indivíduos diariamente para resolver problemas espelhados em eventos semelhantes que ocorreram no passado. Analogia é um paradigma muito antigo, é fruto de discussões a centenas de anos. Teve um papel muito importante na Grécia antiga, como um método de sugerir ou argumentar sobre fenômenos naturais [17].

A ideia por trás da estimativa baseada em analogia é basicamente identificar um ou mais projetos passados semelhante ao que será estimado, caso existam, e compará-los. O fator de comparação (semelhança) pode ser de várias fontes como, requisitos, recursos, tipo de software, linguagem de desenvolvimento, entre outros. Os dados históricos de projetos passados são utilizados para realizar essas comparações, assim essa metodologia somente

funciona se os dados de projetos passados estiverem disponíveis, além de ser necessário um bom sistema de recuperação destes dados [17].

Em contraste com o julgamento de especialistas, que não é considerado um método empírico, pois o meio de derivar uma estimativa não é explícito [17], a analogia é mais formal e sistemática do que o julgamento de especialistas, pois usa comparação direta com um ou mais projetos passados. Em muitas circunstâncias, a analogia provê uma boa alternativa a outros métodos algorítmicos, principalmente quando não há uma quantidade suficiente de dados estatísticos disponíveis. Porém deve haver pelo menos um projeto com custos e cronograma similares disponível.

3.1.2 Bottom-Up

Bottom-up é a prática de separar uma estimativa em múltiplas partes, estimando cada uma individualmente, e depois recombina-las em uma estimativa agregada [6]. O método *bottom-up* começa decompondo um projeto em pequenos elementos, que são depois estimados separadamente. Todos esses elementos combinados são frequentemente chamados de Estrutura Analítica do Projeto (EAP). Cada elemento pode ser estimado por diversos métodos de estimativas, sendo o Julgamento de Especialistas o mais frequente [18].

A metodologia *bottom-up* tem grande embasamento no que os estatísticos chamam de Lei dos grandes números [6]. A essência dessa lei é que se uma estimativa grande é criada a tendência é errar pelo otimismo ou pessimismo. Mas se são criadas varias estimativas menores, alguns dos erros serão otimistas e outros pessimistas. Assim os erros tendem a se anularem em algum grau. Para começar a se beneficiar dessa lei é recomendado ter de 5 a 10 itens individuais pelo menos [6].

A desvantagem desta é que a mesma requer um extensivo conhecimento não somente do que o software irá fazer, mas também qual papel será atribuído aos membros da equipe e qual a abordagem de gerenciamento será utilizada. Esse tipo de informação provavelmente não estará disponível nos estágios iniciais do projeto. Além disso, o *bottom-up* incorpora a desvantagem do método selecionado para estimar as tarefas individuais. Esse método deve ser usado por peritos com grande experiência, conhecimento, ou quando os dados do projeto decomposto estão disponíveis [18].

3.1.3 Top-Down

No *Top-down*, a estimativa total é baseada em propriedades do projeto como um todo e distribuída através de suas diferentes atividades [18]. Uma maneira de se fazer isso é comparar o projeto inteiro com outro já realizado (analogia) e de acordo com os dados, realizar as estimativas das diferentes fases do processo de desenvolvimento. Adicionalmente, também é possível estimar componentes de níveis mais baixos se o sistema já estiver previamente particionado.

O método *top-down* é mais aplicável para gerar as primeiras estimativas do projeto, quando as informações detalhadas ainda não estão disponíveis. A vantagem do *top-down* é que ele geralmente inclui atividades de nível do sistema, como gerenciamento do projeto, gerência de configuração e documentação. Estas atividades não ficam explícitas em outros métodos, como o *bottom-up* [6,18]. Normalmente é mais simples usar o *top-down*, pois ele requer menos detalhes do sistema.

As desvantagens são que o *top-down* pode não conseguir capturar a complexidade do desenvolvimento dos níveis mais baixos, além não prover muitas evidências para justificar suas previsões. Isto torna suas estimativas pouco confiáveis para serem usadas em decisões gerenciais. O *top-down*, assim como o *bottom-up*, não é uma abordagem que necessita ser utilizada sozinha, ele pode ser combinado com outras para gerar resultados mais confiáveis, como por exemplo, analogia, EAP parcial, histórico e até mesmo modelos paramétricos.

3.1.4 Modelos Paramétricos

Nos modelos paramétricos, ou algorítmicos, o esforço, cronograma e custos são estimados usando relações matemáticas, que correlacionam alguns parâmetros como, por exemplo, o tamanho do software, complexidade e a capacidade da equipe. Os mais famosos exemplos de modelos paramétricos são o *CONstructive COSt MOdel* (COCOMO), *Putman's SLIM*, *Galorath's SEER-SEM*, Análise por Pontos por função (APF) e Análise por Pontos por Caso de Uso [15].

Estas técnicas são derivadas da estatística e análise numérica de dados de projetos, como regressão linear, abordagem bayesiana e interpolação polinomial. No geral, a principal vantagem desses modelos é a sua independência de plataforma (software ou

hardware). E a principal desvantagem é a dependência de uma boa medição do ambiente de desenvolvimento, o que nem sempre é uma tarefa fácil de realizar [19].

Além disso, estes modelos são altamente condicionados a seus parâmetros de entrada, o principal deles o tamanho do software, então é necessária uma estimativa de tamanho confiável para os resultados serem precisos. E como exposto anteriormente esse tipo de técnica não é frequentemente utilizada, pois as organizações desenvolvedoras sentem-se desconfortáveis em usar algo que elas não entendem completamente [4].

3.1.5 Abordagens Heurísticas

Os modelos heurísticos se preocupam mais com a interação entre funcionários e suas decisões no desenvolvimento. Esta é a forma de estimativa mais utilizada na prática [4,5,6]. Ela consiste em consultas de um ou mais especialistas para realizar as estimativas, muitas vezes baseados apenas em suas experiências. As propriedades das abordagens heurísticas são relativamente difíceis de analisar e o atual conhecimento sobre esse tipo de técnica não é bem entendido, pois não é tão simples estudar os métodos que envolvem o comportamento humano [18].

Quando se fala em especialista primeiramente deve-se perguntar “especialistas em que?”. Por exemplo, “*expert*” em tecnologia ou em práticas de desenvolvimento não o faz especialista em estimativas. Segundo Jørgensen [4], o aumento da experiência na atividade que está sendo estimada não leva a uma maior precisão nas estimativas desta atividade. Algumas das técnicas que compõe esse grupo são: Julgamento de Especialistas, *Wideband Delphi*, *Price to Win* e *Parkinson’s Law*.

Em certas circunstâncias as abordagens heurísticas são mais aplicáveis do que os modelos paramétricos. Por exemplo, pode ser difícil estimar projetos com algum grau de incerteza técnica usando um modelo paramétrico ou a primeira vez usando uma nova linguagem de programação ou *framework*, pois não há dados de projetos passados para a comparação. Assim, os modelos paramétricos não podem ser apropriadamente calibrados.

As desvantagens desse tipo de abordagem é que as estimativas ficam muito suscetíveis a bias, pressões internas e incertezas. Além de que, esse tipo de técnica não é considerado um método determinístico com meios explícitos e, portanto, não é repetível em outro ambiente para diferentes projetos. O que torna esse tipo de técnica muito difícil de automatizar [5].

3.1.6 Sistemas de Previsão

Sistemas de previsão fazem uso de algoritmos de aprendizado de máquina para prever o esforço de novos projetos, baseado *a-priori* em conhecimento adquirido dos casos de treinamento e dados de projetos passados [20]. *Case-based reasoning* (CBR) é um dos algoritmos de aprendizado de máquina mais usado. Sendo ele a formalização da metodologia de estimativa por analogia [17].

Outros exemplos de sistemas de previsão usados em estimativas são; redes neurais artificiais, redes bayesianas e métodos *neuro-fuzzy*. Essas técnicas tem a vantagem de conseguir aprender a reconhecer os padrões de desenvolvimento da organização, baseados nos dados dos projetos [20].

3.2 PROCESSO DE ESTIMATIVA DE SOFTWARE

Um processo compreende um conjunto de atividades inter-relacionadas, que são executadas para alcançar um produto, resultado ou serviço predefinido [21]. Em engenharia de software, processos são utilizados em praticamente todas as áreas, uma vez que por meio destes pode-se padronizar artefatos, melhorar a comunicação dentro da equipe, automatizar tarefas e diminuir esforços com treinamentos [22].

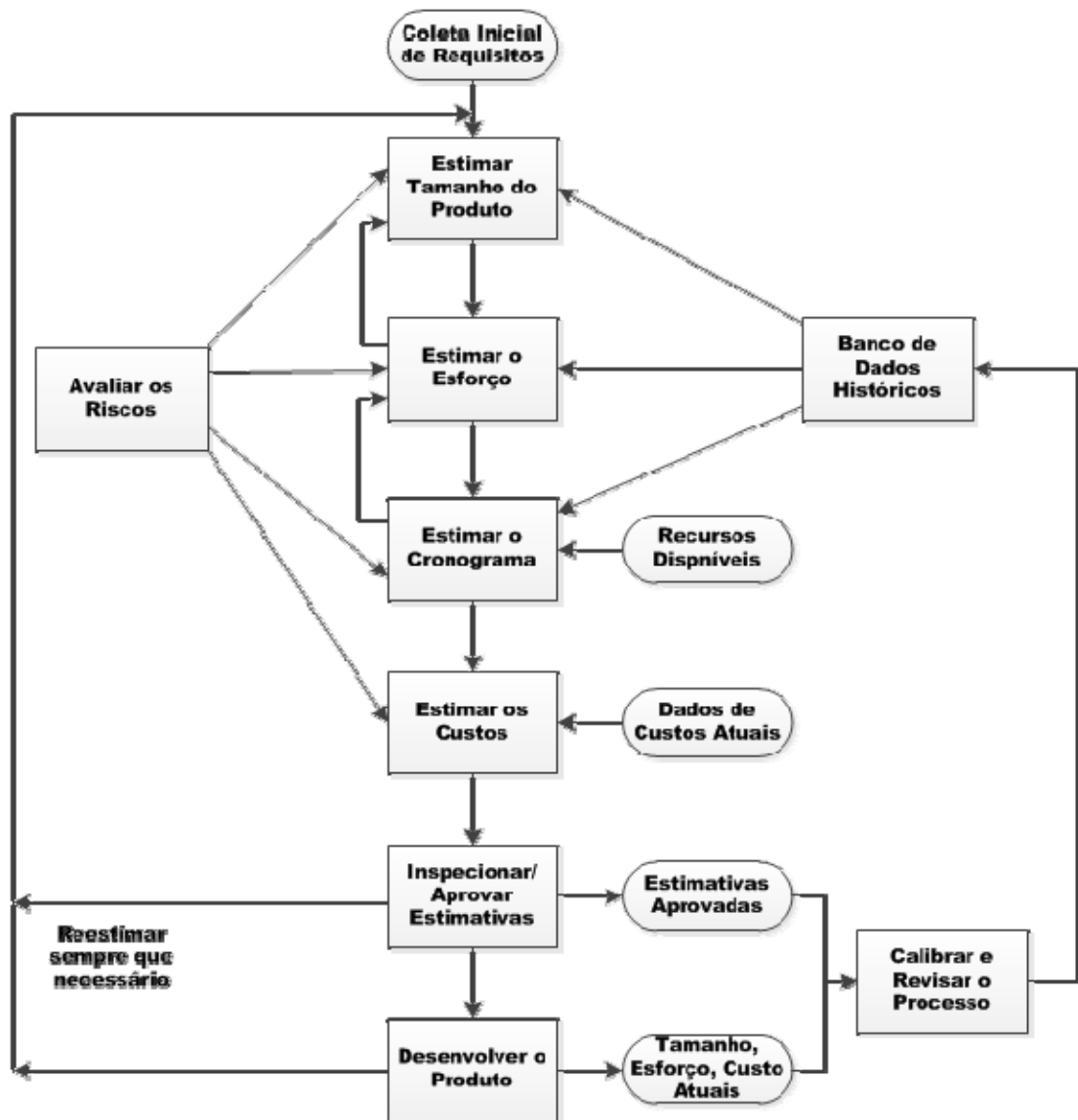
Estes benefícios são de grande valia para a engenharia de software, pois como este é um ramo da computação que lida muito com a interação de pessoas e delas com o ambiente. Assim, quando existe algum procedimento para guiar e facilitar essa interação isso traz efetividade à atividade, reduzindo ambiguidades, retrabalho e facilitando a delegação de tarefas [23].

A área de estimativas de software também se beneficia do uso de um processo, como elencado anteriormente, um dos grandes problemas quando se realiza estimativas é sua imprecisão, e um dos fatores preponderantes para que isso ocorra é a falta de um processo sistemático de estimativa, para adaptar as técnicas e modelos às necessidades do projeto e da organização.

O uso de um processo padronizado de estimativa de software pode ajudar muito uma organização e realizar estimativas mais precisas e confiáveis [24]. Ele dá base para gerenciar a execução do processo através de pontos de avaliação, validação e etc., diferentemente do uso de uma técnica sozinha. Além disso, o processo auxilia organizações que não tem prática em estimar, fornecendo um caminho para realizar as estimativas [24].

Estimar o desenvolvimento de um software é um processo contínuo e deve ser executado em todo ciclo de vida do projeto [24,25]. Esse processo comumente é composto por algumas fases como: estimar o tamanho, estimar o esforço e custo, estimar o cronograma, estimar os recursos, avaliar os riscos, verificar e validar as estimativas, rastrear e reestimar, medir e melhorar o processo. A comum disposição dos passos desse processo pode ser observada na Figura 3.1.

Figura 3.1 – Processo de Estimativa de Projetos.



Fonte: Adaptado de [25].

Conforme a Figura 3.1, o processo começa com a coleta inicial dos requisitos para obter as informações sobre o produto que será estimado. Após isso, é estimado o tamanho, esforço e cronograma fazendo-se uso dos dados contidos no banco de dados da organização, os riscos também são avaliados para criar as estimativas. Recursos disponíveis da organização, os dados de custo como, custo de pessoal e hardware também são considerados.

As estimativas produzidas são então inspecionadas e validadas e o produto é desenvolvido. Sempre que necessário, o processo é repetido, como em marcos pré-determinados ou se forem encontradas inconsistências com os dados estimados. As estimativas aprovadas bem como os dados reais de esforço, custo e tamanho são armazenados no banco de dados da organização para fins de revisão do processo, calibração de modelos e uso em futuros projetos.

Em um processo de estimativa, as entradas como o escopo do projeto, prioridades, restrições são consideradas. Dados de projetos passados também são usados como entrada para realizar as estimativas e calibrar modelos [19]. O passo de reestimar é primordial para atualizar as estimativas assim que novos artefatos do projeto estejam disponíveis ou quando alguma restrição for adicionada, alterada ou excluída do projeto [26].

Vale a pena ressaltar que o processo apresentado na Figura 3.1 é amplamente seguido e considerado padrão para realizar estimativas [15,24,25]. Durante o levantamento bibliográfico desta pesquisa, não foi encontrada qualquer referência a outro processo de estimativas, apenas ligeiras adaptações do processo ilustrado na Figura 3.1.

MacConnell [6] descreve algumas características que um processo padrão de estimativa deve conter, sendo elas:

- Usar preferencialmente abordagens não subjetivas;
- Usar múltiplas abordagens e comparar os resultados;
- Reestimar,
- Considerar as incertezas;
- Arquivar dados das estimativas e rever a eficácia do processo.

Cada um desses itens pode ser executado por diferentes meios e modelos, porém é difícil encontrar um modelo que inclua todas as etapas como acontece em um

processo. Abaixo segue uma breve descrição das principais áreas do processo de estimativa apresentado na Figura 3.1:

Coleta inicial de Requisitos: Esse é o passo inicial do processo e é de grande importância para seu funcionamento, uma vez que as primeiras estimativas são baseadas na saída desta atividade. São essas estimativas que serão utilizadas para criar um plano inicial que será provavelmente apresentado aos *stakeholders* para avaliar a viabilidade do projeto. Quanto mais claros e precisos forem os requisitos iniciais, melhores serão as primeiras estimativas e menos alterações nos planos deverão ser consideradas [27]. Porém essa não é uma tarefa trivial, já que o entendimento dos requisitos é apontado como uma das grandes causas de falha em projetos de software e consecutivamente das estimativas [2,28].

Estimar o Tamanho do Projeto: Um dos passos mais importante em qualquer estimativa de software é prever o seu tamanho. Isso porque tamanho é geralmente o guia mais significativo do o custo, esforço e do cronograma de desenvolvimento [29]. As principais entradas para o cálculo do tamanho do software são os requisitos e os dados de projetos passados. A medida de tamanho sozinha não significa muito, pois ela por si só não traz informações úteis para realizar o planejamento. O tamanho necessita ser interpretado, e a partir daí ele será convertido em esforço, custo e/ou tempo de desenvolvimento, sendo essas algumas das informações bases para se planejar e controlar um projeto.

Assim, a estimativa de tamanho do software pode ser vista como o principal subsídio para as demais estimativas [30]. Há inúmeras medidas para o tamanho como: *User stories*, *Story points*, Requisito, Casos de Uso, Pontos por Função, Páginas Web, Componentes de interface gráfica, Tabelas do Banco de Dados, Definição de interface, Classes, Funções/sub-rotinas e *Lines of Code* (LOC).

Estimar o Esforço: Significa prever de forma mais realista o esforço requerido para desenvolver um software. A estimativa de esforço é o principal insumo para o planejamento, já que as outras estimativas (custo, e tempo), podem ser facilmente derivadas dela [31]. Devido a isso, essa área é a que recebe maior atenção da comunidade, que está sempre buscando desenvolver novos métodos e modelos para realizar essa tarefa. Muitos projetos eventualmente estimam o esforço através de uma lista de tarefas detalhadas, mas no início do projeto, a estimativa de esforço é mais precisa quando computada da estimativa de tamanho. A principal influência no esforço em um projeto é o tamanho do software que será construído e em segundo lugar vem à produtividade da organização que geralmente é derivada dos dados históricos da mesma [6].

Estimar o Cronograma: O papel dessa atividade é elaborar um cronograma, ou seja, estabelecer prazos para cumprir todas as tarefas do planejamento. Esses prazos devem ser os mais próximos possíveis do ideal, o que quer dizer que não deve haver falta e nem sobra de tempo. A sua entrada geralmente é a estimativa de esforço em conjunto com dados de projetos passados [32].

Estimar os Custos: Nesta etapa são estimados todos os custos do projeto. Sua entrada geralmente é o esforço, o cronograma, juntamente com dados de projetos passados, dados de custos da organização e dos recursos que serão utilizados. A técnica comumente usada é a derivação direta desses dados da organização, pois além de ser de fácil acesso (quando os dados estão disponíveis), ela também é muito eficiente [33].

Verificação e Validação das Estimativas: As estimativas são revistas para confirmar sua integridade, garantindo que elas foram corretamente executadas, e que a funcionalidade certa foi estimada. A validação também confirma o processo usado para desenvolver a estimativa e a informação utilizada, além servir para expor falhas do analista e isolar erros ou suposições errôneas [34].

Calibrar e Rever o Processo: Quando uma estimativa está completa e de novo quando o software for entregue, é interessante documentar as informações pertinentes sobre a execução do processo e guardar as lições aprendidas deste. Fazendo isso haverá evidências da validade do processo e dados para calibrar os modelos de estimativa utilizados [34]. É através dessa calibração com os dados reais do projeto e do ambiente que os modelos se adaptam a realidade da organização ficando assim cada vez mais precisos.

Avaliar os Riscos: Toda estimativa há incertezas inerentes a ela, e quanto mais cedo às incertezas forem consideradas e tratadas mais precisas serão as estimativas. Uma forma de reconhecer essas incertezas é avaliando os riscos na fase de confecção das estimativas [35,36]. Portanto esta etapa tem o objetivo de identificar e avaliar os riscos do projeto e considerá-los nas estimativas.

Banco de Dados Históricos (BDH): Base que armazena os dados de projetos passados, dados da execução de processos, custos, recursos humanos entre outros. A existência de um banco de dados históricos é de suma importância para qualquer organização, principalmente para o processo de estimativa [35], pois como pode ser notado na Figura 3.1 praticamente todas as áreas fazem uso da base de dados para realizar suas funções.

3.3 MODELOS DE MATURIDADE

Os modelos de maturidade buscam estabelecer patamares de evolução de processos, chamados de níveis de maturidade, que caracterizam estágios de melhoria na implementação de processos dentro da organização [37]. Estes níveis de maturidade, por sua vez, indicam o perfil da empresa e os caminhos para a melhoria do processo em questão, além de identificar sub-processos chaves e indicar quais destes priorizar. Dentre os vários modelos existentes pode-se citar:

Organizational Project Management Maturity Model (OPM3): criado e mantido pelo *Project Management Institute* (PMI), cujas atividades são baseadas no guia do *Project Management Body of Knowledge* (PMBOK). É composto por quatro níveis de maturidade e três domínios: (1) Padronizar, (2) Medir, (3) Controlar e (4) Melhoria Contínua, são os níveis de maturidade e (1) Portfólio, (2) Programa e (3) Projeto, são os domínios. Com ele a organização é capaz de avaliar sua maturidade em relação a suas práticas dentro do gerenciamento de projetos [38].

Capability Maturity Model Integration (CMMI): é um modelo de avaliação de maturidade criado e mantido pelo *Software Engineering Institute* (SEI), cujo foco são os processos de Tecnologia da Informação (TI). O CMMI está dividido em 5 níveis de maturidade que atestam, por sua vez, o grau de evolução em que uma organização se encontra num determinado momento. Além disso, tem por objetivo principal funcionar como um guia para a melhoria dos processos da organização, considerando para isto atividades como o gerenciamento do desenvolvimento de software, prazos e custos previamente estabelecidos. Os cinco níveis de maturidade são: (1) Inicial, (2) Gerenciado, (3) Definido, (4) Quantitativamente Gerenciado e (5) Em Otimização [39]

Modelo de Referência para a Melhoria do Processo de Software (MR-MPS): o desenvolvimento deste modelo é coordenado pela Associação para Promoção da Excelência do Software Brasileiro (SOFTEX) em conjunto com várias empresas nacionais. Ele é simultaneamente um movimento para a melhoria da qualidade (Programa MPS.BR) e um modelo de qualidade de processo (Modelo MPS). Voltado para a realidade do mercado de pequenas e médias empresas de desenvolvimento de software no Brasil. Contém sete níveis de maturidade, sendo eles: (1) Em Otimização, (2) Gerenciado Quantitativamente, (3) Definido, (4) Largamente Definido, (5) Parcialmente Definido, (6) Gerenciado e (7) Parcialmente Gerenciado [37].

MIS-PyME: É um modelo de maturidade para implementação de programas de métricas destinado a pequenas e médias empresas. Ele é baseado em pressupostos que a organização deve alcançar em cada nível, sendo esses pressupostos divididos em três categorias: processo, indicadores e ferramentas. O modelo também conta com um questionário de avaliação da maturidade da organização. Seus níveis de maturidade são: (0) Incompleto, (1) processo executado, (2) processo gerenciado, (3) processo estabelecido, (4) processo previsível e (5) processo em otimização [40].

GAIA Risk: Modelo desenvolvido para gerenciar os riscos durante o ciclo de vida do projeto. Ele é baseado na ISO 31000, no que diz respeito ao processo de gerenciamento de riscos. Cada nível de maturidade é composto por serviços que devem ser implantados para que o nível seja considerado alcançado. O Gaia *Risk* é composto por cinco níveis de maturidade: (1) Inicial, (2) Conhecido, (3) Padronizado, (4) Gerenciado e (5) Otimizado, um questionário de avaliação e quatro *checklists* de reavaliação [41].

GAIA Human Resources: Este é um modelo de maturidade para gerenciar os recursos humanos no desenvolvimento de Software. Ele tem como base o P-CMM, que é um modelo de maturidade voltado para gerência de pessoas. O GAIA *Human Resources* contém cinco níveis de maturidade com serviços em cada um deles. Esses serviços devem ser executados para que o nível de maturidade em questão seja considerado alcançado [10].

A grande vantagem dos modelos de maturidade é o estabelecimento de seus patamares de evolução de forma contínua e gradual, o que se adapta perfeitamente com o propósito do GAIA Estimativa. Considerando isso, o GAIA Estimativa baseou-se em uma ou mais atividades e/ou estruturas destes modelos para ser concebido. Sendo as que merecem destaque:

- Modelo que combina serviços e níveis de maturidade (GAIA Risk e GAIA *Human Resources*).
- Estrutura dos serviços e seu conceito (GAIA Risk e GAIA *Human Resources*).
- Criação dos níveis de maturidade e a divisão dos serviços pelos níveis (CMMI)
- Utilização do GQ(I)M para gerar indicadores dentro dos serviços (MIS-PyME).

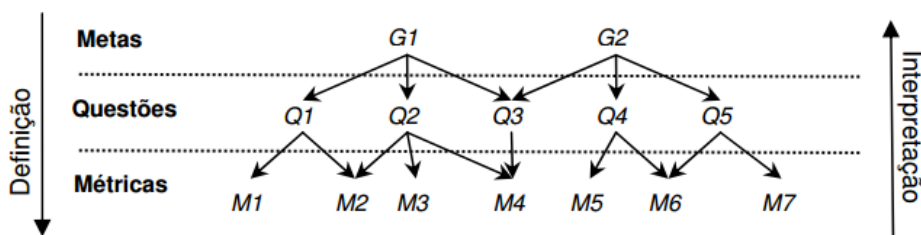
3.4 GOAL QUESTION METRIC E GOAL QUESTION INDICATOR METRIC

Como mencionado anteriormente o método utilizado para realizar toda medição e geração de indicadores de desempenho dos serviços do *framework* é o GQ(I)M, sendo este uma extensão do método GQM. O motivo da escolha do GQ(I)M como método de medição do *framework* foi porque este método é simples de usar, amplamente difundido e com muitos casos de sucesso no estabelecimento de programas de medição [42]. As próximas duas subseções trazem uma breve descrição de ambos os métodos.

3.4.1 Goal Question Metric

O *Goal Question Metric* (GQM) foi primeiramente proposto por Basili em 1992 [43], este método estabelece guias para definição de planos de medição: O contexto, objetivos, um plano para a medição, guias de coleta de dados, análises, uma interpretação dos resultados e identificação de potenciais melhorias também são providenciados. O GQM é um modelo que permite que as metas de medição refinadas em um conjunto de questões quantificáveis sejam utilizadas para identificar quais dados precisam ser coletados para apoiar o processo de tomada de decisão, a **Erro! Fonte de referência não encontrada.** apresenta a base da aplicação desta metodologia.

Figura 3.2 - Metodologia GQM.

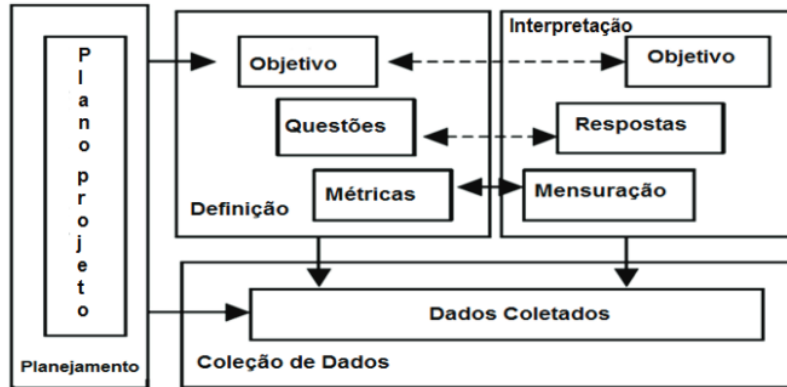


Fonte: Adaptado de [43].

Esses dados fornecem uma orientação na construção e seleção de métricas apropriadas. Os dados medidos permitem responder às perguntas e, em seguida, analisar se os objetivos foram atingidos. Assim, usando GQM, as métricas, são definidas a partir de uma perspectiva de *top-down* e analisados e interpretados seguindo um modelo *bottom-up*, como ilustrado na **Erro! Fonte de referência não encontrada.** O método GQM é composto por

quatro fases: Planejamento, Definição, Coleta de Dados e Interpretação [42], a Figura 3.3 exemplifica a interação destas fases.

Figura 3.3 - Fases do GQM.



Fonte: Adaptado de [42].

As principais características destas fases são sumarizadas a seguir [42]:

Planejamento: O plano do projeto para a medição é definido. Alguns dos passos para executar esta etapa são: Definir a equipe responsável pelo GQM, selecionar áreas de melhoria, selecionar o projeto a ser implementado, estabelecer a equipe do projeto, criar plano do projeto, que inclui um resumo da introdução ao programa de medição, definir cronograma, descrição do processo de gerenciamento e planos de treinamento para os membros da equipe.

Definição: Esta fase compreende nas atividades que são necessárias para formalizar o programa de medição. Como resultado o plano de medição e análise por meio do GQM é obtido. As principais etapas desta fase são: estabelecer os objetivos da medição, revisar ou definir o modelo de processo de software, Definir questões, hipóteses e métricas e criar um plano de medição.

Coleta de dados: Os passos necessários para a coleta de dados são classificados em dois subgrupos: treinamento e coleta inicial dos dados, e construção do sistema de suporte à medição. O treinamento e coleta inicial de dados objetiva definir, testar e prover informações sobre os procedimentos de coleta e *templates*. O segundo grupo tem o intuito de definir um conjunto de métodos estatísticos, cálculo e base de dados para suportar as atividades da medição.

Interpretação: O resultado obtido das métricas fornece uma resposta para as questões e objetivos inicialmente estabelecidos. Neste estágio, sessões de *feedback* devem

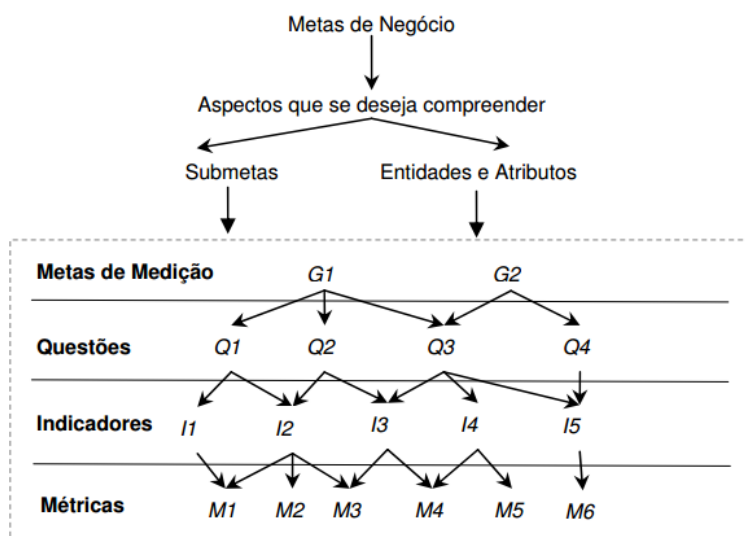
ser preparadas. Isto inclui: planilhas de análises, apresentação de resultados, e qualquer material adicional. Quando a sessão de *feedback* é executada, a equipe do projeto deve analisar os resultados, elaborar conclusões e decidir quais ações corretivas serão tomadas.

3.4.2 Goal-Driven Software Measurement

Em 1996, o SEI (*Software Engineering Institute*) publicou o *Goal-Driven Software Measurement guidebook* [44]. Este livro introduziu uma extensão da fase de planejamento do GQM, melhorando a maneira com que as medidas eram derivadas dos objetivos do negócio e ainda fornece *templates* que ajudam a definir os objetivos, indicadores, métricas, coleta de dados e planilhas de análises. Esta extensão é denominada *Goal Question Indicator Metric* (GQ(I)M).

O instrumento chave neste método é o indicador, o qual é usado para ligar e encapsular a informação a partir do objetivo da medição para a medida. O GQ(I)M provê um *template* que precisamente define informações a respeito do indicador. O método fornece dez passos para suportar a fase de definição do programa de medição. O primeiro passo lida diretamente com a identificação dos objetivos de negócio e, portanto, em contraste com GQM, determina claramente que o objetivo do programa de medição é apoiar um objetivo de negócio [42], a Figura 3.4 apresenta o dinamismo do paradigma GQ(I)M.

Figura 3.4 - Dinamismo da Metodologia GQ(I)M.



Fonte: Adaptado de [44].

As próximas etapas antes da definição dos objetivos da medição fornecem diretrizes e questões através das quais se derivam as perguntas, entidades e atributos que serão especificados nos objetivos da medição. O próximo conjunto notável de etapas tem como meta definir os indicadores, que são o principal elemento fornecido por esta metodologia. Uma breve descrição dos passos do GQ(I)M são apresentados a seguir:

1. **Identificar objetivos do negócio:** Aqui não definidos os objetivos do negócio relevantes à organização.
2. **Identificação do que aprender:** A ideia é identificar o que é requerido para o entendimento, avaliação, previsão, controle, melhoria ou elementos motivacionais ligados ao cumprimento dos objetivos do negócio.
3. **Identificação de sub-objetivos:** As questões identificadas nos pontos anteriores são agrupadas de acordo com o assunto que ela tenta solucionar. Baseados nestes assuntos, sub-objetivos são formulados.
4. **Identificação de entidades e atributos:** Nesta etapa, as perguntas são usadas para refinar as entidades e atributos do modelo definido na etapa 2.
5. **Formalizando metas de medição:** Aqui os objetivos de negócios são traduzidos em objetivos de medição. Os objetivos de medições são definidos, e o correspondente (entidade), o objetivo, ponto de vista, meio ambiente e restrições da medição são então definidos.
6. **Identificação de questões e indicadores quantificáveis:** As perguntas e indicadores relacionados a cada meta de medição são definidos. Os indicadores são o resultado das atividades de medição e são usados por diretores e gerentes como base para a sua análise e decisões.
7. **Identificar os elementos de dados:** Estes elementos são identificados no *template* do indicador. O *template* mostra uma tabela em que as linhas serão os elementos de dados e as colunas serão os indicadores.

8. **Definir medidas:** Nesta etapa, as medidas são definidas baseadas nos objetivos, sub-objetivos, questões e indicadores.
9. **Identificar ações que devem ser implementadas:** Nesta seção, a capacidade da organização em obter informações será analisada. É necessário: identificar a fonte dos dados, identificar os dados que não estão disponíveis, e avaliar o esforço envolvido na obtenção de dados. A necessidade de novas ferramentas, treinamento ou modelos são considerados.
10. **Preparar o plano de medição:** Uma vez que a análise foi realizada, e as medidas e ações necessárias foram definidas, um plano de implementação deve ser elaborado para descrever as ações específicas que devem ser alcançadas a fim de implementar o programa de medição da organização.

3.5 TRABALHOS RELACIONADOS

A área de estimativa de software vem recebendo muita atenção nas últimas décadas, os pesquisadores e a indústria estão buscando desenvolver melhores técnicas e modelos para realizar essa complicada tarefa. Como a falha em estimar é uma das principais razões para a falha nos projetos de software [2], isso justifica tamanho empreendimento. Assim, muitos modelos e *frameworks* foram e estão sendo propostos.

Um dos mais conhecidos e documentados destes métodos é o *CO*nstructive *CO*st *MO*del (COCOMO), proposto por Barry Boehm [45], sendo ele um modelo algorítmico de estimativa. Ele permite que as organizações estimem seus custos, esforço e cronograma de um novo software. A versão inicial do COCOMO (também chamado de COCOMO 81) foi desenvolvida por Barry Boehm e publicada no livro *Software Engineering Economics* em 1981. Esse modelo usa regras básicas de regressão linear para prever o esforço, cronograma, custo e pessoal em projetos de software com base nos dados históricos.

Na primeira versão do COCOMO, Barry Boehm analisou 63 projetos de software a fim de achar qual a influência do esforço e do tempo de desenvolvimento nesses projetos. Boehm identificou que o tamanho do software é a principal influência do fator esforço. Outros fatores de influência foram o tipo de projeto que será desenvolvido, as habilidades dos desenvolvedores e as características de desempenho.

Porém, na década de 90, o COCOMO encontrou dificuldades em estimar os custos de novos projetos. Isso por causa dos novos paradigmas para os quais ele não estava adaptado, como os novos ciclos de vida não sequenciais, modelos ágeis, reuso, e abordagem orientada a objeto [46]. Então para suprir essa deficiência o COCOMO II foi lançado por Boehm et al. [47]. No entanto, os conceitos fundamentais do COCOMO e do COCOMO II são os mesmos [47]. O COCOMO II foi desenvolvido na década de 90 e calibrado usando um conjunto de dados de 161 projetos.

Diferentemente do que possa parecer, as pesquisas não são voltadas apenas para os modelos algorítmicos, outras áreas como a de estimativas baseadas em julgamento também recebe muita atenção da comunidade e um dos pesquisadores mais influentes nesse ramo é Magne Jørgensen, que vem realizando diversos estudos nos últimos anos. Em um deles, ele faz um *review* das pesquisas mais importantes sobre julgamento de especialistas [4].

Seu trabalho além de servir como uma ótima fonte para futuras pesquisas, uma vez que nele contém a maioria dos estudos relevantes, também traz um guia com 12 boas práticas para estimar usando julgamento. Neste trabalho ele chegou a conclusões que são utilizadas em diversos outros trabalhos, como o porquê dos modelos paramétricos não serem muito utilizados e que o julgamento de especialistas é o método mais usado na prática [6,16].

Na mesma época, Jørgensen e Moløkken conduziram outro estudo, que culminou na elaboração de um *framework* e um *checklist* voltado para o gerenciamento das estimativas [48]. Esse *framework* diferentemente da maioria não dá ênfase apenas para a fase de “Estimativa”, ele inclui outras etapas relevantes para o processo como, preparação, estimar, aplicação e aprendizado. Cada uma das quatro fases do *framework* contém uma série de requisitos que devem ser cumpridos para a fase seja considerada completa.

Existem também métodos que unem as duas abordagens, com é o caso do *COst Estimation Benchmarking and Risk Assessment* (COBRA) proposto por Briand et. al [49]. Ele é um modelo de estimativa híbrido que combina a abordagem algorítmica com o julgamento de especialistas. O seu objetivo é desenvolver um modelo de estimativa da produtividade. Esse método é dividido em duas etapas, primeiramente é calculando a uma estimativa dos fatores de custo, isso é feito por um especialista (por exemplo, um gerente de projetos experiente).

Na segunda etapa são usados dados de projetos passados para identificar uma relação entre a produtividade e os fatores de custo. E por fim a incerteza é considerada pela avaliação dos riscos. Os resultados desse método são bem satisfatórios e ele tem a

vantagem de poder ser aplicado em uma organização que não tem muitos dados históricos disponíveis, ao contrário de outras abordagens algorítmicas.

Com o passar dos anos muitos modelos e *frameworks* foram sendo desenvolvidos e a cada ano muitos outros surgem, assim é difícil saber qual é mais eficiente e qual usar para cada ambiente. Pensando nisso, Menzies et al. [50] propuseram uma ferramenta que avalia modelos de estimativa usando mineração de dados, essa ferramenta é chamada de COSEEKMO.

Sua avaliação é feita gerando inúmeros modelos esforço de um conjunto de dados específicos usando uma variedade de técnicas (por exemplo, calibração local, regressão linear, e um algoritmo chamado WRAPPER). Cada técnica é escolhida pelo seu potencial valor de melhorar o modelo de previsão e reduzir os desvios. Os modelos de esforço encontrados por COSEEKMO são avaliados através de regras de rejeição que abate os modelos mais fracos.

Estimar não é uma tarefa que gera resultados exatos, sempre há incertezas quando uma estimativa é realizada, isso porque envolve trabalho humano e isso é difícil prever com muita acurácia [24,28,35]. Valendo-se deste fato alguns pesquisadores desenvolveram *frameworks* que usam técnicas de *softcomputing* para realizar estimativas. Um exemplo é o *framework* apresentado por Huang et al. [51], para realizar estimativas de esforço.

Ele integra redes neurais, lógica *fuzzy* e métodos algorítmicos para realizar as estimativas além de contar com uma capacidade de aprendizado, integrando o conhecimento de especialistas com dados dos projetos. Os resultados obtidos são animadores uma vez que eles usaram dados da indústria, e em quase todos os testes os resultados foram melhores do que do COCOMO II. Uma desvantagem é que este *framework* pode ser de difícil entendimento e aplicação.

Seguindo essa linha, Wang et. al [52] desenvolveram um *framework* para realizar estimativas a nível de projeto usando redes bayesianas. Para realizar as estimativas são construídas 4 subredes bayesianas, sendo elas, estimativa de componentes, estimativa de efetividade de teste, estimativa de defeito residual e estimativa de teste. A integração dessas 4 redes gera o modelo. Com ele a estimativa e análise da qualidade, esforço, cronograma e escopo podem ser tratadas em nível de projeto e/ou por fase.

Usando outra abordagem, diferente das demais, Li e Keung, desenvolveram um *framework* para estimar os custos de sistemas de arquitetura orientada a serviços (*Service-Oriented Architecture* (SOA)) usando a abordagem de dividir e conquistar [53]. Dentro desse

framework os serviços são classificados em três tipos primitivos e um tipo combinado de acordo com o processo de desenvolvimento. A estimativa de cada tipo primitivo é vista como um subproblema. O custo e o esforço são calculados gradativamente de acordo com a integração reversa da divisão dos serviços.

Para realizar estimativas de custo e cronograma dentro do domínio de telecomunicações Afsharian et. al [54] desenvolveram um *framework* baseado em COSMIC (*Common Software Measurement International Consortium*), que é uma variação da APF, uma matriz de design e complexidade de defeitos. O modelo usa o COSMIC, como método formal de tamanho. Ele estima a taxa de retrabalho e tem uma ferramenta capaz de juntar os dois resultados acima e simular cenários de estimativas quando os requisitos do projeto sofrerem mudanças. Dentro de seu domínio de aplicação, o *framework* desempenhou um bom papel com resultados convincentes.

Outro *framework* foi o apresentado por Ahmed et. al [55], para realizar estimativas principalmente nos estágios iniciais do projeto. Em seu *framework* eles desenvolveram um sistema que gera valores probabilísticos para o tamanho, usando Pontos por Casos de Uso (PCU), e esses são utilizados como fonte para previsão do esforço. Essa tarefa é realizada usando informações de modelos conceituais UML (*Unified Modeling Language*), geralmente elaborados no início do ciclo de vida do software. O *framework* representa a incerteza no tamanho e predição do esforço, fornecendo a estimativa como uma função de densidade de probabilidade, em vez de um valor exato. Os resultados foram bons, porém o conjunto de dados utilizado foi limitado.

Como pode ser observado, o uso de modelos e *frameworks* para realizar as estimativas é bem discutido na literatura. Porém poucos destes dão suporte ao o processo de estimativa, e os que o fazem é apenas parcialmente. Não há um meio de implantação gradual contido nos modelos/*frameworks*, o que acaba dificultando a utilização destes em ambientes pouco adaptados a realizar estimativas. Além disso, estes *frameworks* não tratam os fatores externo às estimativas, como a base de dados, inspeção das estimativas e medição.

3.5.1 Comparação dos Modelos Com o GAIA Estimativa

Esta seção apresenta uma análise comparativa detalhada entre os modelos e *frameworks* estudados. Esta comparação é apresentada por meio de uma Tabela (Tabela 3.1), que contem os critérios de comparação e os modelos comparados. Esses critérios, por sua vez, foram elaborados com base nos trabalhos de Galorath e Evans [34], MacConnell [6] e Park

[56] que apresentam guias de como avaliar as práticas de estimativas de software dentro das organizações.

Dessa forma, tendo como base os trabalhos acima citados, os seguintes nove tópicos para a avaliação das práticas de estimativas foram elaborados:

1. Utilização do Banco de Dados Históricos (BDH);
2. Processo Estruturado para realizar as estimativas;
3. Quantificar a Capacidade de Realizar as Estimativas da Organização;
4. Avaliar a Confiabilidade das Estimativas;
5. Avaliar as Incertezas;
6. Utilização de Múltiplas Abordagens e Comparação de Resultados;
7. Prática em Reestimar;
8. Reavaliar os procedimentos;
9. Avaliar as práticas de estimativas.

Como pode ser observado na Tabela 3.1, entre os estudos, o *framework* proposto por Jørgensen e Moløkken [48] se destaca cumprindo seis dos nove critérios de avaliação. O CMMI [39], satisfaz seis dos nove critérios também além de um parcialmente, porém deve-se salientar que a maioria dos critérios são satisfeitos por áreas do CMMI que não estão diretamente ligadas a estimativas. Já os *frameworks* de Huang et al. [51], Li e Keung [53], Afsharian et al. [54] e Ahmed et al. [55], cumprem poucos requisitos, isso provavelmente se deve ao fato de que eles, como a grande maioria dos modelos, são desenvolvidos para nichos específicos e não oferecem uma visão global do problema [3].

Tabela 3.1 - Tabela comparativa entre os Trabalhos Relacionados.

Critérios	COCOMO II [47]	Jørgensen e Moløkken [48]	COBRA [49]	COSEEKMO [50]	Huang et al. [51]	Li e Keung [53]	Afsharian et al. [54]	Ahmed et al. [55]	CMMI [39]	GAIA Estimativa
Utilização do BDH.	Sim. Por meio dos guias de custo.	Sim. Porém não é explícito como isso é feito	Não.	Sim. Dados do BDH são utilizados em suas análises.	Sim. As redes <i>fuzzy</i> aprendem a partir dos dados do BDH.	Não.	Parcialmente. O BDH só é usado para validar as estimativas realizadas.	Sim. Os dados probabilísticos são gerados com base no BDH.	Sim. As estimativas são baseadas nos dados de projetos passados.	Sim. O BDH é amplamente utilizado em várias áreas do <i>framework</i>
Processo Estruturado para realizar as estimativas	Sim. Existe um processo para calibrar os guias de custo e utilizá-los nas fórmulas	Sim. Existe um processo com fases para realizar as estimativas	Sim. Existe um processo para a utilização do modelo.	Parcialmente. Existe um algoritmo que determina como o COSEEKMO deve ser utilizado.	Sim. Existe um processo para utilização e calibração	Sim. Existe um processo para execução do <i>framework</i>	Não.	Sim.	Não. Não há um meio explícito no modelo de como realizar as estimativas	Sim. O GAIA Estimativa tem como base o processo apresentado na Figura 3.1
Quantificar a Capacidade de Realizar as Estimativas da Organização	Não.	Não.	Não.	Não.	Não.	Não.	Não.	Não.	Sim. Por meio dos níveis de maturidade	Sim. Por meio dos níveis de maturidade
Avaliar a Confiabilidade e das Estimativas	Não.	Não.	Não.	Parcialmente. Avalia a qualidade do modelo.	Não.	Não.	Não.	Não.	Sim. No nível 3.	Sim. Por meio do serviço de Verificação e Validação
Avaliar as Incertezas	Parcialmente. Alguns dos guias de custos podem ser	Sim. Existe uma etapa do <i>framework</i> para realizar essa tarefa	Sim. Pela avaliação de Riscos	Não.	Não.	Não.	Sim. Através de uma matriz.	Sim. Por meio de Probabilidades.	Sim. Pelo processo de Gerência de Riscos	Sim. Por meio do Serviço de Avaliar Riscos.

	calibrados para representar as incertezas										
Critérios	COCOMO II [47]	Jørgensen e Moløkken [48]	COBRA [49]	COSEKM O [50]	Huang et al. [51]	Li e Keung [53]	Afsharian et al. [54]	Ahmed et al. [55]	CMMI [39]	GAIA Estimativa	
Utilização de Múltiplas Abordagens e Comparação de Resultados	Não.	Não.	Não.	Parcialmente . Compara os modelos com o propósito de achar o melhor.	Não.	Não.	Não.	Não.	Parcialmente . Os resultados são comparados com os atuais, mas a utilização de múltiplas abordagens não é estimulada.	Sim, Essa tarefa é realizada pelos serviços de Processo de Comparação, Modelos Simples e Modelos Paramétricos.	
Prática em Reestimar	Não.	Sim.	Não.	Não.	Não.	Não.	Parcialmente , os dados são reestimados quando os requisitos sofrem mudanças.	Não.	Sim. Nos marcos do projeto.	Sim. Em todos os marcos do projeto e sempre que algum pressuposto do projeto sofrer alteração.	
Reavaliar os procedimentos periodicamente	Não.	Sim. Por meio da fase de aprendizado	Não.	Não.	Não.	Não.	Não.	Não.	Sim. Nos níveis 3, 4 e 5.	Sim. Por meio do serviço de Lições Aprendidas e Revisão do processo.	
Avaliar as práticas de estimativas da organização	Não.	Sim. Através de um <i>checklist</i> .	Não.	Não.	Não.	Não.	Não.	Não.	Não.	Sim, através do Questionário de Avaliação Diagnóstica.	

Fonte: Elaborada pelo autor.

4 FRAMEWORK GAIA ESTIMATIVA

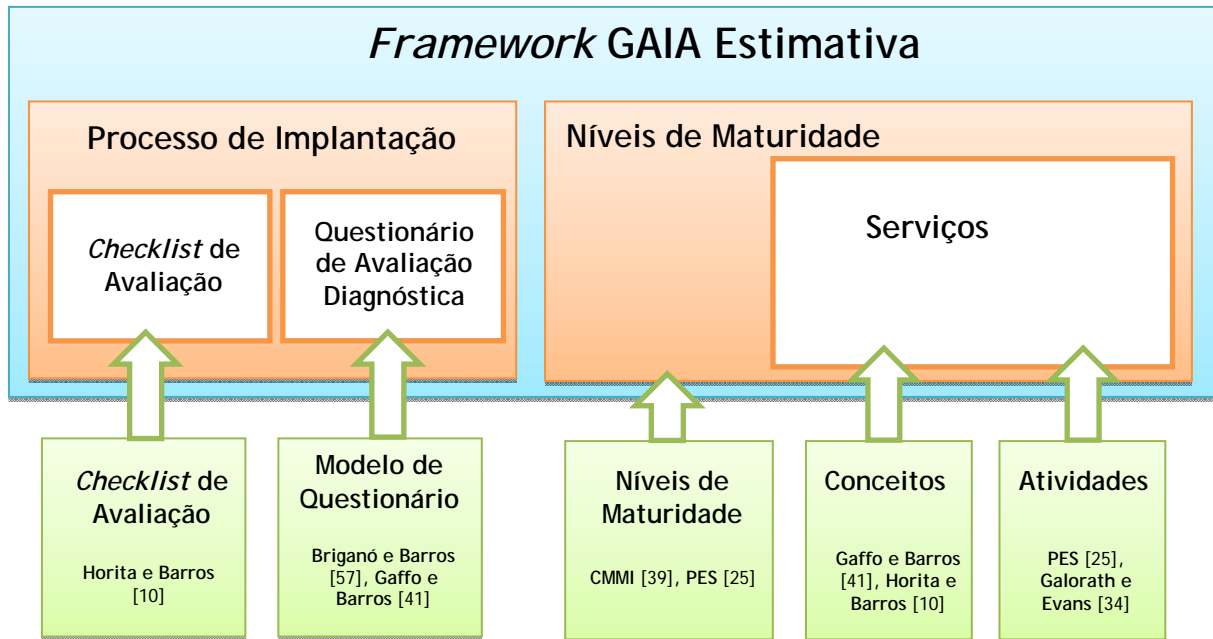
Neste capítulo é apresentado o *Framework* GAIA Estimativa, cujo foco é a gerência de estimativas de projetos de software. O seu intuito é agregar valor e qualidade ao processo de desenvolvimento de software (PDS), através da melhoria das práticas de estimativas dentro das organizações.

Para realizar essa tarefa, O GAIA Estimativa propõe um modelo de gestão das estimativas de software, por meio de níveis de maturidade e serviços com o objetivo de suportar a execução e gradativa implantação do processo de estimativas de software. Nos próximos tópicos o *framework* proposto bem como seus componentes, estrutura e funcionamento são apresentados.

4.1 ESTRUTURA DO *FRAMEWORK*

Primeiramente serão apresentados, com maior detalhe, os conceitos, estudos e pesquisas que nortearam a elaboração da estrutura deste *framework*. Ele é composto por (1) oito serviços, (2) cinco níveis de maturidade, (3) um questionário de avaliação, (4) um *checklist* de avaliação e (5) um processo de implantação. A Figura 4.1 mostra como essas partes integram o *framework*, bem como quais foram as principais bases conceituais para sua elaboração.

Figura 4.1 – Mapeamento dos Conceitos utilizados para elaboração do *Framework* GAIA Estimativa.



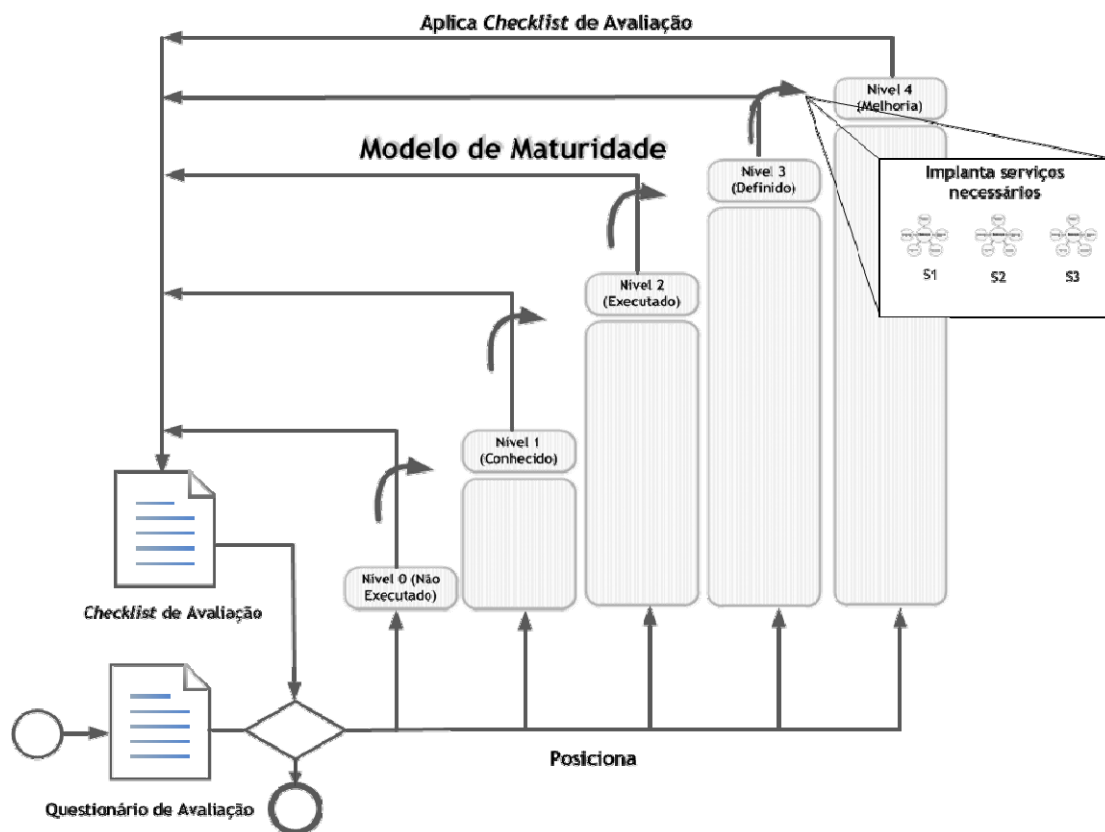
Fonte: Elaborada pelo autor.

Conforme apresentado na Figura 4.1, na parte de baixo da figura, na cor verde, estão os conceitos, pesquisas e estudos que serviram de base para a confecção deste *framework*, que está representado pela cor azul e seus componentes pela cor laranja e branca. Assim, para a criação do questionário de avaliação foram utilizadas as diretrizes e estruturas contidas nos trabalhos de Briganó e Barros [57] e Gaffo e Barros [41] e o *checklist* de avaliação foi baseado no trabalho de Horita e Barros [10].

A obtenção dos serviços deu-se, por sua vez, pela fragmentação do processo da Figura 3.1, e pelos dez passos elencados por Galorath e Evans [34] para a execução do processo de estimativa. Cada serviço auxilia uma ou mais partes do processo. Os conceitos para a criação dos componentes dos serviços foram baseados no trabalho de Gaffo e Barros [41] e Horita e Barros [10].

A organização dos serviços dentro dos níveis de maturidade bem como o estabelecimento deles segue o padrão do CMMI [39] e as atividades contidas no processo da Figura 3.1. Como não encontramos na literatura nenhuma abordagem que siga níveis de maturidade para esse fim, optou-se por seguir o padrão do CMMI, por ele ser um dos modelos de maturidade mais bem sucedidos e difundidos no mundo [58]. A Figura 4.2, exemplifica o funcionamento do *framework*.

Figura 4.2 - Funcionamento do *Framework*.



Fonte: Elaborada pelo autor.

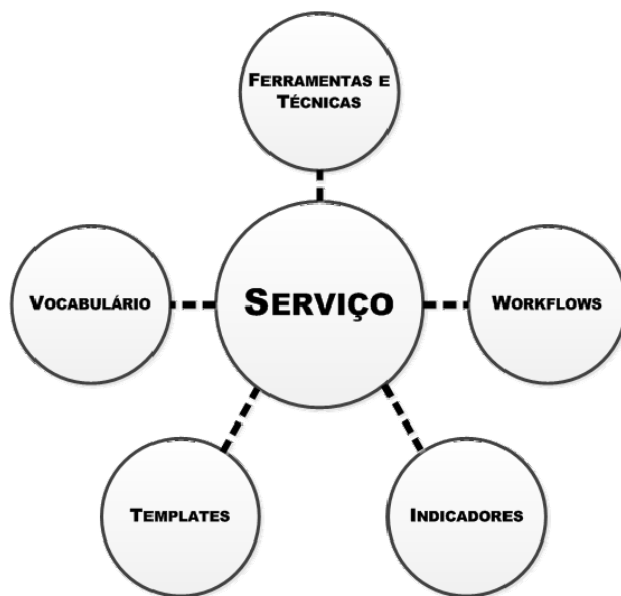
Conforme a Figura 4.2, neste *Framework* primeiramente o questionário de avaliação diagnóstica é aplicado e com seu resultado a organização é posicionada em um dos cinco níveis de maturidade. Para avançar algum nível, a organização deve implantar os serviços do nível em que está e os do próximo nível. Assim que ela o fizer, o *checklist* de avaliação é aplicado para avaliar se esses serviços foram devidamente implantados de acordo com as evidências coletadas de seu funcionamento e a posição atualizada da organização dentro do modelo de maturidade é fornecida.

4.2 SERVIÇOS

Cada serviço do *framework* tem como objetivo subsidiar a execução de uma ou mais etapas do processo de estimativa, permitindo assim que suas atividades alcancem suas metas. A evolução de cada serviço almeja agregar valor ao processo tornando-o mais consistente e confiável no decorrer dos níveis.

Como exposto na seção anterior, a área de serviço, ou seja, o seu formato, foi baseado nos trabalhos de Gaffo e Barros [41] e Horita e Barros [10], onde eles combinaram os conceitos do ITILv3 (*Information Technology Infrastructure Library*) [59] e uma série de normais e guias para confecção de sua estrutura. A **Figura 4.3** apresenta essa estrutura.

Figura 4.3 - Estrutura dos serviços do *Framework*.



Fonte: Elaborada pelo autor

De acordo com a **Figura 4.3**, cada serviço possui cinco áreas que organizam informações pertinentes a sua execução, e estas podem ser customizados de acordo com a necessidade do projeto, cliente e/ou organização. A seguir é dada uma breve descrição de cada uma das cinco áreas de informações dos serviços [41]:

- **Ferramentas e Técnicas:** Compreendem instrumentos e metodologias que possibilitam aplicar e incorporar as práticas do serviço.
- **Templates:** Consiste em modelos de documentos com o propósito de padronizar os registros, identificar e determinar os artefatos consumidos e gerados durante sua implantação.
- **Indicadores:** tem como base o método (GQ(I)M) [44]. Definem métricas para mensurar a evolução do serviço e incentivar sua melhoria contínua.
- **Workflows:** Caracterizam os processos padrões para gerir a execução das atividades do serviço.
- **Vocabulários:** Compreendem terminologias, nomenclaturas e siglas comuns as atividades de cada serviço do *framework*.

Além de organizar as informações relevantes e ser customizável de acordo com a necessidade, a utilização das áreas de serviço cria um repositório de políticas, metodologias, práticas, documentos, terminologias, procedimentos e métricas para realizar as atividades [41]. Isto acaba por facilitar a execução do serviço por qualquer membro da organização. Logo abaixo, segue uma descrição de cada um dos oito serviços do *framework*:

- **Banco de Dados Históricos:** Base que armazena dados de projetos passados, dados da execução de processos, custos, recursos humanos entre outros. O seu principal papel é fornecer informações as demais áreas do processo, suportando de forma eficiente a execução das suas atividades. Ele traz ainda um processo para requisição e coleta de dados.
- **Modelos Simples:** Como os modelos heurísticos se preocupam mais com a interação dos funcionários e suas decisões no desenvolvimento, assim, o seu uso torna-se mais acessível e fácil comparando-os a modelos mais formais [4,6]. Juntamente com modelos baseados na produtividade da organização (quando essa informação está disponível). Esses tipos de modelos usam fórmulas simples para estimar suas tarefas, segundo MacConnell [6] e

Jørgensen [60], modelos simples tem uma boa precisão se baseados em dados de produtividade da organização. Dessa forma, é comum que organizações com pouca maturidade ou prática com o processo de estimar usem mais frequentemente estas técnicas no início.

- **Medida Formal de Tamanho:** Uso de uma medida formal de tamanho. Por exemplo, Pontos por função ou Pontos por Casos de Uso [61]. A mensuração do tamanho do software é fundamental para a maioria dos modelos existentes, pois estes usam o tamanho como entrada para derivar o esforço, cronograma e custo [61]. Seu papel é padronizar essa medida a fim de aumentar a qualidade das demais estimativas.
- **Modelos Paramétricos:** A organização deve fazer uso de algum modelo paramétrico para realizar suas estimativas. Por exemplo o COCOMO II. A vantagem de usar modelos paramétricos é que eles não mensuram apenas o desenvolvimento de um produto em particular, mas sim o inter-relacionamento entre os projetos já desenvolvidos. Além de levarem em conta fatores ambientais, técnicos e pessoais [46]. Assim se bem usados e calibrados podem produzir resultados precisos [19].
- **Processo de Comparação:** Processo para comparar as estimativas dos modelos paramétricos, métodos heurísticos e derivados para chegar a um consenso. A utilização de mais de uma abordagem para estimar e comparar seus resultados é de grande valia, pois nenhuma das técnicas usadas é considerada perfeita [6]. Todas têm seus pontos fortes e fracos. Portanto comparando seus resultados é a melhor maneira de não ficar sujeito a tendência de algum método, obtendo assim um resultado mais confiável.
- **Avaliação de Riscos:** Realiza análise de risco, adaptando as estimativas aos riscos inerentes do projeto, identificados e avaliados por este serviço.
- **Verificação e Validação:** Esse serviço verifica e valida a integridade das estimativas, garantindo que elas foram efetuadas corretamente, se funções foram devidamente estimadas, se a

estimativa é viável e se todas as restrições foram levadas em consideração.

- **Lições Aprendidas e Revisão do Processo:** Aqui são coletadas as lições aprendidas do processo ao final de cada projeto. Servindo de apoio para a realização de futuras estimativas. A revisão do processo é realizada para identificar qualquer problema com o processo. Uma série de perguntas são realizadas ao final de cada projeto para apontar possíveis áreas de melhoria. Uma análise inter-projetos usando dados estatísticos é feita para classificar se um problema é corriqueiro ou uma anomalia.

Para exemplificar, a Figura 4.4, apresenta a estrutura básica do serviço de Verificação e Validação. As informações completas de cada serviço do *framework* GAIA Estimativa estão disponíveis no endereço: www.gaia.uel.br/gaia_estimativa. Na próxima seção serão apresentados os cinco níveis de maturidade do *framework* e a devida alocação de cada serviço dentro deste modelo.

4.3 NÍVEIS DE MATURIDADE

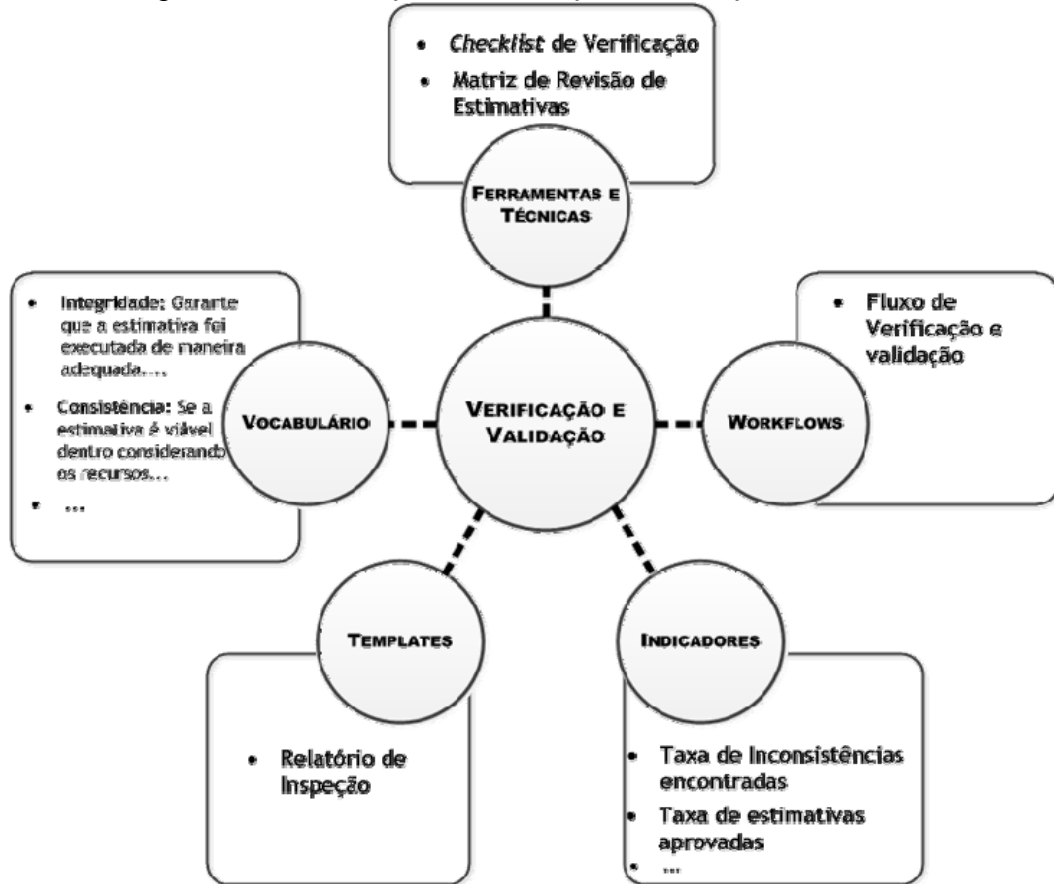
Com base nos estudos realizados no decorrer deste trabalho, foi elaborado um modelo com cinco níveis de maturidade, objetivando garantir uma gerência e execução do processo de estimativa de software com qualidade. Modelos usando níveis de maturidade vêm sendo usados com êxito para estabelecimento e avaliação de processos [10,40,41].

A vantagem do uso de modelos baseados em níveis de maturidade é que o processo pode ser implementado de maneira gradual e incremental. Assim, ele consegue se adaptar a realidade de cada organização. Além de não se fazer necessário implementar todos os níveis do modelo, por exemplo, caso os objetivos da organização forem alcançados em determinado nível então os próximos níveis não necessitam ser implantados.

Como comentado anteriormente, os níveis de maturidade e o posicionamento dos serviços dentro do modelo foram definidos usando o modelo de maturidade do CMMI [39] e o Processo de Estimativa da Figura 3.1. Além disso, ainda foi considerado a possível quantidade de informação que a organização deve conter para implementar determinado serviço, e levando isso em conta, os serviços com uma necessidade

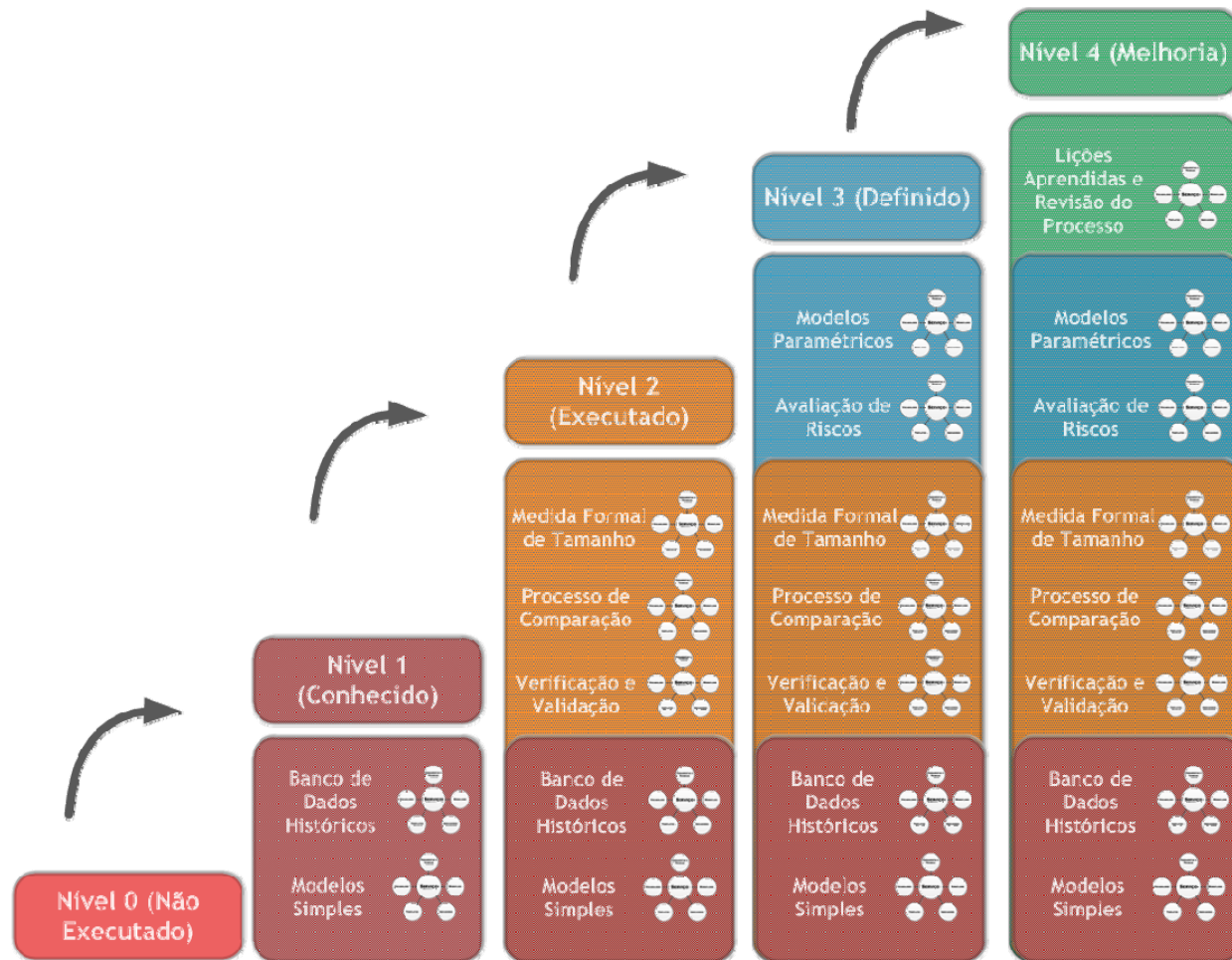
maior de dados foram alocados em níveis mais altos. Os níveis de maturidade e seus serviços são ilustrados na Figura 4.5.

Figura 4.4 - Componentes do Serviço de Verificação e Validação.



Fonte: Elaborada pelo autor.

Figura 4.5 - Modelo de Maturidade e seus Serviços.



Fonte: Elaborada pelo autor.

Como consta na Figura 4.5, o modelo contém cinco níveis, indo do nível 0 ao nível 4. O nível 0 não contém nenhum serviço, o nível 1 contém dois serviços, o nível 2 são três serviços, o nível 3 adiciona mais dois serviços, e por fim o nível 4 conta com um serviço. Cada nível deve implementar os seus serviços mais os serviços dos níveis anteriores. Abaixo segue a descrição de cada nível do modelo de maturidade:

- **Nível 0 (Não Executado):** O nível 0 compreende as organizações que não realizam as estimativas em seus projetos ou as realizam de maneira totalmente intuitiva. Este nível caracteriza uma organização pela falta de preparo dos *stakeholders* nas atividades desta gerência. Este nível se faz necessário para que todas as organizações possam ser alocadas em algum nível de maturidade.
- **Nível 1 (Conhecido):** Esse nível fornece dois serviços: Banco de Dados Históricos e Modelos Simples, com o objetivo de auxiliar as organizações que estão começando a estimar. Aqui o PES já é conhecido, porém não é executado com todos seus componentes, e a quantidade de informação de projetos na organização é pequena.
- **Nível 2 (Executado):** No nível 2 o PES já é conhecido e executado, com a maioria de seus passos, dentro da organização. Nesse nível a organização já deve ter um maior conhecimento de seu próprio PDS. Assim, existe uma maior familiaridade e facilidade para implementar serviços que dependem de outras áreas.
- **Nível 3 (Definido):** Nesse nível, o processo é executado completamente e é padronizado dentro da organização. A organização já tem base para implementar todas as etapas do processo e de gerenciá-lo. Aqui o PES já é bem conhecido dentro da organização, seus limites são claros e existe uma boa base de dados coletados de projetos passados. O PES deve estar integrado ao PDS.
- **Nível 4 (Melhoria):** Nesse nível, o processo é revisto periodicamente com intuito de identificar possíveis áreas de melhoria além de gargalos em sua execução. A organização já é madura para conseguir controlar a execução do processo

estatisticamente, conhecendo as áreas de maior produtividade, taxas de erros, variância e etc.

4.4 QUESTIONÁRIO DE AVALIAÇÃO DIAGNÓSTICA

A terceira estrutura do *framework*, denominada Questionário de Avaliação Diagnóstica (QAD) foi elaborada com base nos trabalhos de Gaffo e Barros [41] e Briganó e Barros [57]. O QAD tem como objetivo identificar o nível de maturidade institucionalizado na organização, no que diz respeito à Gestão de Estimativas de Software. Quando aplicado a membros da organização, ele permite identificar e definir um plano de ação para implantação dos serviços que atendam e solucionem os problemas evidenciados.

O questionário de avaliação objetiva avaliar a execução PES, em relação aos níveis e serviços definidos no modelo de maturidade. Ele determina os valores de classificação para os serviços do modelo, os critérios para determinar o nível de maturidade da organização e fornece um processo de avaliação e implantação. O QAD pode ser usado como forma de auto avaliação, quando a organização deseja saber o seu nível de maturidade. Assim, ela pode detectar áreas de melhorias e identificar quais objetivos ela é capaz de implementar de acordo com sua capacidade.

As questões do QAD são de múltipla escolha e possuem um conjunto de alternativas que buscam traduzir objetivamente as situações ocorridas no cotidiano das organizações, com intuito de simplificar o preenchimento do questionário pelos usuários [57]. O foco do QAD é identificar o grau de institucionalização dos serviços contidos no modelo de maturidade, e assim definir qual a maturidade da organização em relação às suas práticas de estimativas. A Tabela 4.1 traz um exemplo de questão do QAD. As demais questões do QAD e seus componentes encontram-se no Anexo A desta dissertação. O questionário é composto de 28 questões, sendo 24 de múltipla escolha e 4 dissertativas.

Tabela 4.1 - Modelo de Questão do QAD.

Questão: Existem mecanismos para o armazenamento de dados na organização?		
Alternativas		FM
A	Sim. O armazenamento de dados é baseado em banco de dados, cada área da organização possui seu próprio espaço dentro do banco e todas as regras do banco são documentadas.	+2
B	Sim. O armazenamento de dados é baseado em banco de dados, cada área da organização possui seu próprio espaço no banco, porém nem todas as regras do banco são documentadas.	+1
Questão: Existem mecanismos para o armazenamento de dados na organização?		
Alternativas		FM
C	Sim. O armazenamento de dados é baseado em banco de dados, porém não há uma separação clara dos dados entre as áreas da organização.	0
D	Sim. O armazenamento de dados é realizado em planilhas.	-1
E	Não. Não existem mecanismos para armazenamento de dados dentro da organização.	-2
Questão Chave: Banco de Dados Históricos.		

Fonte: Elaborada pelo autor.

Como apresentado na Tabela 4.1, cada questão do QAD é composta por três elementos. Sendo eles, um enunciado, um conjunto de alternativas, que podem variar de duas até cinco alternativas e um fator multiplicativo (FM). Cada alternativa está associada a um desses fatores multiplicativos (FM) cuja função é atribuir a alternativa um valor individual entre dois positivo (+2) e dois negativo (-2), simbolizando a influência das alternativas, sendo que zero (0) não exerce influência.

Além da relação entre a questão e suas alternativas, que são os FM, exemplificados na Tabela 4.1, outro importante componente do QAD é o relacionamento entre as questões e os serviços do *framework* GAIA Estimativa, esse relacionamento é representado por pesos. Assim, uma questão pode impactar em um ou mais serviços do *framework* [57]. A Tabela 4.2 apresenta esse relacionamento tomando como exemplo a questão contida na Tabela 4.1.

Tabela 4.2 - Peso das questões nos serviços do GAIA Estimativa.

Serviço	Justificativa	Peso
Banco de Dados Históricos	Para o funcionamento deste serviço é essencial que haja mecanismos de armazenamento de dados bem definidos e eficazes	16
Modelos Simples	Este serviço usufrui do BDH da organização para derivar fórmulas a partir da produtividade da mesma.	2
Medida Formal de Tamanho	A existência de mecanismos para o armazenamento de dados não impacta neste serviço.	0
Processo de Comparação	Durante o processo de comparação dados do BDH podem ser requisitados para realizar uma melhor análise.	1
Verificação e Validação	A existência de mecanismos para o armazenamento de dados não impacta neste serviço.	0
Modelos Paramétricos	Os modelos paramétricos são altamente dependentes de boas bases de dados para serem calibrados	2
Avaliação de Riscos	Durante a análise de risco dados do BDH podem ser requisitados para realizar uma melhor análise	1
Lições Aprendidas e Revisão do Processo	A existência de mecanismos de armazenamento de dados é de suma importância para a coleta de Lições aprendidas bem como a realização das análises para revisar o processo.	4

Fonte: Elaborada pelo autor.

A Tabela 4.2 representa o impacto da questão alvo em cada um dos serviços do *framework*. Como pode ser observado na Tabela 4.2, o peso do impacto em cada serviço varia de zero (0) até (4), sendo que: 0 – Não Impacta, 1 – Impacto Baixo, 2 – Impacto Médio, 3 – Impacto Alto e 4 – Impacto Crítico [57]. Assim, associando as Tabela 4.1 e Tabela 4.2 é possível averiguar que a questão tomada como exemplo exerce influência crítica nos serviços de *Banco de Dados Históricos* e *Lições Aprendidas e Revisão do Processo*, influência média no serviço de *Modelos Paramétricos* e assim por diante.

Dessa forma, Os FMs e os pesos servem como insumos na determinação do nível de maturidade institucionalizado na organização. Assim, o FM relacionado a uma alternativa irá multiplicar o valor do peso atribuído ao relacionamento da questão com os serviços do *framework*. O resultado desta multiplicação irá indicar o impacto que determinada situação terá sobre os serviços, pois os pesos determinam o peso da questão nos serviços e o fator multiplicativo indica qual o impacto da alternativa respondida na questão [57].

Foi introduzido também no QAD o conceito de questão chave. Questões Chaves são as questões que representam diretamente um serviço. Ou seja, elas estão intimamente ligadas a um serviço, sendo que na maioria das vezes são as questões que representam a avaliação da execução do serviço. Assim quando existe uma questão chave o peso do serviço que ela representa é elevado ao quadrado, ou seja, 16, pois o peso no serviço

será crítico (4). Isso é feito para que a questão chave seja determinante para a avaliação de seu serviço e para que as outras questões que tem impactos menores neste serviço não mascarem o real resultado da avaliação.

Para chegar ao resultado do questionário é necessário calcular o percentual de atendimento sobre cada serviço. Essa pontuação deve ser ajustada com base nos valores extremos do questionário, que são representados pelo valor máximo (VMax) e valor mínimo (VMin) dos possíveis valores. Esse cálculo é realizado resolvendo o questionário com as respostas de maior valor em cada questão, assim obtém-se o VMax, e analogamente respondendo o questionário com as respostas de menor valor obtém-se o VMin. A Tabela 4.3 e Tabela 4.4 exemplificam o cálculo destes fatores.

Tabela 4.3 - Exemplo de cálculo do VMax.

Serviço	FM	Peso	Cálculo	Resultado
Banco de Dados Históricos	2	4	2x4	8
Modelos Simples	2	2	2x2	4
Medida Formal de Tamanho	2	0	2x0	0
Serviço	FM	Peso	Cálculo	Resultado
Processo de Comparação	2	1	2x1	2
Verificação e Validação	2	2	2x2	4
Modelos Paramétricos	2	3	2x3	6
Avaliação de Riscos	2	1	2x1	2
Lições Aprendidas e Revisão do Processo	2	4	2x4	8

Fonte: Elaborada pelo autor.

Tabela 4.4 - Exemplo de cálculo do VMin.

Serviço	FM	Peso	Cálculo	Resultado
Banco de Dados Históricos	-2	4	-2x4	-8
Modelos Simples	-2	2	-2x2	-4
Medida Formal de Tamanho	-2	0	-2x0	0
Processo de Comparação	-2	1	-2x1	-2
Verificação e Validação	-2	2	-2x2	-4
Modelos Paramétricos	-2	3	-2x3	-6
Avaliação de Riscos	-2	1	-2x1	-2
Lições Aprendidas e Revisão do Processo	-2	4	-2x4	-8

Fonte: Elaborada pelo autor.

Assim, se houvesse mais questões, o mesmo cálculo seria realizado para cada questão, e os resultados seriam somados. Após o cálculo dos VMaxs e VMin faz-se necessário definir uma faixa de pontuação (FP), a qual é obtida pela diferença de VMax e

VMin. Além disso, o valor final deve ser ajustado por um fator de ajuste (FA), que se da pelo módulo de VMin. A Tabela 4.5 e a Tabela 4.6 exemplificam esse cálculo.

Tabela 4.5 - Exemplo FP.

Serviço	Cálculo	FP
Banco de Dados Históricos	8-(-8)	16
Modelos Simples	4-(-4)	8
Medida Formal de Tamanho	0-0	0
Processo de Comparação	2-(-2)	4
Verificação e Validação	4-(-4)	8
Modelos Paramétricos	6-(-6)	12
Avaliação de Riscos	2-(-2)	4
Lições Aprendidas e Revisão do Processo	8-(-8)	16

Fonte Elaborada pelo autor.

Tabela 4.6 - Exemplo de FA.

Serviço	Cálculo	FA
Banco de Dados Históricos	-8	8
Modelos Simples	-4	4
Medida Formal de Tamanho	0	0
Processo de Comparação	-2	2
Verificação e Validação	-4	4
Modelos Paramétricos	-6	6
Avaliação de Riscos	-2	2
Lições Aprendidas e Revisão do Processo	-8	8

Fonte: Elaborada pelo autor.

Com isso, torna-se possível calcular o Resultado (R) do QAD. Esse valor é obtido pela somatória do produto entre o peso da questão (para cada serviço) e o FM da alternativa selecionada. Dessa forma, o Resultado Final (RF) é calculado dividindo-se o somatório do Resultado (R) com Fator de Ajuste (FA) pela Faixa de Pontuação (FP).

Caso o FP seja zero (0) o RF será zero (0) também, pois não existe divisão pro zero. Supondo que a resposta para a questão exemplo da Tabela 4.1 seja a alternativa A, de FM +2 e os pesos estejam de acordo com a Tabela 4.2, assim seu o R e RF seria calculado conforme demonstra a Tabela 4.7 e a Tabela 4.8.

Tabela 4.7 - Exemplo de cálculo do Resultado Final (RF).

Serviço	Cálculo	RF
Banco de Dados Históricos	$\frac{8+8}{16} \times 100\%$	100%
Modelos Simples	$\frac{4+4}{8} \times 100\%$	100%
Medida Formal de Tamanho	$FP = 0$	0%
Processo de Comparação	$\frac{2+2}{4} \times 100\%$	100%
Verificação e Validação	$\frac{4+4}{8} \times 100\%$	100%
Modelos Paramétricos	$\frac{6+6}{12} \times 100\%$	100%
Avaliação de Riscos	$\frac{2+2}{4} \times 100\%$	100%
Lições Aprendidas e Revisão do Processo	$\frac{8+8}{16} \times 100\%$	100%

Fonte: Elaborada pelo autor.

Tabela 4.8 - Exemplo de cálculo do Resultado (R).

Serviço	Cálculo	R
Banco de Dados Históricos	2x4	8
Modelos Simples	2x2	4
Medida Formal de Tamanho	2x0	0
Processo de Comparação	2x1	2
Verificação e Validação	2x2	4
Modelos Paramétricos	2x3	6
Avaliação de Riscos	2x2	2
Lições Aprendidas e Revisão do Processo	2x4	8

Fonte: Elaborada pelo autor.

Após determinar o RF, que é dado em porcentagem como pode ser notado na Tabela 4.7, o nível de maturidade é definido de acordo com os patamares estabelecidos na Tabela 4.9. O nível de maturidade é determinado pelo serviço que atingir menor taxa de atendimento por nível. Estes patamares foram desenvolvidos de maneira linear e podem ser alterados futuramente de acordo com os dados de *feedback* obtidos da execução do *framework*.

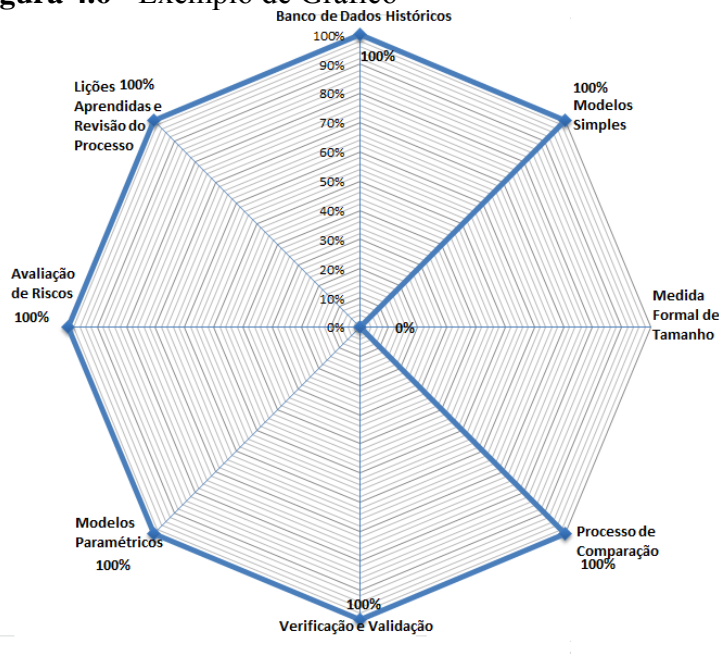
Tabela 4.9 - Classificação do nível de Maturidade de acordo com seu Percentual.

Nível de Maturidade	Intervalo de Percentual
Nível 0 (Não Executado)	$0 \leq RF(s) \leq 20$
Nível 1 (Conhecido)	$20 < RF(s) \leq 40$
Nível 2 (Executado)	$40 < RF(s) \leq 60$
Nível 3 (Definido)	$60 < RF(s) \leq 80$
Nível 4 (Melhoria)	$80 < RF(s) \leq 100$

Fonte: Elaborada pelo autor.

Os resultados obtidos com a execução do QAD são apresentados em forma de um gráfico de radar, sendo que seus eixos representam os serviços do *framework* GAIA Estimativa e a área os percentuais atingidos. Dessa forma, consegue-se ter uma visão global da situação da organização avaliada. O gráfico representado pela **Figura 4.6** demonstra a conversão dos RFs da questão exemplo, como mencionado anteriormente.

Figura 4.6 - Exemplo de Gráfico



Fonte: Elaborada pelo autor.

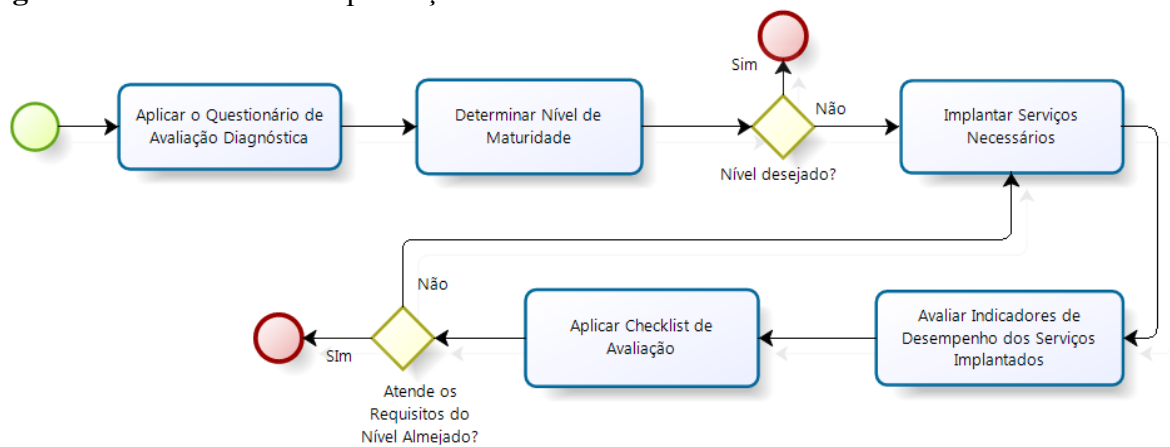
De acordo com o exemplo adotado, onde os resultados de sua avaliação estão representados na **Figura 4.6**, pode-se afirmar que apesar de maioria dos serviços tenham sido completamente atendidos, se fosse feita a classificação desta avaliação o resultado seria caracterizado como nível 1 (conhecido). Isto devido à baixa aderência do serviço de *Medida Formal de Tamanho*, pertencente ao nível 2 (executado), uma vez que o nível de maturidade é definido pelo menor grau de atendimento de um serviço em relação ao nível de maturidade que ele pertence.

Assim, esta avaliação encontra-se no nível 2, pois os serviços do nível 1 obtiveram a porcentagem mínima de atendimento para este nível (21%), porém o serviço de *Medida Formal de Tamanho* não alcançou o mínimo de atendimento (41%) para ser considerado aderente ao nível 2. Deve-se destacar ainda, que neste exemplo foi examinada apenas uma questão, se houvesse outras, os valores de VMax, Vmin, FA, FP e R seriam diferentes e com certeza alterariam consideravelmente o resultado da avaliação. Um exemplo real da aplicação do questionário está disponível na Seção 5 desta dissertação.

4.5 PROCESSO DE IMPLANTAÇÃO

Para institucionalizar os serviços do *framework* GAIA Estimativa e assim conseguir gerenciar o PES, algumas atividades devem ser cumpridas. Esse conjunto de atividade é denominado processo de implantação (PI). O PI tem o objetivo de guiar a implantação de um ou mais serviços almejados pela organização. A Figura 4.7 demonstra o conjunto de atividades que compõe o PI do GAIA Estimativas.

Figura 4.7 - Processo de Implantação do GAIA Estimativa.



Fonte: Elaborada pelo autor.

De acordo com a Figura 4.7, o PI inicia-se com o preenchimento do QAD. Em seguida, o nível de maturidade da organização em avaliação é definido com base nos patamares estabelecidos na Tabela 4.9. Então, com a classificação do nível decide-se se este é o nível almejado pela organização. Se o nível aferido for o desejado o processo é finalizado. Caso o nível definido não for o aspirado, os serviços necessários para a implantação deste nível são implementados.

Depois de implantados, a execução das novas atividades dos serviços são medidas por meio de seus indicadores de desempenho. Esses dados serão coletados durante a execução de um ou mais projetos dentro da organização e servirão como evidência da efetividade da implantação dos serviços. Após esta etapa, o *checklist* de avaliação é aplicado para verificar se os serviços foram devidamente implantados, sua análise é baseada nos dados coletados da execução dos serviços recém implementados.

Como mencionado anteriormente (Seção 3.4), a metodologia para medir o desempenho da execução dos serviços e do processo de estimativa como um todo foi o

GQ(I)M. Pois além deste método ser de fácil manuseio e existir ampla documentação a seu respeito ele ainda tem altas taxas de sucesso na implementação de programas de medição [42]. Dessa forma, baseados nas diretrizes do GQ(I)M elaborou-se a estrutura padrão dos indicadores de desempenho do *framework*. A Tabela 4.10 exemplifica esta estrutura.

Tabela 4.10 - Estrutura do Indicador.

Característica	Descrição
Identificador do Indicador	
Objetivo do Indicador:	Descrição do objetivo do indicador.
Questão:	A questão relacionada ao indicador que o usuário esta tentando responder.
Entradas:	Lista de requisitos para construir o indicador e sua definição.
Algoritmo:	Descrição do algoritmo usado para construir o indicador.
Público alvo:	Descrição do público que o identificador é destinado.
Responsável pela medição:	Responsável por realizar a medição.
Frequência da medição:	Frequência que o indicador é coletado
Método de coleta de dados:	Responsável método utilizado para coleta dos dados.
Responsável pela análise:	Responsável por analisar o indicador.
Método de Análise:	Informações de como a análise e interpretação dos dados será realizada.

Fonte: Adaptado de [42].

5 ESTUDO DE CASO

Para verificar e validar as estruturas do *framework* GAIA Estimativa, sua aplicação foi conduzida em um ambiente de desenvolvimento de software. Com objetivo de, segundo a metodologia de pesquisa adotada (estudo de caso), observar e avaliar se o *framework* GAIA Estimativa consegue desempenhar o seu papel, isto é, gerenciar o processo de estimativas de software e levar o mesmo a produzir estimativas mais precisas e confiáveis.

Assim, este estudo de caso foi moldado e estruturado de acordo com processo para elaboração de um estudo de caso proposto por Yin [9], sendo este processo composto dos seguintes passos: (1) *Design* e planejamento do estudo de caso; (2) Preparação da coleta de dados, (3) Coleta de evidências, (4) Análise dos dados coletados e (5) Relatórios. Trazendo este processo para o ambiente de aplicação do estudo de caso desta dissertação, os cinco passos foram associados em três grupos, sendo eles:

1. *Design e Planejamento do Estudo de Caso*: aqui serão fornecidos detalhes de como o estudo de caso será aplicado, qual o seu propósito e a descrição do ambiente de aplicação.
2. *Aplicação do Estudo de Caso*: esta etapa compreende nos passos (2) e (3) do processo proposto por Yin [9] (seção 2.1). Nesta fase serão fornecidos detalhes da aplicação e o planejamento dos indicadores necessários para avaliar os resultados.
3. *Resultados e Discussões*: nesta última fase, os resultados da aplicação serão apresentados e analisados. Este tópico compreende nas etapas (4) e (5) do processo proposto por Yin [9].

As próximas três subseções trazem a descrição detalhada da aplicação de cada uma das etapas no estudo de caso alvo desta dissertação.

5.1 DESIGN E PLANEJAMENTO DO ESTUDO DE CASO

Como exposto anteriormente, este estudo de caso visa validar o *framework* GAIA Estimativa por meio de sua aplicação e análise dos resultados. Este empreendimento foi principalmente conduzido usando uma das estruturas do próprio GAIA Estimativa, denominada Processo de Implantação (PI). Segundo o PI (Figura 4.7), primeiramente o QAD é aplicado na organização e seu nível de maturidade é definido segundo as respostas do QAD.

Posteriormente, verifica-se se o nível alcançado é o desejado, se for, o processo é encerrado, do contrário, os serviços necessários para sua evolução são identificados e implantados. Em seguida, analisam-se os dados dos indicadores de desempenho dos serviços implantados, para que sirvam de evidência de seu funcionamento, e por fim aplica-se o QAD novamente para verificar se os serviços foram corretamente implementados.

Dessa forma, seguindo o PI, definiu-se que para validar o *framework* GAIA Estimativa inicialmente o nível de maturidade da organização alvo seria então aferido. Após isso, seriam identificados os serviços necessários para a evolução de **um nível de maturidade** dentro do *framework* GAIA Estimativa. E por fim, as ações necessárias para a implementação desses serviços, bem como seus indicadores de desempenho, seriam planejados e postos em funcionamento para que posteriormente sua aderência ao nível de maturidade alvo pudesse ser medida.

Portanto, de acordo com esta estratégia, o PI do *framework* GAIA Estimativa foi aplicado em uma organização desenvolvedora de software. Esta organização, alvo do estudo, é a fábrica de software denominada GAIA¹, cujo foco é o desenvolvimento de aplicações Web. A fábrica de software GAIA é composta por alunos da graduação e mestrado do curso de Ciência da Computação da Universidade Estadual de Londrina (UEL). Dessa maneira, o *framework* GAIA Estimativa foi avaliado durante a implementação de um projeto da fábrica de software GAIA.

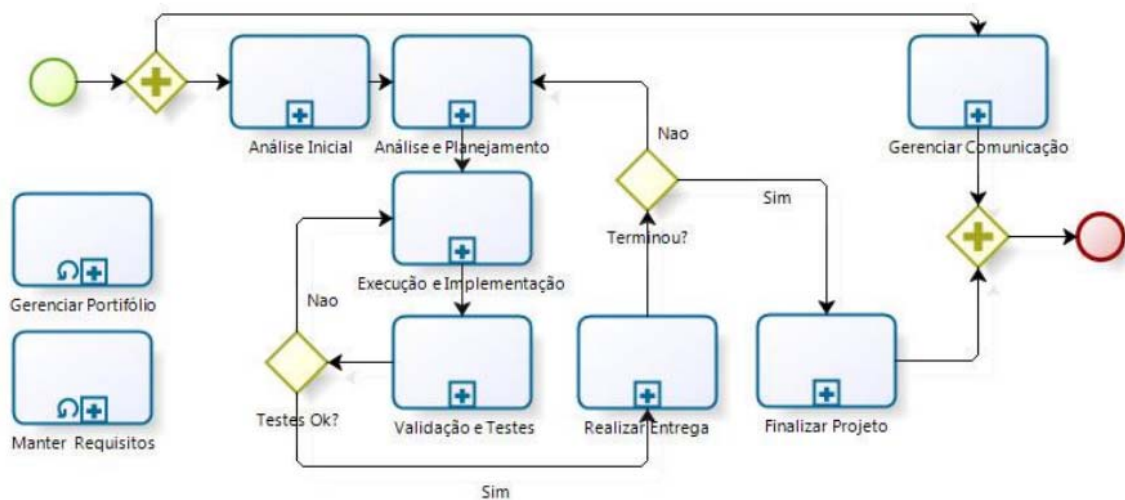
A fábrica de software GAIA utiliza um processo de desenvolvimento de software prescritivo baseado no PMBOK (*Project Management Body of Knowledge*), onde seus componentes podem ser visualizados na

Figura 5.1. Conforme a representação gráfica da

Figura 5.1, o processo de desenvolvimento da fábrica de software GAIA (PDSG) é dividido em seis fases, cada uma concluída por um marco principal.

¹ Mais informações sobre a fábrica de software GAIA podem ser encontradas no endereço: www.gaia.uel.br

Figura 5.1 - Processo de Desenvolvimento de Software da Fábrica de Software GAIA (PDSG).



Fonte: Retirado de [10].

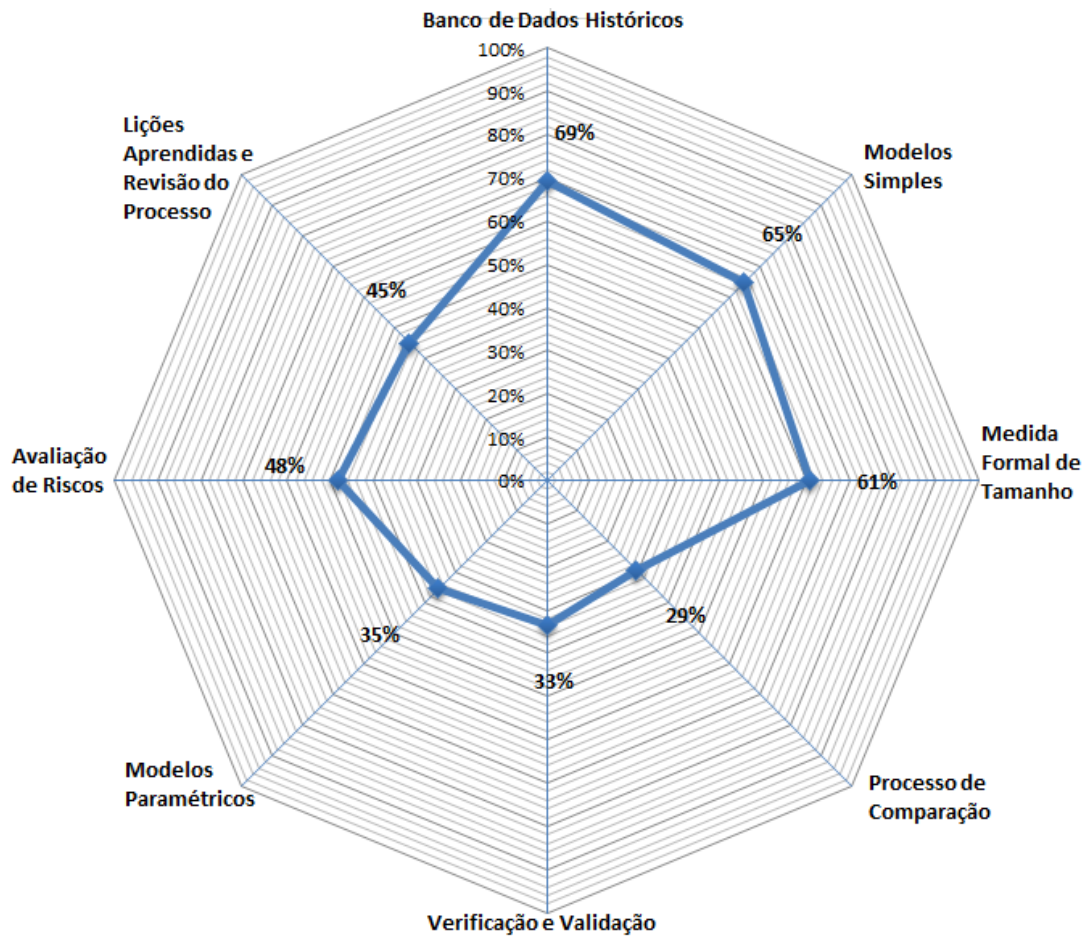
De acordo com a

Figura 5.1 pode-se observar a forma com que a Gerência de Comunicação, Gerência de Portfólio e Manter Requisitos atuam com o PDSG, ou seja, em paralelo a este processo. Cada fase do PDSG é composta por atividades, sendo que cada uma destas atividades são descritas por um fluxo de trabalho composto por tarefas a serem realizadas pelos atores do processo, gerando artefatos (atas, documentos, código fonte, planos de testes).

5.2 APLICAÇÃO DO ESTUDO DE CASO

Para iniciar a aplicação do GAIA Estimativa, o processo de desenvolvimento de software da fábrica de software GAIA (PDSG) foi submetido a uma avaliação do QAD, conforme indicado no PI. As informações coletadas pelo QAD indicaram a ausência de algumas práticas para gerenciar as estimativas de software, ou seja, de acordo com o patamares estabelecidos pelo QAD o PDSG encontra-se no nível 1 de maturidade do GAIA Estimativa. A Figura 5.2 apresenta o gráfico desta análise.

Figura 5.2 - Gráfico com o resultado da primeira aplicação do QAD no PDSG.



Fonte: Elaborada pelo autor.

Conforme ilustrado na Figura 5.2, o maior nível alcançado foi pelo serviço de *Banco de Dados Históricos* com 69%. Este resultado é uma evidência de que o PDSG já implementa boa parte das diretrizes para uma boa gerência da base de dados. Este fato é de grande valia para a gerência das práticas de estimativas, uma vez que este serviço é base para uma boa execução do PES. A Tabela 5.1 traz o percentual de todos os serviços avaliados.

Tabela 5.1 - Taxa de atendimento obtida pela aplicação inicial do QAD no PSDG.

Serviço	Taxa de Atendimento
Banco de Dados Históricos	69%
Modelos Simples	65%
Medida Formal de Tamanho	61%
Processo de Comparação	29%
Verificação e Validação	33%
Modelos Paramétricos	35%
Avaliação de Riscos	48%
Lições Aprendidas e Revisão do Processo	45%

Fonte: Elaborada pelo autor.

Observando a Tabela 5.1 e analisando a Tabela 4.9, nota-se que serviço de *Banco de Dados Históricos* está no nível 3 do GAIA Estimativa. Porém, como explicado na seção 4.4, o serviço com o resultado mais baixo que determina o nível de maturidade da organização. Assim, de acordo com a Figura 5.2 e pela Tabela 5.1, pode-se concluir que o serviço que atingiu menor pontuação foi o *Processo de Comparação* com 29%. Isto determina que o nível que o PSDG se encontra dentro do GAIA Estimativa é o nível 1.

Neste contexto, seguindo a estratégia adotada e descrita na seção anterior, após definir o nível de maturidade da organização, nível 1 no caso, deve-se identificar quais serviços necessitam de melhorias ou implementações para atender os requisitos do próximo nível. De acordo com Tabela 5.1, os serviços que devem ser melhorados para que o PSDG passe para o nível 2 são os serviços de *Processo de Comparação* e *Verificação e Validação*. Uma vez que eles precisam atingir pelos menos 41% de atendimento.

Com os serviços identificados, melhorias foram analisadas e aplicadas no PSDG e a elaboração de indicadores para avaliar o desempenho dos serviços foram providenciados. Fez-se necessário também elaborar indicadores para avaliar a acurácia das estimativas, como algo adicional, para verificar a eficácia do *framework*. As duas próximas subseções descrevem como foram conduzidas estas ações.

5.2.1 Modificações no PSDG

Com os serviços que necessitavam de melhorias identificados, sendo eles, *Processo de Comparação* e *Verificação e Validação*, começou-se a analisar as possíveis soluções. Primeiramente para tratar do serviço de *Processo de Comparação* verificou-se que

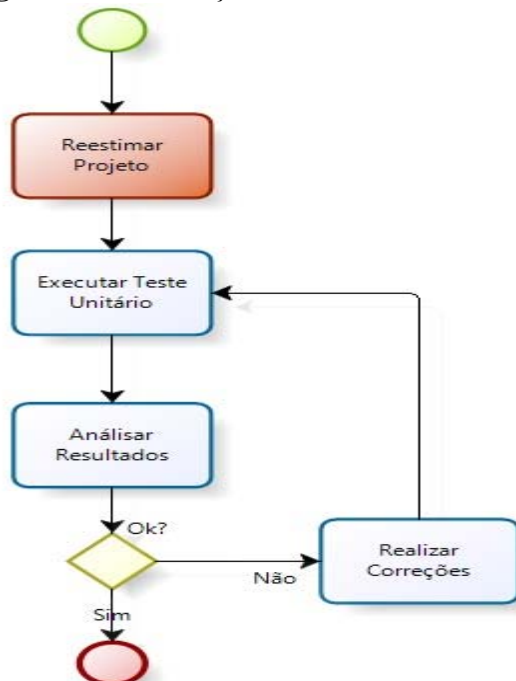
as macro atividades de Análise Inicial e Análise e Planejamento contam com atividades exclusivas direcionadas a estimar os projetos. Porém, nestas atividades não existia qualquer menção ao uso de mais de uma técnica para estimar tampouco comprar as estimativas de múltiplas fontes.

Outro fato observado foi que o PDSG não realiza frequentemente a tarefa de reestimar seus projetos. Na verdade, após o planejamento, os projetos não são mais estimados. A falta desta atividade prejudica o PES como um todo, em especial o *Processo de Comparação* que se utiliza dos dados das reestimativas para realizar melhores comparações. Assim, as primeiras ações em prol de implantar este serviço foram à explicitação da tarefa de usar múltiplas fontes de estimativas e compará-las.

Para isso, Instruções de Trabalho foram introduzidas nas atividades de *Realizar Estimativas*, na macro atividade de Análise Inicial, e na atividade de Estimar Prazos e Custos, na macro atividade de Análise e Planejamento. Nessas Instruções de Trabalho, a principal ferramenta adotada para comprar as estimativas foi a técnica *Wideband Delphi* [45].

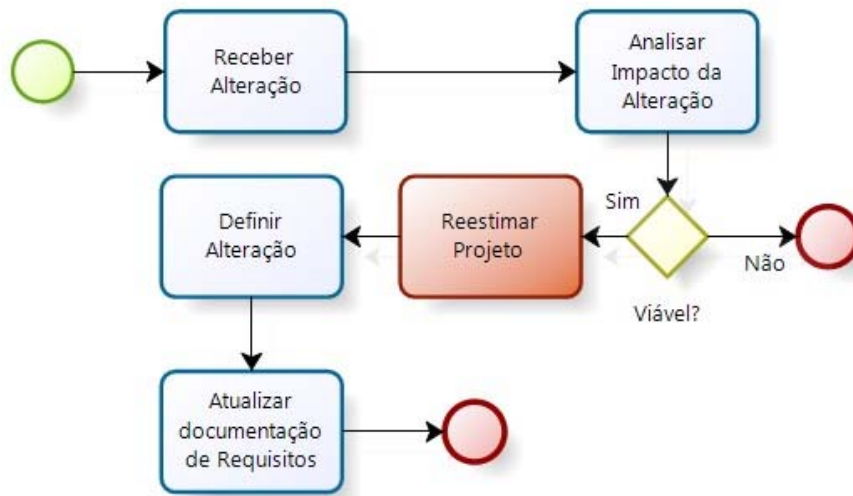
Já para solucionar o problema da falta de reestimativas nos projetos, atividades contendo os passos para reestimá-los foram inseridas nas etapas de: Validação e Testes e Manter Requisitos, que funciona de forma assíncrona ao processo. A **Erro! Fonte de referência não encontrada.** e a **Erro! Fonte de referência não encontrada.** demonstram as modificações realizadas para incluir a atividade de reestimar projetos.

Figura 5.3 - Alteração Realizada na fase de Validação e Testes do PDSG



Fonte: Elaborada pelo autor.

Figura 5.4 - Alteração realizada na etapa de Manter Requisitos do PDSG.



Fonte: Elaborada pelo autor.

Conforme observado na **Erro! Fonte de referência não encontrada.** e na **Erro! Fonte de referência não encontrada.**, as atividades incluídas estão marcadas com a cor vermelha. Na **Erro! Fonte de referência não encontrada.**, a atividade de Reestimar projeto foi inserida no início do processo como sendo a primeira atividade desta fase para que esta estimativa venha a cobrir toda a fase de testes da fábrica de software GAIA. Já na **Erro! Fonte de referência não encontrada.**, a atividade de Reestimar Projeto foi inserida para que ser a executada após decidir-se se a alteração requisitada será executada de fato.

Deve-se salientar que ambas as atividades de reestimar projetos incluídas no PDSG reestimam apenas o trabalho restante do projeto, de acordo com a fase de cada atividade. Por exemplo, a atividade da fase de Verificação e Testes deve estimar apenas o esforço, prazo e custos restantes, ou seja, a reestimativa é mais uma atividade de atualização das estimativas já realizadas anteriormente, para que qualquer alteração no ambiente, tecnologia, pessoal ou outras fontes sejam levadas em consideração.

O mesmo acontece com a atividade inclusa na etapa de Manter Requisitos, após a avaliação do impacto da alteração o projeto deve ser reestimado, pois com a mudança dos requisitos os pressupostos do projeto provavelmente mudaram e consecutivamente as estimativas já realizadas não traduzem mais a situação atual do projeto. Porém, caso a alteração seja de baixo impacto e não altere significativamente o projeto este passo pode ser apenas verificado sem a necessidade de realizar todas suas etapas.

Ressalta-se ainda que na fase de Execução e Implementação não se fez necessária a inclusão da atividade de Reestimar Projeto, isto porque como a entrada desta

atividade contém as estimativas da fase de Análise e Planejamento não se faz necessário reestimar o projeto no seu início. E caso haja alguma alteração que necessite de uma reestimativa a etapa de Manter Requisitos irá identificar esta necessidade e reestimar o projeto.

Por fim, para implantar o serviço de *Verificação e Validação* também notou-se, como no caso do serviço de *Processo de Comparação*, que as atividades que realizam as estimativas não continham qualquer método ou descrição de como verificar a consistência e conformidade das estimativas geradas.

Assim como para o serviço de *Processo de Comparação* Instruções de Trabalho foram implantadas nas atividades de *Analisar Viabilidade* dentro da fase de Análise Inicial e na atividade de *Revisar Planos* dentro fase de Análise e Planejamento. Nas demais fases as Instruções de Trabalho já encontram-se inclusas nas tarefas de reestimar projetos inseridas anteriormente. A Tabela 5.2 sintetiza as alterações realizadas no PDSG.

Tabela 5.2 - Síntese das alterações feitas no PDSG.

Fase do PDSG	Tipo de Alteração	Serviço Referido
Análise Inicial	Instrução de Trabalho	Processo de Comparação e Verificação e Validação
Análise e Planejamento	Instrução de Trabalho	Processo de Comparação e Verificação e Validação
Validação e Testes	Inclusão de Atividade	Processo de Comparação
Manter Requisitos	Inclusão de Atividade	Processo de Comparação

Fonte: Elaborada pelo autor.

5.2.2 Elaboração dos Indicadores de Desempenho

Para verificar o desempenho das alterações realizadas no PDSG, algumas métricas e indicadores foram criados. Como relatado na seção 4.2, um dos componentes da estruturas do serviço do GAIA Estimativa é encarregada da geração de indicadores de desempenho. Este componente tem como base a metodologia GQ(I)M para geração dos indicadores e métricas. Então, de acordo com essa metodologia, algumas etapas devem ser seguidas para criação das métricas e indicadores. A seguir, a Tabela 5.3, **Fonte:** Elaborada pelo autor.

Tabela 5.4, Tabela 5.5, Tabela 5.6 e a Tabela 5.7 apresentam um resumo da confecção dos indicadores e métricas utilizadas neste estudo de caso.

Tabela 5.3 - Metas do Negócio elaboradas para o Estudo de Caso.

Metas de Negócio	
1	Analisar a Eficácia das Estimativas
2	Avaliar a Implantação do Serviço de Verificação e Validação
3	Avaliar Eficácia da Implantação do Serviço de Processo de Comparação

Fonte: Elaborada pelo autor.

Tabela 5.4 - Metas da Medição e seu relacionamento com as Metas de Negócio.

Metas da Medição	Metas de Negócio
1	Analisar a acurácia das Estimativas de Prazo e Tamanho.
2	Analisar a quantidade de Estimativas Inspeccionadas/Aprovadas
3	Analisar a eficácia das estimativas comparadas vs. as sem comparação.

Fonte: Elaborada pelo autor.

Tabela 5.5 - Questões geradas a partir das Metas da Medição.

Questões	Metas da Medição
1	Qual a taxa de desvio das estimativas de Tamanho e Prazo?
2	Qual a taxa de estimativas Inspeccionadas e Aprovadas/Reprovadas?
3	Qual tipo de estimativa é mais precisa: com ou sem comparação?

Fonte: Elaborada pelo autor.

Tabela 5.6 - Indicadores gerados a partir das Questões.

Indicador	Questão	
1	Índice de desvio das Estimativas de Prazo por fase	1
2	Índice de desvio das Estimativas de Tamanho por fase	1
3	Listagem do Número de Estimativas Aprovadas	2
4	Listagem do Número de Estimativas Inconsistentes	2
5	Listagem das Estimativas Comparadas	3
6	Listagem das Estimativas sem Comparação	3

Fonte: Elaborada pelo autor.

Tabela 5.7 - Métricas geradas a partir dos Indicadores.

Indicador(es)	Métrica	Periodicidade da Coleta	
1	1	Desvio do Cronograma de Desenvolvimento	Marcos do Projeto
2	2	Taxa de imprecisão das Estimativas de Tamanho	Marcos do Projeto
3,4	3	Taxa de Estimativas Avaliadas	Toda Verificação e Validação
5,6	4	Acurácia da Comparação das Estimativas	Toda Estimativa Derivada da Comparação

Fonte: Elaborada pelo autor.

Como pode ser observado na Tabela 5.3, **Fonte:** Elaborada pelo autor.

Tabela 5.4, Tabela 5.5, Tabela 5.6 e Tabela 5.7, primeiramente as metas de negócio são definidas, depois criam-se as metas da medição associada a uma ou mais metas de negócio e as questões que especificam as necessidades de informação. As respostas das questões são fornecidas na forma de indicadores que por sua vez são utilizados sozinhos ou em conjunto para formar as métricas. As especificações de cada indicador gerado podem ser encontradas no Anexo B desta dissertação.

Um fato que deve ser observado é a ausência das estimativas de esforço e custos dentro do conjunto de avaliação da acurácia. A justificativa para elas não serem

inclusas é que como o ambiente de trabalho é composto basicamente por estudantes da graduação e mestrado, não há muitas margens de custos para serem avaliadas. E como o ambiente não é empresarial com horários definidos, torna-se difícil estabelecer o esforço despendido por tarefa, pois os horários de trabalho não são fixos, havendo por muitas vezes a utilização do *homeoffice* como principal forma de desenvolvimento.

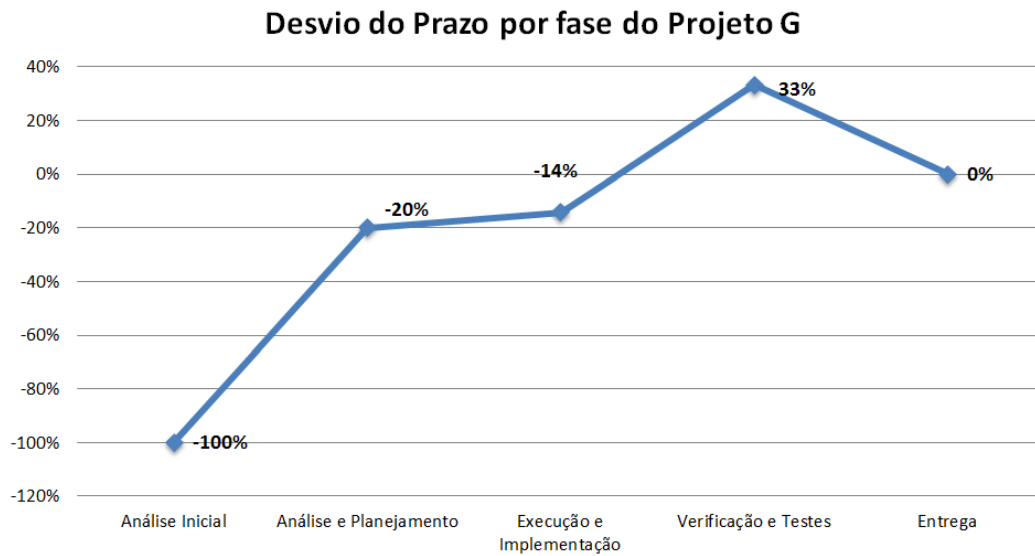
5.3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Para avaliar as modificações executadas no PDSG e consecutivamente a eficácia da implantação dos serviços de *Processo de Comparação e Verificação e Validação* foi selecionado um projeto da fábrica de software GAIA para a coleta de dados durante a implementação de um de seus módulos. Esse projeto chamado de Projeto G² é responsável pela geolocalização dos projetos de pesquisa dentro das universidades cadastradas na aplicação.

A coleta de dados referentes à implementação do Projeto G aconteceram entre Setembro de 2013 e Janeiro de 2014. A Tabela 5.8 e a

Tabela 5.9 trazem um resumo dos dados coletados. Assim, a primeira medida avaliada foi o índice de desvio do cronograma real comparado ao estimado em porcentagem por fase do PDSG. A **Erro! Fonte de referência não encontrada.** ilustra o gráfico obtido com os índices de desvio. Nota-se também que a fase de finalização não foi incluída nos dados, isto se deve ao fato de que o Projeto G ainda está em andamento e, portanto não foi finalizado.

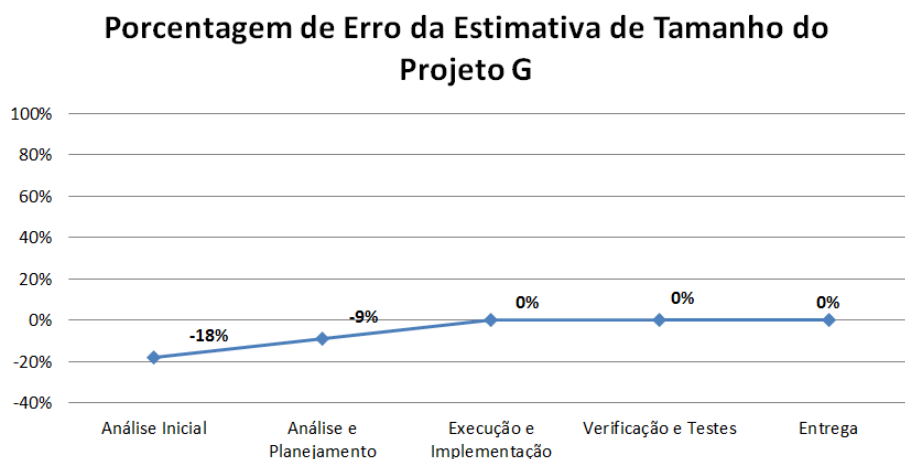
² Nome fictício.

Figura 5.5 - Desvio do Prazo.

Fonte: Elaborada pelo autor

Conforme a **Erro! Fonte de referência não encontrada.** observa-se que a inicialmente a estimativa pressupunha que análise inicial levaria 100% menos tempo do que levou. Porém, conforme o projeto foi prosseguindo e suas reestimativas foram sendo executadas as estimativas acabaram ficando mais precisas. Isto possivelmente deve-se ao fato que de conforme o avanço do projeto, mais informações ficam disponíveis, assim as estimativas podem ser baseadas em dados cada vez mais concretos.

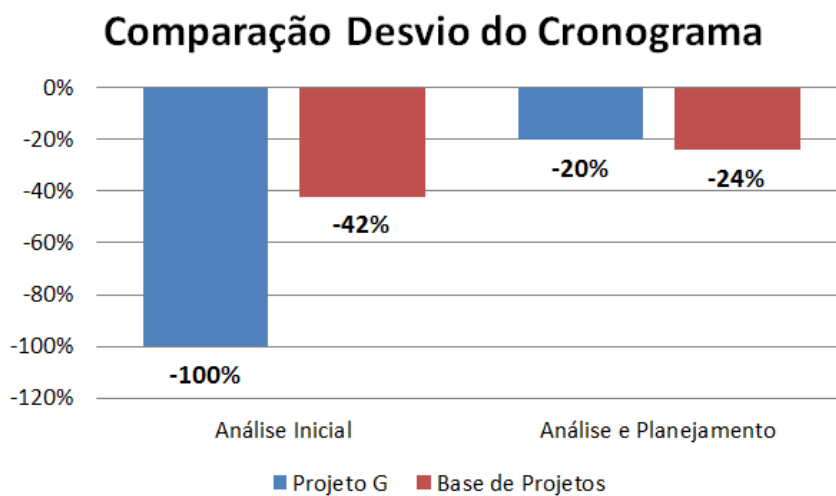
A segunda medida analisada foi a taxa de erro da estimativa de tamanho do projeto G. Para estimar o tamanho a fábrica de software GAIA utiliza-se da técnica de Análise por Pontos de Função (APF). Esta medida é dada pela porcentagem que a estimativa desvia-se do tamanho real do projeto. A **Figura 5.6** traduz essa informação através de um gráfico.

Figura 5.6 - Taxa de Erro na Estimativa de Tamanho.

Fonte: Elaborada pelo autor.

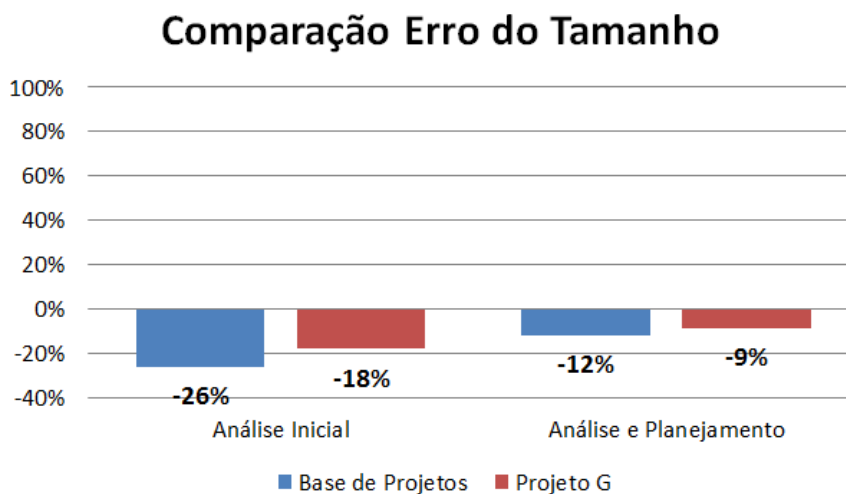
Pela **Figura 5.6** é possível constatar que o erro na estimativa de tamanho é visivelmente menor do que o desvio do prazo. Isto acontece porque a fábrica de software GAIA já tem uma boa experiência em estimar o tamanho dos projetos bem como em usar a técnica de APF. Destaca-se ainda que apesar da fase de Execução e Implementação constar como 0% de erro ela não foi reestimada, pois não houve nenhuma alteração nos requisitos durante esta fase que exigisse estimar novamente o projeto. Os próximos gráficos apresentam uma comparação das estimativas do projeto G com a base de dados da GAIA.

Figura 5.7 - Comparação do Desvio do Cronograma.



Fonte: Elaborada pelo autor.

Figura 5.8 - Comparação do Erro da Estimativa de Tamanho.



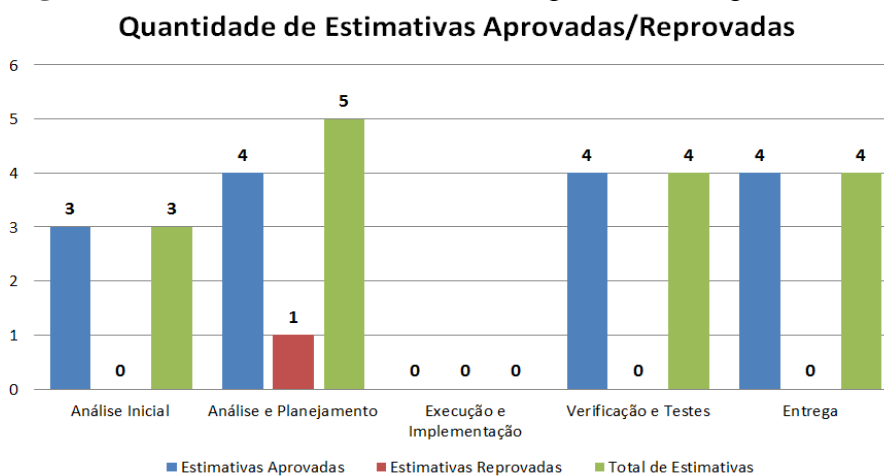
Fonte: Elaborada pelo autor.

De acordo com a **Figura 5.7** e **Figura 5.8** pode-se constatar que estimativas de tamanho são mais precisas não só no projeto G, mas em toda base de projetos da fábrica de software GAIA, reafirmando a conclusão feita a partir da **Figura 5.6**. Na **Figura 5.7** a discrepância da estimativa do projeto G na fase de Análise Inicial foi alta (100%).

A explicação para este ocorrido é que como o projeto G é um projeto de curta duração e sendo esta fase a com menor duração de todas, qualquer discrepância exerce um grande impacto no cálculo da porcentagem. Pois como pode ser observado na Tabela 5.8 o erro foi de apenas 1 semana.

Como pode ser visto na **Figura 5.7** e na **Figura 5.8** só as duas primeiras fases do PDSG foram comparadas, isso ocorreu porque o PDSG não continha atividades de reestimativa, portanto não havia dados de estimativas das fases seguintes para a comparação. Posteriormente verificamos a quantidade de estimativas inspecionadas e o número de aprovação e reprovação delas. A Figura 5.9 resume os dados coletados da execução desta atividade.

Figura 5.9 - Quantidade de Estimativas Aprovadas e Reprovadas.

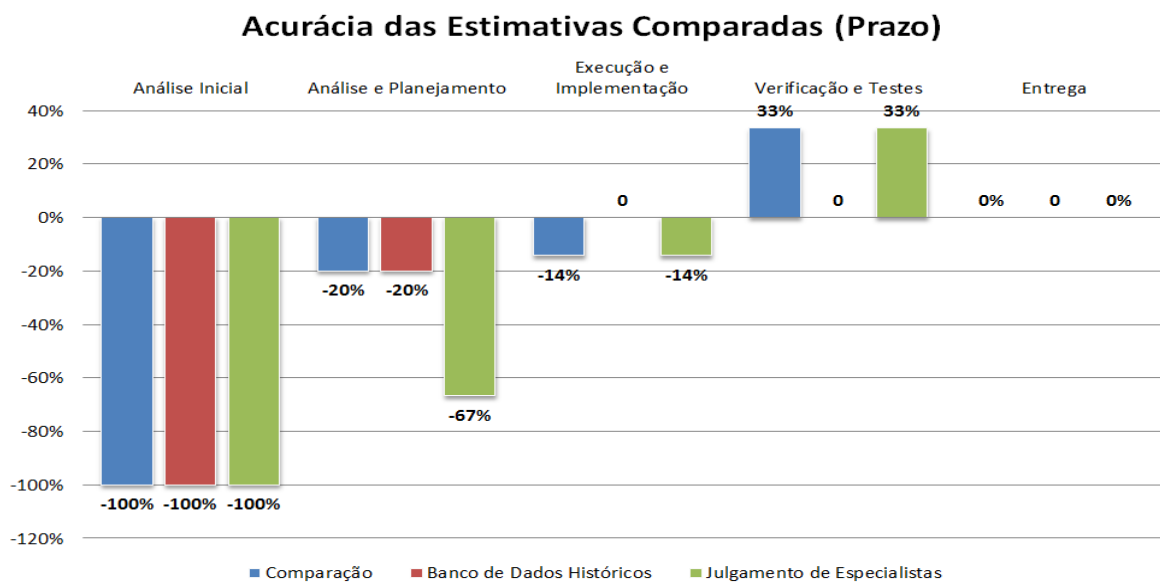


Fonte: Elaborada pelo autor

De acordo com o gráfico da Figura 5.9, observa-se que a fase de Análise e Planejamento é a fase que gera mais estimativas, e a fase de Execução e Implementação fica sujeita a alterações dos requisitos para ser estimada. Na Análise e Planejamento do Projeto G uma estimativa foi reprovada, o motivo foi que esta estimativa (de tamanho) estava com um valor alto (46 pontos por função). Investigando a causa descobriu-se que foi um erro no cálculo, assim a estimativa foi refeita e seu valor voltou aos patamares aceitáveis.

A última medida analisada foi a acurácia das estimativas produzidas pela convergência de outras estimativas por meio do serviço de *Processo de Comparação*. As técnicas utilizadas para estimar o projeto G foram o Julgamento de Especialistas e Analogia com o Banco de Dados Históricos. A Figura 5.10 apresenta os resultados destas duas abordagens em conjunto com a estimativa gerada pela comparação.

Figura 5.10 - Acurácia das Estimativas Comparadas.



Fonte: Elaborada pelo autor

Como pode ser visto na Figura 5.10, o Processo de comparação apesar de recém-implantado conseguiu captar os pontos fortes de cada método e produzir estimativas mais precisas do que uma técnica sozinha. Porém, observa-se que o processo ficou prejudicado pela falta de dados de estimativas após a fase de Análise e Planejamento. Dessa forma, o processo de comparação passou a utilizar somente o Julgamento de Especialistas como fonte de informação. A Tabela 5.8 e

Tabela 5.9 apresenta um resumo dos dados coletados durante a implementação do Projeto G.

Tabela 5.8 - Dados Coletados sobre o Prazo.

Fases do PDSG	Estimativas de Prazo			
	Comparação	Julgamento de Especialistas	Banco de Dados Históricos	Prazo Real
Primeira Estimativa	15 semanas	15 semanas	15 semanas	19 semanas
Análise Inicial	1 semana	1 semana	1 semana	2 semanas
Análise e Planejamento	4 semanas	3 semanas	4 semanas	5 semanas
Execução e Implementação	7 semanas	7 semanas	Falta de dados	8 semanas
Verificação e Testes	3 semanas	3 semanas	Falta de dados	2 semanas
Entrega	2 semanas	2 semanas	Falta de dados	2 semanas
Total por fase:	17 semanas	16 semanas	Falta de dados	19 Semanas

Fonte: Elaborada pelo autor.

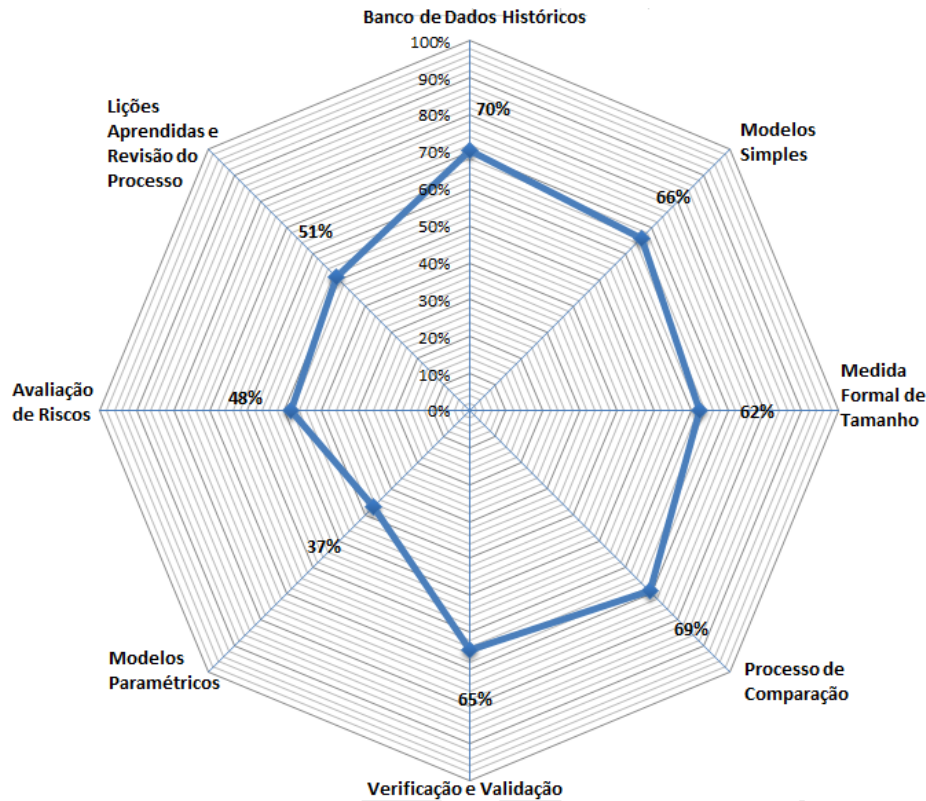
Tabela 5.9 - Dados Coletados sobre o Tamanho.

Fases do PDSG	Estimativa de Tamanho
Análise Inicial	27 pontos por função
Análise e Planejamento	30 pontos por função
Execução e Implementação	Não executada
Verificação e Testes	33 pontos por função
Entrega	33 pontos por função
Tamanho real:	33 pontos por função.

Fonte: Elaborada pelo autor.

Seguindo os passos do PI, após a análise dos indicadores e métricas geradas para medir o desempenho do serviço, deve-se aplicar o *Checklist* de Avaliação para verificar a efetividade da implantação dos novos serviços. Após isto, o QAD foi aplicado novamente na Fábrica de Software GAIA com intuito de avaliar a implantação dos serviços e seu impacto nas demais áreas do *framework*. Dessa forma, a Figura 5.11 apresenta o gráfico gerado após a segunda submissão do PDSG ao QAD. Ainda de acordo com a Figura 5.11, observa-se um crescimento na taxa de atendimento dos serviços de *Processo de Comparação* e *Verificação e Validação*. A Tabela 5.10 sumariza a evolução em pontos percentuais (p.p.) entre os dados iniciais e finais da aplicação do QAD.

Figura 5.11 - Gráfico obtido da segunda submissão do PSDG ao QAD.



Fonte: Elaborada pelo autor.

Tabela 5.10 - Comparação entre as taxas de atendimento iniciais e finais.

Serviços	Taxa Inicial	Taxa Final	Evolução (p.p)
Banco de Dados Históricos	69%	70%	1 p.p
Modelos Simples	65%	66%	1 p.p
Medida Formal de Tamanho	61%	62%	1 p.p
Processo de Comparação	29%	69%	40 p.p
Verificação e Validação	33%	65%	32 p.p
Modelos Paramétricos	35%	37%	2 p.p
Avaliação de Riscos	48%	48%	0 p.p
Lições Aprendidas e Revisão do Processo	45%	51%	6 p.p

Fonte: Elaborada pelo autor.

Comparando os dados da Tabela 5.10 e da Tabela 4.9 pode-se afirmar que o PSDG conseguiu atingir o objetivo do estudo de caso desta dissertação, isto é, evoluir um nível de maturidade do *framework* GAIA Estimativa. De acordo com a análise inicial os serviços de *Processo de Comparação* e *Verificação e Validação* necessitavam atender pelo menos mais de 40%. Após as modificações no PSDG, verificou-se que o serviço de *Processo de Comparação* evoluiu 40% e o de *Verificação e Validação* 32% atingindo 69% e 65% de

atendimento respectivamente. Dessa forma, o PDS da fábrica de software GAIA encontra-se agora no nível 2 de maturidade do GAIA Estimativa.

6 CONCLUSÕES E TRABALHOS FUTUROS

Esta seção apresenta as conclusões referentes a esta dissertação, bem como suas contribuições e os trabalhos futuros a serem desenvolvidos.

6.1 CONCLUSÕES

Estimar projetos de software é uma tarefa desafiadora, realizar antecipações com acurácia do esforço, tempo, e custos necessários para o desenvolvimento com certeza são um dos grandes diferenciais que fazem com que as empresas se sobressaiam no mercado. Dessa forma, implementar ações que favorecem a execução e melhoria dessas práticas tornou-se algo imprescindível para o sucesso dos projetos de software.

Assim, muitos estudos foram e estão sendo realizados com o propósito de oferecer mecanismos eficientes e eficazes para realizar esta tarefa. Porém, mesmo com as diversas abordagens criadas e estudadas, ainda não se chegou a um modelo considerado padrão e de grande aceitação. O que acontece é que a grande maioria dessas metodologias acabam não sendo utilizadas na prática, devido principalmente a sua baixa adaptabilidade aos diferentes ambientes.

Neste contexto, o presente trabalho teve como finalidade preencher estas lacunas apresentando um *framework* para gerenciar e avaliar as práticas de estimativas de software dentro de uma organização. Este *framework* denominado GAIA Estimativa é baseado em níveis de maturidade e serviços, com o objetivo de viabilizar um meio gradual e incremental de gerenciar e aplicar o processo de estimativa de software dentro das organizações.

Por meio da análise dos resultados do estudo de caso conduzido nesta dissertação, pode-se concluir que o *framework* GAIA Estimativa bem como esta pesquisa atingiram seus objetivos elencados na Seção 1.1, apresentando-se como uma atrativa alternativa para gerenciar a aplicação das melhores práticas de estimativas de software dentro das organizações.

Evidenciou-se também que a estrutura denominada Questionário de Avaliação Diagnóstica consegue identificar e classificar as práticas de estimativas existentes em uma organização bem como sua evolução dentro do *framework* GAIA Estimativa. Dessa forma, o *framework* GAIA Estimativa apresenta-se como um método completo de gerência de estimativas abrangendo desde a aplicação até a sua avaliação.

6.2 CONTRIBUIÇÕES

A principal contribuição desta pesquisa é a concepção do *framework* GAIA Estimativa, cuja principal característica é a capacidade de oferecer um meio de aplicação, avaliação e melhoria contínua das práticas de estimativas de software. Salienta-se ainda o seu caráter flexível e adaptativo, o que o difere da grande maioria dos métodos, permitindo assim que ele se enquadre na maioria dos ambientes de desenvolvimento de software. Também destacam-se as seguintes contribuições:

- Os cinco níveis de maturidade criados (Não Executado, Conhecido, Executado, Definido e Melhoria), que guiam a avaliação da capacidade das organizações em estimar seus projetos por meio de patamares de evolução. Possibilitando a implantação total ou parcial das atividades, segundo os objetivos da organização.
- Os oito serviços (Banco de Dados Históricos, Modelos Simples, Medida Formal de Tamanho, Processo de Comparação, Verificação e Validação, Modelos Paramétricos, Avaliação de Riscos e Lições Aprendidas e Revisão do Processo), que organizam todas as informações necessárias para a execução confiável do processo de estimativa de software.
- O Questionário de Avaliação Diagnóstica, que possibilita identificar a maturidade da organização em relação a suas práticas em estimar projetos ajudando assim a evidenciar problemas do processo e propor possíveis soluções.
- Uma abordagem detalhada e completa que além de estabelecer o que deve ser feito para se alcançar boas estimativas ela também oferece uma maneira de como realizar esta tarefa.

6.3 TRABALHOS FUTUROS

Os futuros tópicos de relacionados a esta pesquisa que serão estudados dizem respeito à validação e melhor investigação de todas as estruturas do *framework* GAIA

Estimativas bem como propostas de melhorias para o mesmo. Entre os futuros trabalhos a serem realizados, pode-se elencar:

1. Investigar as melhorias individuais acrescentadas pela implantação de cada nível de maturidade e seus reflexos diretos na acurácia das estimativas produzidas.
2. Investigar qual o custo da implantação de cada nível e mais a fundo de cada serviço para que em conjunto com a investigação 1, o custo benefício de cada nível possa ser evidenciado.

REFERÊNCIAS

- [1] PRESSMAN, R. S. *Engenharia de Software: Uma abordagem Profissional*. 7ª. ed: Bookman, 2011.
- [2] GROUP, S. *The CHAOS Manifesto: Think Big, Act Small*. The Standish Group International, p. 48. 2013.
- [3] JØRGENSEN, M.; SHEPPERD, M. A Systematic Review of Software Development Cost Estimation Studies. *IEEE Transactions on Software Engineering*, v. 33, n. 1, p. 33-53, 2007.
- [4] JØRGENSEN, M. A Review of Studies on Expert Estimation of Software Development Effort. *Journal of Systems and Software*, v. 70, n. 1-2, p. 37-60, 2004.
- [5] JØRGENSEN, M. The influence of selection bias on effort overruns in software development projects. *Information and Software Technology*, v. 55, n. 9, p. 1640-1650, 2013.
- [6] MCCONNELL, S. *Software Estimation: Demystifying the Black Art*. Washington: Microsoft Press, 2006. 308 p.
- [7] RUNESON, P.; HÖST, M. Guidelines for conducting and reporting case study research. *Empirical Software Engineering*, Hingham, MA, USA, v. 2, n. 14, p. 131-164, Abril 2009.
- [8] ROBSON, C. *Real World Research*. 2ª. ed: Blackwell, 2002.
- [9] YIN, R. K. *Case Study Research: Design and Methods*. 3ª. ed: SAGE Publications, v. 5, 2002.
- [10] HORITA, F. E. A; BARROS, R. M. GAIA Human Resources: An Approach to integrate ITIL and Maturity Levels focused on improve the Human Resource Management on Software Development. *International Conference on Computer Applications in Industry and Engineering*. Louisiana. 2012.
- [11] GIL, A, C. *Como elaborar projetos de pesquisa*. 4ª. ed. São Paulo: Atlas, 2002.
- [12] FERREIRA, A. B. H. *Novo dicionário Aurélio da língua portuguesa*. 4ª. ed. Curitiba: Positivo, 2009. 2038 p.
- [13] CHEMUTURI, M. K. *Software Estimation Best Practices, Tools & Techniques: A Complete Guide for Software Projects Estimators*. 1ª. ed: J. Ross Publishing, 2009. 320 p.
- [14] ZHANG, J.; LÜ, T.; ZHAO, Y. Study on Top-Down Estimation Method of Software Project Planning. *The Journal of China Universities of Post and Telecommunication*, v.

- 13, n. 2, p. 108-111, 2006.
- [15] NASIR, M. A Survey of Software Estimation Techniques and Project Planning Practices. *International Conference on Software Engineering, Artificial Intelligence, Networking and Parallel/Distributed Computing (SNPD)*. Las Vegas, 2006. p. 305-310.
- [16] GRIMSTAD, S; JØRGENSEN, M; MOLØKKEN-ØSTVOLD, K. Software effort estimation terminology: The tower of Babel. *Information and Software Technology*, v. 48, n. 4, p. 302-310, 2006.
- [17] KEUNG, J. Software Development Cost Estimation Using Analogy: A Review. *Software Engineering Conference (ASWEC '09)*. Gold Coast, QLD. 2009. p. 327-336.
- [18] JØRGENSEN, M. Top-down and bottom-up expert estimation of software development effort. *Information and Software Technology*, v. 46, p. 3-16, Janeiro 2004.
- [19] MITTAS, N.; ANGELIS, L. Visual comparison of software cost estimation models by regression error characteristic analysis. *Journal of Systems and Software*, v. 83, n. 4, p. 621-637, 2010.
- [20] WEN, J.; L, SHIXIAN; L, ZHIYONG; H, YONG; H, CHANGQIN. Systematic literature review of machine learning based software development effort estimation models. *Information and Software Technology*, v. 54, n. 1, p. 41-59, 2012.
- [21] PMI (PROJECT MANAGEMENT INSTITUTE). *Um Guia do Conhecimento em Gerenciamento de Projetos (Guia PMBOK)*. 3ª. ed. Newtown square: Project Management Institute, 2008. 337 p.
- [22] LIU, J. Y; CHEN, J. V; CHAN, C; LIE, T. The impact of software process standardization on software flexibility and project management performance: Control theory perspective. *Information and Software Technology*, v. 50, n. 1, p. 889-896, 2008.
- [23] RICHARDSON, I; CASEY, V; MCCAFFERY, F; BURTON, J; BEECHAM, S. A Process Framework for Global Software Engineering Teams. *Information and Software Technology*, v. 54, n. 1, p. 1175-1191, 2012.
- [24] PEIXOTO, C. E. L.; AUDY, J. L. N.; PROKLADNICKI, R. The Importance of the Use of an Estimation Process. *Proceedings of the 2010 ICSE Workshop on Software Development Governance*. Cape Town, Africa do Sul. 2010. p. 13-17.
- [25] AGARWAL, R; KUMAR, M; MALICK, Y. S; BHARADWJ, R. M; ANANTWAR, D. Estimating Software Projects. *Software Engineering Notes*, v. 26, n. 4, p. 60-67, 2001.
- [26] UZZAFER, M. A Pitfall of Estimated Software Cost. *Information Management and Engineering (ICIME)*. Chengdu, China. 2010. p. 578-582.
- [27] SHARMA, A.; KUSHWAHA, D. S. Estimation of Software Development Effort from Requirements Based Complexity. *Procedia Technology*, v. 4, n. 1, p. 716-722, 2012.

- [28] LAIRD, L. M. The Limitations of Estimation. *IT PRO*, v. 8, n. 6, p. 40-45, 2006.
- [29] ZIVKOVIC, A; ROZMAN, I; HERICKO, M. Automated software size estimation based on function points using UML models. *Information and Software Technology*, v. 47, n. 1, p. 881-890, 2005.
- [30] GENCEL, C.; DEMIRORS, O. Functional Size Measurement Revisited. *ACM Transactions on Software Engineering and Methodology*, v. 17, n. 3, p. 1-36, 2008.
- [31] MACDONELL, S. G; SHEPPERD, M. J. Comparing Local and Global Software Effort Estimation Models: Reflections on a Systematic Review. *International Symposium on Empirical Software Engineering and Measurement*. Madrid. 2007. p. 401-409.
- [32] VERNER, J. M; EVANCO, W. M; CERPA, N. State of the practice: An exploratory analysis of schedule estimation and software project success prediction. *Information and Software Technology*, v. 49, n. 1, p. 181-193, 2007.
- [33] PFLEEGER, S. L.; WU, F; LEWIS, R. *Software Cost Estimation and Sizing Methods: Issues and Guidelines*. 1ª. ed. Santa Monica: RAND Corporation, 2005. 72 p.
- [34] GALORATH, D. D; EVANS, M. W. *Software Sizing, Estimation, and Risk Management: When Performance is Measured Performance Improve*. New York: Auerbach Publications, 2006. 541 p.
- [35] RAMMAGE, R; LEI, H; CLAUS, M; BAER, D. Expert Software Development Estimation with Uncertainty Correction. *Software Engineering and Data Mining (SEDM)*. Albuquerque, New Mexico. 2010. p. 624-630.
- [36] KHAN, M. A.; KHAN, S; SADIQ, M. Systematic Review of Software Risk Assessment and Estimation Models. *International Journal of Engineering and Advanced Technology*, v. 1, n. 4, p. 298-305, 2012.
- [37] ASSOCIAÇÃO PARA PROMOÇÃO DA EXCELÊNCIA DO SOFTWARE BRASILEIRO. *Guia Geral MPS de Software (MR-MPS-SW)*. Brasília: SOFTEX, 2012.
- [38] GUANGSHE, J; LI, C; JIANGUO, C; SHUISEN, Z; JIN, W. Application of Organizational Project Management Maturity Model (OPM3) to Construction in China: An Empirical Study. *Information Management, Innovation Management and Industrial Engineering*, 2008. ICIII '08. International Conference on. Taipei. 2008. p. 52-62.
- [39] SEI. *Capability Maturity Model Integration (CMMI-DEV v1.3): Improving processes for developing better products and services*. 1ª. ed. Massachusetts: Software Engineering Institute, 2010.
- [40] DÍAZ-LEY, M; GARCÍA, F; PIATTINI, M. MIS-PyME software measurement capability maturity model – Supporting the definition of software measurement programs and capability determination. *Advances in Engineering Software*, v. 41, n. 10-11, p. 1223-1237, 2010.

- [41] GAFFO, F. H.; BARROS, R. M. GAIA Risks - A Service-based Framework to Manage Project Risks. *Conferencia Latinoamericana en Informática. Medellín*. 2012.
- [42] SOLINGEN, R; BERGHOUT, E. *The Goal/Question/Metric Method - A practical guide for Quality Improvement of Software Development*. Londres: Mc Graw Hill, 1999.
- [43] BASILI, V. R. *Software modeling and measurement: the Goal/Question/Metric paradigm*. University of Maryland. College Park, p. 24. 1992.
- [44] PARK, R. E; GOETHERT, W. B; FLORAC, W. A. *Goal-Driven Software Measurement —A Guidebook*. 1. ed. Pittsburgh: Software Engineering Institute, 1996.
- [45] BOEHM, W. B. *Software Engineering Economics*. 1ª. ed. Englewood Cliffs: Prentice Hall, 1981. 767 p.
- [46] YAHYA, M. A; AHMAD, R ; LEE S. Impact of CMMI Based Software Process Maturity on COCOMO II's Effort Estimation. *The International Arab Journal of Information Technology*, v. 7, n. 2, p. 129-138, Abril 2010.
- [47] BOEHM, B. W.; ABTS, C.; BROWN, A. W.; CHULANI, S.; CLARK, B. K. HOROWITZ, E.; MADACHY, R.; REIFER, D.; STEECE, B. *Software Cost Estimation with COCOMO II*. 1ª. ed. Upper Saddle River: Prentice Hall PTR, 2000. 544 p.
- [48] JØRGENSEN, M. A Preliminary Checklist for Software Cost Management. *Third International Conference On Quality Software (QSIC'03)*. 2003.
- [49] BRIAND, L. C; EMAM, K. E; BOMARIUS, F. *COBRA: A Hybrid Method for Software Cost Estimation, Benchmarking, and Risk Assessment*. Fraunhofer Institute for Experimental Software Engineering (IESE). Kaiserslautern, p. 24. 1998.
- [50] MENZIES, T; CHEN, X; HIHN, J; LU, K. Selecting Best Practices for Effort Estimation. *IEEE TRANSACTIONS ON SOFTWARE ENGINEERING*, v. 32, n. 11, p. 1-13, Novembro 2006.
- [51] HUANG, X; HO, D; REN, J; CAPRETZ, L. F. A soft computing framework for software effort estimation. *Soft Comput*, v. 10, n. 1, p. 170-177, 2006.
- [52] WANG, H; PENG, F; ZHANG, C; PIETSCHKER, A. Software Project Level Estimation Model Framework based on Bayesian Belief Networks. *International Conference on Quality Software*. Beijing. 2006.
- [53] LI, Z.; KEUNG, J. Software Cost Estimation Framework for Service-Oriented Architecture Systems using Divide-and-Conquer Approach. *International Symposium on Service Oriented System Engineering*. Nanjing. 2010. p. 47-54.
- [54] AFSHARIAN, S; GIACOMOBONO, M; INVERARDI, P. A Framework for Software Project Estimation Based on COSMIC, DSM and Rework Characterization.

Proceedings of the 1st international workshop on Business impact of process improvements. New York. 2008. p. 15-23.

- [55] AHMED, M. A.; AHMAD, I; ALGHAMDI, J. S. Probabilistic size proxy for software effort prediction: A framework. *Information and Software Technology*, v. 55, n. 1, p. 241-255, 2013.
- [56] PARK, R. E. *Checklists and Criteria for Evaluating the Cost and Schedule Estimating Capabilities of Software Organizations*. Software Engineering Institute - Carnegie Mellon University. Pittsburgh, p. 28. 1995.
- [57] BRIGANO, G. U.; BARROS, R. M. Aprendizado de TI: Um modelo para melhorar o aprendizado de TI nas organizações. *VII Simpósio Brasileiro de Sistemas de Informação*, Salvador, 2011.
- [58] EHSAN, N; PERWAIZ, A. ; ARIF, J. ; MIRZA, E. ; ISHAQUE, A. CMMI / SPICE based process improvement. *Management of Innovation and Technology (ICMIT)*. Singapore. 2010. p. 859-862.
- [59] (OGC), O. O. G. C. *An Introductory Overview of ITIL V3*. 2007.
- [60] JØRGENSEN, M. Forecasting of software development work effort: Evidence on expert judgement and formal models. *International Journal of Forecasting*, v. 23, n. 3, p. 449-462, 2007.
- [61] TETILA, E. C; COSTA, I; SPÍNOLA, M. M; TETILA, J. Q. S. Processo de estimativa de software com a métrica use case points, pmbok e rup. *Iberoamerican Journal of Industrial Engineering*, v. 3, n. 1, p. 249-264, Setembro 2011.

ANEXOS

ANEXO A

Questionário de Avaliação Diagnóstica

Questionário: GAIA Estimativa (versão 1.0)

Descrição: Questionário de Avaliação Diagnóstica sobre as Práticas de Estimativas de Software.

Dados da Organização:

1. *Número de Funcionários:*
2. *Faturamento da Organização:*

Dados do Respondente:

3. *Cargo:*
4. *Formação:*

Questões:

5. Existem mecanismos para o armazenamento de dados na organização?		
Alternativas		FM
A	Sim. O armazenamento de dados é baseado em banco de dados, cada área da organização possui seu próprio espaço dentro do banco e todas as regras do banco são documentadas.	+2
B	Sim. O armazenamento de dados é baseado em banco de dados, cada área da organização possui seu próprio espaço no banco, porém nem todas as regras do banco são documentadas.	+1
C	Sim. O armazenamento de dados é baseado em banco de dados, porém não há uma separação clara dos dados entre as áreas da organização.	0
D	Sim. O armazenamento de dados é realizado em planilhas.	-1
E	Não. Não existem mecanismos para armazenamento de dados dentro da organização.	-2
Questão Chave: BDH.		

Serviço	Justificativa	Peso
Banco de Dados Históricos	Para o funcionamento deste serviço é essencial que haja mecanismos de armazenamento de dados bem definidos e eficazes	16
Modelos Simples	Este serviço usufrui do BDH da organização para derivar fórmulas a partir da produtividade da mesma.	2
Medida Formal de Tamanho	A existência de mecanismos para o armazenamento de dados não impacta neste serviço.	0
Processo de Comparação	Durante o processo de comparação dados do BDH podem ser requisitados para realizar uma melhor análise.	1
Verificação e Validação	A existência de mecanismos para o armazenamento de dados não impacta neste serviço.	0
Modelos	Os modelos paramétricos são altamente dependentes de	2

Paramétricos	boas bases de dados para serem calibrados	
Avaliação de Riscos	Durante a análise de risco dados do BDH podem ser requisitados para realizar uma melhor análise	1
Lições Aprendidas e Revisão do Processo	A existência de mecanismos de armazenamento de dados é de suma importância para a coleta de Lições aprendidas bem como a realização das análises para revisar o processo.	4

6. Existe algum processo para a coleta de dados?		
Alternativas		FM
A	Sim. Existe um processo padrão dentro da organização para a coleta de dados todos os passos são documentados e ele é bem conhecido dentro da organização.	+2
B	Sim. Existe um processo padrão dentro da organização para a coleta de dados todos os passos são documentados, porém o processo não é bem difundido dentro da organização.	+1
C	Sim. Existe um processo padrão dentro da organização para a coleta de dados, porém ele não é bem documentado e nem muito utilizado dentro da organização.	0
D	Sim. Existem mecanismos para coleta de dados, porém estes não são padronizados.	-1
E	Não. Não existem mecanismos para coleta de dados dentro da organização.	-2
Questão Chave: BDH		

Serviço	Justificativa	Peso
Banco de Dados Históricos	Para o funcionamento deste serviço é essencial que haja mecanismos eficientes e difundidos para a coleta de dados.	16
Modelos Simples	Este serviço usufrui do BDH da organização para derivar fórmulas a partir da produtividade da mesma.	1
Medida Formal de Tamanho	A existência de mecanismos para a coleta de dados não impacta neste serviço.	0
Processo de Comparação	A existência de mecanismos para a coleta de dados não impacta neste serviço.	0
Verificação e Validação	A existência de mecanismos para a coleta de dados não impacta neste serviço.	0
Modelos Paramétricos	Os modelos paramétricos são altamente dependentes de boas bases de dados para serem calibrados e a coleta destes é a base para o bom funcionamento.	1
Avaliação de Riscos	A existência de mecanismos para a coleta de dados não impacta na avaliação de riscos.	0
Lições Aprendidas e Revisão do Processo	A existência de mecanismos de coleta de dados é de grande importância para a coleta de Lições aprendidas bem como a realização das análises para revisar o processo.	2

7. Os tipos e formato dos dados coletados são padronizados?		
Alternativas		FM
A	Sim. Os tipos e formatos dos dados são bem definidos e documentados existindo ainda um responsável por esta tarefa.	+2
B	Sim. Os tipos e formatos dos dados são bem definidos e documentados, mas não existe um responsável por esta tarefa.	+1
C	Não. Os tipos e formatos de dados não são claramente definidos.	-2

Serviço	Justificativa	Peso
Banco de Dados Históricos	Para o funcionamento deste serviço é essencial que os dados sejam claramente definidos e documentados. Diminuindo problemas com dados omissos e incorretos.	4
Modelos Simples	A boa definição dos dados não facilita a execução desta tarefa.	0
Medida Formal de Tamanho	A padronização dos tipos e formatos de dados não melhora a acurácia desta atividade.	0
Processo de Comparação	A boa definição dos dados não facilita a execução desta tarefa.	0
Verificação e Validação	A padronização dos tipos e formatos de dados não melhora a análise desta atividade.	0
Modelos Paramétricos	A padronização dos tipos e formatos de dados não melhora a acurácia desta atividade.	0
Avaliação de Riscos	A padronização dos tipos e formatos de dados não melhora a acurácia desta atividade.	0
Lições Aprendidas e Revisão do Processo	A padronização dos tipos e formatos de dados não melhora a acurácia desta atividade.	0

8. Existem políticas que determinam por quanto tempo a informação deve ser mantida no banco de dados histórico?		
Alternativas		FM
A	As políticas são bem definidas e existe um prazo máximo e mínimo para manter as informações e casos especiais são tratados a parte.	+2
B	As políticas são bem definidas e existe um prazo máximo e mínimo para manter as informações, porém casos especiais não são tratados a parte.	+1
C	As políticas são bem definidas, porém não existe um prazo mínimo ou máximo para manter as informações.	0
D	Não existem políticas e as informações são antigas e desatualizadas	-1
E	Não há o armazenamento de informações no banco de dados histórico.	-2

Serviço	Justificativa	Peso
Banco de Dados Históricos	Estas políticas mantem a integridade e validade dos dados que serão utilizados nas estimativas.	3
Modelos Simples	Com a definição clara das políticas, os dados utilizados pelos modelos sempre estarão válidos e atualizados contribuindo assim para sua eficácia.	1
Medida Formal de	Com dados atualizados a mensuração do tamanho não fica	1

Tamanho	prejudicada com dados obsoletos	
Processo de Comparação	Dados atualizados são importantes para realizar as comparações.	1
Verificação e Validação	Estas políticas de dados não impactam na execução deste serviço.	0
Modelos Paramétricos	Com a definição clara das políticas, os dados utilizados pelos modelos sempre estarão válidos e atualizados contribuindo assim para sua eficácia destes modelos.	1
Avaliação de Riscos	Estas políticas de dados não impactam na execução deste serviço.	0
Lições Aprendidas e Revisão do Processo	Com dados válidos a revisão do processo é realizada de maneira mais confiável e realista.	1

9. As metodologias e técnicas usadas para estimar são definidas e documentadas?

Alternativas		FM
A	As metodologias e técnicas usadas para estimar os projetos são bem definidas, documentadas e disseminadas entre os membros da equipe.	+2
B	As metodologias e técnicas usadas para estimar os projetos são bem definidas, documentadas, porém não são bem disseminadas entre os membros da equipe.	+1
C	Os membros da equipe utilizam algumas metodologias para estimar os projetos, no entanto elas não são documentadas.	0
D	São utilizadas algumas técnicas e metodologias dentro da organização, porém estas não são bem documentadas nem disseminadas entre os membros.	-1
E	Não são utilizadas metodologias e técnicas para estimar os projetos.	-2

Serviço	Justificativa	Peso
Banco de Dados Históricos	A existência de metodologias e técnicas para estimar não impacta neste serviço.	0
Modelos Simples	A boa definição e documentação das metodologias e técnicas favorece a execução com eficácia deste serviço.	3
Medida Formal de Tamanho	A boa definição e documentação das metodologias e técnicas favorece a execução com eficácia deste serviço.	2
Processo de Comparação	A existência de metodologias e técnicas para estimar não impacta neste serviço.	0
Verificação e Validação	A existência de metodologias e técnicas para estimar não impacta neste serviço	0
Modelos Paramétricos	A boa definição e documentação das metodologias e técnicas favorece a execução com eficácia deste serviço.	3
Avaliação de Riscos	A existência de metodologias e técnicas para estimar não impacta neste serviço	0
Lições Aprendidas e Revisão do Processo	Conhecendo as técnicas e metodologias utilizadas a revisão do processo pode atuar com maior eficácia relacionando os problemas com o uso adequado ou não das técnicas.	1

10. Existe algum procedimento padronizado para utilização das técnicas e metodologias?		
Alternativas		FM
A	Existem procedimentos padronizados para a utilização de cada técnica e metodologia, estes procedimentos são bem documentados e disseminados entre os usuários.	+2
B	Existem procedimentos padronizados para a utilização de cada técnica e metodologia, estes procedimentos são bem documentados, porém não são bem difundidos entre os usuários.	+1
C	Existem procedimentos para o uso de apenas algumas das técnicas e este é bem difundido entre os usuários.	0
D	Existem procedimentos para o uso de apenas algumas das técnicas e estes não são bem difundidos entre os usuários.	-1
E	Não existem procedimentos padronizados para o uso das técnicas e metodologias.	-2
Questão Chave: Modelos Simples		

Serviço	Justificativa	Peso
Banco de Dados Históricos	A existência de procedimentos para a execução das metodologias e técnicas não impacta neste serviço	0
Modelos Simples	Com procedimentos para a execução das metodologias e técnicas os modelos são melhores aproveitados e utilizados.	16
Medida Formal de Tamanho	A existência de procedimentos para a execução das metodologias e técnicas impacta diretamente em como os as técnicas de tamanho são utilizados.	3
Processo de Comparação	A existência de procedimentos para a execução das metodologias e técnicas não impacta em suas comparações.	0
Verificação e Validação	A existência de procedimentos para a execução das metodologias e técnicas não melhora a verificação e validação.	0
Modelos Paramétricos	Por meio de procedimentos para a execução das metodologias e técnicas os modelos são utilizados de maneira mais eficiente.	3
Avaliação de Riscos	A existência de procedimentos para a execução das metodologias e técnicas não melhora a avaliação dos riscos	0
Lições Aprendidas e Revisão do Processo	Os procedimentos para a execução das metodologias e técnicas não ajuda a geração de lições aprendidas e revisão do processo.	1

11. Os responsáveis por realizar as estimativas são identificados?		
Alternativas		FM
A	As estimativas são realizadas por um grupo de pessoas específico, elas são experientes em estimar projetos e treinadas nas técnicas.	+2
B	As estimativas são realizadas apenas por uma pessoa, ela é experiente e treinada nas técnicas.	+1
C	As estimativas são realizadas por um grupo de pessoas específico, porém elas não têm muita experiência em estimar projetos.	0
D	As estimativas são realizadas por pessoas específicas, mas elas tem experiência em estimar projetos.	-1
E	As estimativas são realizadas por pessoas diferentes em cada projeto e elas não tem experiência em estimação.	-2

Serviço	Justificativa	Peso
Banco de Dados Históricos	A identificação dos responsáveis para realizar as estimativas não impacta neste serviço.	0
Modelos Simples	Com pessoas experientes realizando as estimativas os modelos são utilizados de maneira eficiente.	2
Medida Formal de Tamanho	Com pessoas experientes realizando as estimativas as técnicas tem uma maior chance de serem bem utilizadas e assim prover resultados mais precisos.	2
Processo de Comparação	Quando a análise das comparações das estimativas é realizada por pessoas experientes em estimar e conhecedoras das técnicas e metodologias a chance de se chegar a bons resultados é maior.	1
Verificação e Validação	Pessoas experientes tem maior facilidade em verificar se um resultado esta consistente e identificar possíveis problemas oriundos das estimativas.	1
Modelos Paramétricos	Com pessoas experientes realizando as estimativas as técnicas têm uma maior chance de serem bem utilizadas e assim prover resultados mais precisos.	2
Avaliação de Riscos	Pessoas experientes em estimar não necessariamente melhoram a avaliação de riscos.	0
Lições Aprendidas e Revisão do Processo	Pessoas experientes em estimar podem analisar os dados dos projetos e propor revisões para o processo.	1

12. A organização adota alguma medida formal para computar o tamanho do software?		
Alternativas		FM
A	Sim. Existe um processo para seu uso, ela esta bem documentada e seu cálculo é realizado por uma ferramenta automatizada.	+2
B	Sim. Existe um processo para seu uso, ela esta bem documentada, mas seu cálculo é realizado de forma manual.	+1
C	Sim. Existe um processo para seu uso, porém não há muita documentação disponível sobre ela.	0
D	Existe uma medida formal de tamanho, mas ela não é utilizada em todos os	-1

	projetos.	
E	A organização não faz uso de uma medida formal de tamanho.	-2
Questão Chave: Medida Formal de Tamanho.		

Serviço	Justificativa	Peso
Banco de Dados Históricos	O uso de uma medida formal de tamanho não impacta no uso do BDH.	0
Modelos Simples	A adoção de uma medida formal de tamanho pode ajudar o funcionamento de alguns modelos simples.	2
Medida Formal de Tamanho	A medida de tamanho é o principal insumo da maioria das atividades de estimativas.	16
Processo de Comparação	O uso de uma medida de tamanho não influencia no processo de comparação.	0
Verificação e Validação	O uso de uma medida de tamanho não influencia na verificação e validação das estimativas.	0
Modelos Paramétricos	A maioria dos modelos paramétricos usa uma medida de tamanho como principal entrada, então este serviço é fortemente influenciado.	3
Avaliação de Riscos	O uso de uma medida de tamanho não influencia na avaliação de riscos.	0
Lições Aprendidas e Revisão do Processo	O uso de uma medida de tamanho não tem influência nesse serviço.	0

13. Os dados do BDH são utilizados para gerar estimativas de novos projetos?

Alternativas	FM
A Sim. Os dados do BDH são utilizados em todas as estimativas como fonte de comparação, ajuste de técnicas e derivação de modelos baseados na produtividade.	+2
B Sim. Os dados do BDH são utilizados em todas as estimativas como fonte de comparação, ajuste de técnicas, porém não são utilizados para derivação de modelos.	+1
C Sim. Os dados do BDH são utilizados em todas as estimativas como fonte de comparação, porém não são utilizados para ajuste de modelos e derivação de modelos baseados na produtividade.	0
D Sim. Os dados do BDH são utilizados em algumas estimativas como fonte de comparação apenas.	-1
E Os dados do BDH não são levados em consideração para realizar as estimativas.	-2

Serviço	Justificativa	Peso
Banco de Dados Históricos	A utilidade do BDH não impacta na gerência deste serviço.	0
Modelos Simples	Os dados do BDH são a principal fonte de informações para gerar estimativas usando modelos simples.	2
Medida Formal de Tamanho	A utilização de dados do BDH não impacta no funcionamento deste serviço.	0
Processo de Comparação	O processo de comparação é fortemente impactado pelos dados do BDH, uma vez que a delimitação de prioridade e pesos são baseados nos resultados passados.	2
Verificação e Validação	Dados do BDH podem servir para realizar uma verificação sólida baseados no padrão que a organização tem é possível saber se algo não está em conformidade.	1
Modelos Paramétricos	A maioria dos modelos paramétricos usam parâmetros em suas fórmulas que são melhores calibrados usando dados do BDH.	2
Avaliação de Riscos	A utilização de dados do BDH para estimar não impacta no funcionamento deste serviço.	0
Lições Aprendidas e Revisão do Processo	A utilização dos dados do BDH é de grande importância para revisar o processo e dar utilidade as lições aprendidas armazenadas.	2

14. Em cada projeto são utilizadas mais de uma abordagem para gerar as estimativas?

Alternativas		FM
A	Sim. São utilizadas múltiplas abordagens em cada projeto, e o uso de cada uma é avaliado anteriormente por uma pessoa com experiência.	+2
B	Sim. São utilizadas múltiplas abordagens em cada projeto e o conjunto de técnicas utilizadas são sempre as mesmas.	+1
C	Não. Cada projeto é estimado utilizando apenas um tipo técnica	-1
D	Não são utilizadas técnicas para estimar os projetos	-2

Serviço	Justificativa	Peso
Banco de Dados Históricos	A utilização de mais de uma abordagem não impacta neste serviço.	0
Modelos Simples	O papel deste serviço é oferecer modelos e técnicas para serem utilizadas em conjunto.	2
Medida Formal de Tamanho	Usar mais de uma abordagem não impacta na eficiência deste serviço.	0
Processo de Comparação	É fundamental para o processo de comparação que a utilização de múltiplas abordagens para que assim ele possa desempenhar seu papel.	3
Verificação e Validação	A utilização de mais de uma abordagem não impacta na verificação e validação das estimativas	0
Modelos Paramétricos	Usar mais de uma abordagem não impacta na eficiência deste serviço.	0
Avaliação de	Usar mais de uma abordagem não melhora a avaliação de	0

Riscos	riscos	
Lições Aprendidas e Revisão do Processo	A organização fazendo uso de múltiplas abordagens não favorece a criação e armazenamento de lições aprendidas nem a revisão do processo.	0

15. A prática de reestimar os projetos que estão em andamento é adotada?

Alternativas		FM
A	Sim. Os projetos são reestimados em marcos do projeto e quando qualquer pressuposto do projeto sofrer alteração.	+2
B	Sim. Os projetos são reestimados em marcos do projeto.	+1
C	Parcialmente. Os projetos são reestimados apenas até o seu planejamento.	0
D	Raramente. Os projetos são reestimados quando alguma alteração brusca acontecer	-1
E	Não. Os projetos raramente são reestimados.	-2

Serviço	Justificativa	Peso
Banco de Dados Históricos	Com a frequente reestimativa dos projetos, mais dados estarão disponíveis no BDH, assim ele poderá ser melhor aproveitado pela organização.	1
Modelos Simples	Reestimar os projetos não impacta na utilização dos destes modelos.	0
Medida Formal de Tamanho	Reestimar os projetos não impacta na medição do tamanho.	0
Processo de Comparação	Quanto mais reestimado o projeto mais dados estarão disponíveis para realizar as comparações.	2
Verificação e Validação	As reestimativas não impactam na maneira de como são verificadas as estimativas.	0
Modelos Paramétricos	Reestimar os projetos não impacta na utilização dos destes modelos	0
Avaliação de Riscos	A reestimativa de projetos não oferece melhoria na avaliação de riscos.	0
Lições Aprendidas e Revisão do Processo	Quanto mais reestimado o projeto é mais dados estarão disponíveis por fase deste, assim a revisão do processo pode identificar com maior clareza qualquer deficiência do mesmo.	3

16. Existe um processo para comparar as estimativas de múltiplas fontes e chegar a um consenso?

Alternativas		FM
A	Sim. Existe um processo padronizado que compara as estimativas oriundas de múltiplas fontes, utilizando dados do BDH e estatísticos como principal fonte de decisão.	+2
B	Sim. Existe um processo padronizado que compara as estimativas oriundas de múltiplas fontes, utilizando o julgamento do estimador como principal fonte de decisão.	+1
C	Sim. Existe um processo padronizado que compara as estimativas oriundas de múltiplas fontes, porém o critério de decisão não é bem definido.	0

D	Sim. Porém o método de comparação não é padronizado.	-1
E	Não as estimativas não são comparadas.	-2
Questão Chave: Processo de Comparação		

Serviço	Justificativa	Peso
Banco de Dados Históricos	Comparar as estimativas não oferece influência neste serviço.	0
Modelos Simples	Comparar as estimativas não oferece influência neste serviço.	0
Medida Formal de Tamanho	Comparar as estimativas não oferece influência neste serviço.	0
Processo de Comparação	É o papel principal deste serviço.	16
Verificação e Validação	A comparação das estimativas pode servir como insumo para verificar e validar a integridade das estimativas	1
Modelos Paramétricos	Comparar as estimativas não oferece influência neste serviço.	0
Avaliação de Riscos	Comparar as estimativas não oferece influência neste serviço.	0
Lições Aprendidas e Revisão do Processo	Por meio dos dados de comparação pode-se identificar possíveis gargalos no processo.	1

17. A organização faz uso de algum modelo paramétrico para realizar as estimativas?

Alternativas	FM
A Sim. A organização utiliza-se de um ou mais modelos paramétricos para gerar suas estimativas, esses modelos são bem documentados, seus dados são frequentemente calibrados e existe um procedimento ditando o seu uso.	+2
B Sim. A organização utiliza-se de um ou mais modelos paramétricos pra para gerar suas estimativas, esses modelos são bem documentados, seus dados são frequentemente calibrados, porém não existe um procedimento ditando o seu uso.	+1
C Sim. A organização utiliza-se de um ou mais modelos paramétricos em para gerar suas estimativas, esses modelos são bem documentados, mas seus parâmetros são raramente calibrados.	0
D Sim. A organização utiliza-se de um ou mais modelos paramétricos em para gerar suas estimativas, porém falta documentação sobre o(s) modelo(s) e seus dados não são calibrados.	-1
E Não a organização não faz uso de modelos paramétricos.	-2
Questão Chave: Modelos Paramétricos	

Serviço	Justificativa	Peso
Banco de Dados Históricos	O uso de modelos paramétricos não tem influencia no funcionamento do BDH.	0
Modelos Simples	O uso de modelos paramétricos não tem influencia no uso de outros modelos.	0

Medida Formal de Tamanho	O uso de modelos paramétricos não tem influencia na realização da estimativa de tamanho.	0
Processo de Comparação	O uso de modelos paramétricos não tem influencia no processo de comparação.	0
Verificação e Validação	Este serviço não é impactado pelo uso de modelos paramétricos.	0
Modelos Paramétricos	A principal função deste serviço é gerenciar o uso deste tipo de modelo.	16
Avaliação de Riscos	A avaliação de riscos não sofre influência pelo uso de modelos paramétricos.	0
Lições Aprendidas e Revisão do Processo	O uso de modelos paramétricos não tem influência na coleta e disseminação de Lições aprendidas e revisão do processo.	0

18. O cálculo das estimativas é suportado por ferramentas automatizadas?

Alternativas		FM
A	Sim. A organização utiliza ferramentas automatizadas para realizar o cálculo de todas as estimativas, essas ferramentas são bem documentadas e há procedimentos para seu uso.	+2
B	Sim. A organização utiliza ferramentas automatizadas para realizar o cálculo da maioria das estimativas, essas ferramentas são documentadas e há procedimentos para seu uso.	+1
C	Sim. A organização utiliza ferramentas automatizadas para realizar o cálculo de algumas das estimativas, essas ferramentas são documentadas e mas não há procedimentos para seu uso.	0
D	Não. A organização realiza os cálculos sem o uso de ferramentas automatizadas.	-1

Serviço	Justificativa	Peso
Banco de Dados Históricos	O uso de ferramentas automatizadas para o cálculo das estimativas não impacta não melhora o funcionamento do BDH.	0
Modelos Simples	A utilização de ferramentas automatizadas ajuda a simplificar e automatizar esta tarefa.	2
Medida Formal de Tamanho	A utilização de ferramentas automatizadas ajuda a simplificar e automatizar esta tarefa.	2
Processo de Comparação	O processo de comparação se torna mais simples e rápido quando automatizado.	1
Verificação e Validação	Os passos para se verificar e validar as estimativas quando automatizados exigem um menor esforço do analistas para tomar as decisões.	1
Modelos Paramétricos	A utilização de ferramentas automatizadas para os modelos paramétricos é crucial uma vez que é muito complicado realizar todos os cálculos manualmente para todos projetos.	3
Avaliação de Riscos	A avaliação de riscos não sofre influência do uso de ferramentas automatizadas.	0

Lições Aprendidas e Revisão do Processo	A coleta, análise e disseminação das lições aprendidas se beneficia da automatização, podendo assim ter um maior impacto com um menor esforço.	1
--	--	---

19. Os responsáveis por estimar os projetos recebem os devidos treinamentos?

Alternativas		FM
A	Sempre. A organização provê treinamentos e <i>workshops</i> sempre que uma nova técnica ou tecnologia é empregada.	+2
B	Frequentemente. A organização provê treinamentos e <i>workshops</i> quando novas técnicas ou tecnologias são empregadas.	+1
C	Parcialmente. A organização provê treinamentos e <i>workshops</i> para algumas áreas, para outras, materiais de aprendizado são providenciados.	0
D	Pouca frequência. A organização provê treinamentos e <i>workshops</i> .	-1
E	Raramente. A organização provê treinamentos e <i>workshops</i>	-2

Serviço	Justificativa	Peso
Banco de Dados Históricos	O funcionamento do BDH não é afetado por pelo treinamento nas técnicas e metodologias para estimar	0
Modelos Simples	Com profissionais treinados, a derivação e utilização destes modelos se tornam mais produtivas e eficazes.	2
Medida Formal de Tamanho	Pessoal treinado nas técnicas possivelmente irão realizar estimativas mais precisas.	2
Processo de Comparação	O processo de comparação não é afetado por pelo treinamento nas técnicas e metodologias para estimar	0
Verificação e Validação	O processo de verificação e validação não é afetado por pelo treinamento nas técnicas e metodologias para estimar	0
Modelos Paramétricos	Pessoal treinado nas técnicas possivelmente irão utilizar esses modelos de maneira adequada e eficiente	2
Avaliação de Riscos	A avaliação de riscos não sofre influência do uso de treinamentos em estimar.	0
Lições Aprendidas e Revisão do Processo	Este serviço não sofre influência de treinamentos em estimativas.	0

20. A verificação e validação da integridade e conformidade das estimativas é realizada?

Alternativas		FM
A	Sim. Toda estimativa gerada é verificada e validada por um processo padronizado, existindo limiares de aprovação/reprovação bem definidos.	+2
B	Sim. Toda estimativa gerada é verificada e validada por um processo padronizado, porém os limiares de aprovação/reprovação não são bem definidos.	+1
C	Sim. A maioria das estimativas geradas são verificadas e validadas, mas esta tarefa não é padronizada dentro da organização.	0
D	Apenas algumas estimativas são verificadas e não há um procedimento que dita esta tarefa.	-1

E	A organização não verifica e valida suas estimativas.	-2
Questão Chave: Verificação e Validação		

Serviço	Justificativa	Peso
Banco de Dados Históricos	A tarefa de verificar e validar as estimativas não influencia no funcionamento do BDH.	0
Modelos Simples	Por meio da verificação e validação problemas com os modelos ou com sua utilização podem ser identificados.	1
Medida Formal de Tamanho	Através da verificação e validação o uso incorreto da técnica pode ser evidenciado.	1
Processo de Comparação	A confiabilidade da integridade das estimativas comparadas é necessária para que esta tarefa seja realizada com sucesso.	2
Verificação e Validação	Este é o principal papel deste serviço.	16
Modelos Paramétricos	Através da verificação e validação o uso incorreto da técnica pode ser evidenciado.	1
Avaliação de Riscos	A verificação e validação de projetos não oferece melhoria na avaliação de riscos.	0
Lições Aprendidas e Revisão do Processo	A verificação e validação fornecem dados para realizar a revisão do processo além de gerar lições aprendidas relacionadas aos métodos usados para estimar.	2

21. Os riscos inerentes ao projeto são avaliados e considerados nas estimativas?

Alternativas		FM
A	Sim. Os riscos do projeto são identificados e avaliados por uma pessoa com experiência e guiado por um processo padronizado e seu resultado é considerado na elaboração das estimativas.	+2
B	Sim. Os riscos do projeto são identificados e avaliados e seu resultado é considerado na elaboração das estimativas, porém esta tarefa não é padronizada.	+1
C	Sim. Os riscos são identificados e são avaliados, mas o seu resultado nem sempre é considerado na elaboração das estimativas.	0
D	Parcialmente. Alguns dos riscos do projeto são identificados, mas não são avaliados e nem sempre eles são considerados nas estimativas.	-1
E	Não. Os riscos identificados não são levados em consideração na hora de elaborar as estimativas.	-2
Questão Chave: Avaliação de Riscos		

Serviço	Justificativa	Peso
Banco de Dados Históricos	A avaliação de riscos não impacta no BDH.	0
Modelos Simples	A avaliação de riscos não impacta no uso destes modelos.	0
Medida Formal de Tamanho	A avaliação de riscos não impacta no uso desta medida	0
Processo de Comparação	Os riscos avaliados são considerados para realizar uma melhor comparação das estimativas.	2

Verificação e Validação	Com os riscos avaliados a verificação dos dados estimados se torna mais confiável e precisa.	2
Modelos Paramétricos	A avaliação de riscos não impacta no uso destes modelos	0
Avaliação de Riscos	Esta é a principal função deste serviço.	16
Lições Aprendidas e Revisão do Processo	Com os riscos avaliados é possível gerar Lições aprendidas mais eficientes e há mais evidências para realizar a revisão do processo.	2

22. A organização realiza a revisão de seu processo de estimativas?

Alternativas		FM
A	Sim. O processo de estimativa é revisto, existe um procedimento padronizado para realizar esta tarefa onde são buscados gargalos e melhorias são propostas.	+2
B	Sim. O processo de estimativa é revisto, existe um procedimento padronizado para realizar esta tarefa onde são buscados gargalos de sua execução.	+1
C	Sim. O processo de estimativa é revisto, mas não existe um procedimento padrão para esta tarefa.	0
D	Não. Raramente o processo é revisto.	-2

Questão Chave: Lições Aprendidas e Revisão do Processo.

Serviço	Justificativa	Peso
Banco de Dados Históricos	A revisão do processo pode identificar pontos de melhoria e de má execução do BDH.	1
Modelos Simples	A revisão do processo pode identificar pontos de melhoria e de má execução nos modelos.	1
Medida Formal de Tamanho	A revisão do processo pode identificar erros ao executar esta tarefa.	1
Processo de Comparação	Revisando o processo podem-se identificar erros e gargalos no processo de comparação.	1
Verificação e Validação	Revisando o processo podem-se identificar erros e gargalos no processo de verificação e validação.	1
Modelos Paramétricos	A revisão do processo pode identificar pontos de melhoria e de má execução nos modelos.	1
Avaliação de Riscos	Revisando o processo podem-se identificar erros e gargalos no processo avaliação de riscos.	1
Lições Aprendidas e Revisão do Processo	O uso estruturado deste processo impacta diretamente neste serviço.	4

23. A organização realiza a revisão do processo de estimativa periodicamente?

Alternativas		FM
A	Sim. Sempre que um projeto é finalizado.	+2
B	Sim. Sempre de acordo com o cronograma de revisão da organização.	+1
C	Apenas quando alguma inconsistência fica evidente durante um projeto	0
D	Não. O processo é raramente revisado.	-1

Serviço	Justificativa	Peso
Banco de Dados Históricos	A periodicidade da revisão do processo não impacta no BDH.	0
Modelos Simples	A periodicidade da revisão do processo pode identificar erros comuns na execução dos modelos.	1
Medida Formal de Tamanho	A periodicidade da revisão do processo pode identificar erros comuns na execução desta estimativa.	1
Processo de Comparação	A periodicidade da revisão do processo pode identificar erros no processo de comparação.	1
Verificação e Validação	A periodicidade da revisão do processo pode identificar erros no processo de verificação e validação .	1
Modelos Paramétricos	A periodicidade da revisão do processo pode identificar erros comuns na execução dos modelos.	1
Avaliação de Riscos	A periodicidade da revisão do processo pode identificar erros no processo de avaliação de riscos.	1
Lições Aprendidas e Revisão do Processo	A periodicidade da revisão do processo pode identificar erros e gargalos comuns nos processos da organização e ajudar a mitiga-los antes que se tornem um problema maior.	3

24. Os projetos coletam lições aprendidas?

Alternativas		FM
A	Sim. As lições aprendidas são coletadas ao termino de cada projeto. Existindo um processo para realizar esta tarefa bem como para sua disseminação.	+2
B	Sim. As lições aprendidas são coletadas ao termino de cada projeto. Existindo um processo para realizar esta tarefa.	+1
C	Sim. As lições aprendidas são coletadas ao termino de cada projeto. Porém não existe um processo para realizar esta tarefa.	0
D	Parcialmente. Algumas lições aprendidas são coletas em alguns projetos, mas não há um critério para sua realização.	-1
E	Não. Raramente as lições aprendidas são coletadas.	-2

Questão Chave: Lições Aprendidas e Revisão do Processo.

Serviço	Justificativa	Peso
Banco de Dados Históricos	A utilização de Lições aprendidas pela organização pode ajudar na resolução de problemas referentes ao uso do BDH.	1
Modelos Simples	As lições aprendidas podem mostrar as dificuldades e melhores caminhos para se gerenciar este tipo de modelo.	1
Medida Formal de	A utilização de Lições aprendidas pela organização pode	1

Tamanho	ajudar na resolução de problemas referentes ao uso da medida de tamanho	
Processo de Comparação	As lições aprendidas podem mostrar as dificuldades e melhores caminhos para se gerenciar o processo de comparação.	1
Verificação e Validação	Por meio das Lições aprendidas é possível obter dicas interessantes para execução de uma verificação sólida	1
Modelos Paramétricos	As lições aprendidas podem mostrar as dificuldades e melhores caminhos para se gerenciar este tipo de modelo.	1
Avaliação de Riscos	Utilizando lições aprendidas a melhor maneira de se avaliar os riscos de determinado projeto pode ser evidenciada.	1
Lições Aprendidas e Revisão do Processo	O uso estruturado de lições aprendidas é benéfico para todas as áreas do processo.	4

25. A organização busca entender a causa de uma estimativa muito discrepante?

Alternativas		FM
A	Sim. As estimativas discrepantes são estudadas em especial para descobrir sua causa.	+2
B	Sim. Na maioria das vezes ocorre a compreensão dos motivos que levaram a resultados fora dos padrões.	+1
C	As vezes os resultados fora dos padrões são estudados a parte.	0
D	Raramente um resultado de uma estimativa é revisado a parte.	-1
E	Não. Os resultados das estimativas não são estudados separadamente.	-2

Serviço	Justificativa	Peso
Banco de Dados Históricos	As revisões dos resultados das estimativas não alteram o funcionamento deste serviço.	0
Modelos Simples	As revisões dos resultados das estimativas não alteram diretamente o funcionamento deste serviço.	0
Medida Formal de Tamanho	As revisões dos resultados das estimativas não alteram diretamente o funcionamento deste serviço.	0
Processo de Comparação	Avaliar os resultados discrepantes ajuda o processo a definir como irá fazer as comparações.	1
Verificação e Validação	Por meio das verificações e validações os resultados discrepantes são estudados e suas causas evidenciadas	2
Modelos Paramétricos	As revisões dos resultados das estimativas não alteram diretamente o funcionamento deste serviço.	0
Avaliação de Riscos	As revisões dos resultados das estimativas não alteram o funcionamento deste serviço.	0
Lições Aprendidas e Revisão do Processo	As revisões dos resultados discrepantes pode gerar valiosa fonte de lições aprendidas bem como dados para realizar a análise do processo.	3

26. Métricas são coletadas para avaliar a efetividade do processo e de suas

atividades?		
Alternativas		FM
A	Sim. Em todas as fases do processo métricas são coletadas e posteriormente analisadas na revisão do processo.	+2
B	Sim. Na maioria das vezes métricas são coletadas entre as fases do projeto e posteriormente analisadas na revisão do processo.	+1
C	Algumas métricas são coletadas entre as fases dos projetos, mas geralmente não são analisadas.	0
D	Raramente as métricas são coletadas e analisadas.	-1
E	Não há coleta de métricas pela organização	-2

Serviço	Justificativa	Peso
Banco de Dados Históricos	A coleta de métricas não impacta neste serviço.	0
Modelos Simples	As coletas e análises de métricas sobre a execução destes modelos ajudam na identificação de pontos de melhorias.	1
Medida Formal de Tamanho	Com a coleta e análise das métricas a efetividade desta medida é avaliada.	1
Processo de Comparação	Por meio da coleta e análise das métricas é possível avaliar a efetividade deste serviço.	1
Verificação e Validação	Por meio da coleta e análise das métricas é possível avaliar a efetividade deste serviço.	1
Modelos Paramétricos	As coletas e análises de métricas sobre a execução destes modelos ajudam na identificação de pontos de melhorias e se a calibração esta sendo executada de maneira correta.	1
Avaliação de Riscos	Coletar métricas acerca deste processo ajuda em sua avaliação e possível melhoria.	1
Lições Aprendidas e Revisão do Processo	A coleta e análise das métricas ajudam muito na revisão do processo conseguindo identificar pontos de melhoria.	3

27. Os dados reais de custo, tamanho, esforço e cronograma são coletados?

27. Os dados reais de custo, tamanho, esforço e cronograma são coletados?		
Alternativas		FM
A	Sim. Em todas as fases do processo os dados reais são coletados e confrontados com os estimados.	+2
B	Sim. Ao final do projeto os dados reais são coletados e confrontados com os estimados.	+1
C	Sim. Ao final do projeto os dados reais são coletados, mas não são frequentemente confrontados com os estimados.	0
D	As vezes os dados reais são coletados e confrontados com os estimados.	-1
E	Os dados reais raramente são coletados e confrontados com os estimados.	-2

Serviço	Justificativa	Peso
Banco de Dados Históricos	A coleta dos dados reais não interfere neste serviço.	0
Modelos Simples	A coleta dos dados reais não significa que esta tarefa será realizada e maneira mais eficiente.	0

Medida Formal de Tamanho	A coleta dos dados reais não significa que esta tarefa será realizada e maneira mais eficiente.	0
Processo de Comparação	Um dos papéis deste serviço é realizar esta comparação.	1
Verificação e Validação	Este dado é uma importante fonte de informação para se avaliar a integridade e confiabilidade das estimativas.	1
Modelos Paramétricos	A coleta de métricas não impacta neste serviço	0
Avaliação de Riscos	A coleta dos dados reais não interfere neste serviço.	0
Lições Aprendidas e Revisão do Processo	A coleta e análise desse tipo de dado é uma importante fonte para se avaliar o processo e descobrir pontos de eficiência e de melhoria.	3

28. Os esforços para realizar as estimativas são computados?

Alternativas		FM
A	Sim. Sempre que uma estimativa é realizada o esforço que ela consome é computado com intuito de otimizar esta atividade.	+2
B	Parcialmente. Algumas vezes o esforço gasto estimando os projetos é computado.	+0
C	Não. O esforço gasto realizando as estimativas não é considerado.	-1

Serviço	Justificativa	Peso
Banco de Dados Históricos	A coleta do esforço das estimativas não impacta no BDH.	0
Modelos Simples	A coleta do esforço das estimativas melhora o uso dos Modelos Simples	0
Medida Formal de Tamanho	A coleta do esforço das estimativas significa estimativas de tamanho mais precisas.	0
Processo de Comparação	A coleta do esforço das estimativas melhora o processo de comparação	0
Verificação e Validação	A coleta do esforço das estimativas não melhora o processo de verificação e validação.	0
Modelos Paramétricos	A coleta do esforço das estimativas não impacta no uso dos modelos paramétricos.	0
Avaliação de Riscos	A coleta do esforço das estimativas ajuda na análise dos riscos.	0
Lições Aprendidas e Revisão do Processo	Sabendo quanto de esforço cada atividade gasta é possível elaborar planos de otimização para cada uma delas, além de identificar se alguma atividade está sendo prejudicada por fatores externos.	3

ANEXO B

Indicadores de Desempenho do Estudo de Caso

Característica	Descrição
	I_Des_Pr
Objetivo do Indicador:	Identificar o desvio do prazo estimado.
Questão:	Qual a taxa de desvio das estimativas de Prazo?
Entradas:	Estimativas de prazo por fase, estimativas reais de prazo por fase.
Algoritmo:	DP = Desvio do Prazo é dado por $\frac{PE-PR}{PR} * 100\%$ onde PR = Prazo Real, PE = Prazo Estimado.
Público alvo:	Equipe de Desenvolvimento e Gerente de Projetos
Responsável pela medição:	Estimadores ou Gerente de Projetos
Frequência da medição:	Marcos do Projeto e pontos de reestimativas
Unidade de Medida:	Porcentagem
Responsável pela análise:	Gerente de Projetos
Método de Análise:	Os dados são analisados pelo gerente de projetos e responsáveis pelas estimativas.

Característica	Descrição
	I_Des_Tam
Objetivo do Indicador:	Identificar o desvio do tamanho estimado.
Questão:	Qual a taxa de desvio das estimativas de tamanho?
Entradas:	Estimativas de tamanho por fase, estimativas reais de tamanho por fase. Utilização de Pontos por função.
Algoritmo:	DT = Desvio do Prazo é dado por $\frac{TE-TR}{TR} * 100\%$ onde TR = Tamanho Real, TE = Tamanho Estimado.
Público alvo:	Equipe de Desenvolvimento e Gerente de Projetos
Responsável pela medição:	Estimadores ou Gerente de Projetos
Frequência da medição:	Marcos do Projeto e pontos de reestimativas
Unidade de Medida:	Porcentagem
Responsável pela análise:	Gerente de Projetos
Método de Análise:	Os dados são analisados pelo gerente de projetos e responsáveis pelas estimativas.

Característica	Descrição
	T_Est_Apr
Objetivo do Indicador:	Identificar a quantidade de estimativas aprovadas.
Questão:	Qual a taxa de estimativas Inspeccionadas e Aprovadas/Reprovadas?
Entradas:	Número de estimativas analisadas, número de estimativas aprovadas por reestimativa.
Algoritmo:	TApr = Taxa de Aprovação é dado por $\frac{NEApr}{NEA} * 100\%$, onde NEApr = Número de Estimativas Aprovadas, NEA = Número de Estimativas Analisadas.
Público alvo:	Equipe de Desenvolvimento e Gerente de Projetos
Responsável pela medição:	Estimadores ou Gerente de Projetos
Frequência da medição:	Pontos de reestimativas
Unidade de Medida:	Porcentagem
Responsável pela análise:	Gerente de Projetos
Método de Análise:	Os dados são analisados pelo gerente de projetos e responsáveis pela verificação.

Característica	Descrição
	T_Est_Incons
Objetivo do Indicador:	Identificar a quantidade de estimativas Inconsistentes.
Questão:	Qual a taxa de estimativas Inspeccionadas e Aprovadas/Reprovadas?
Entradas:	Número de estimativas analisadas, número de estimativas reprovadas por reestimativa.
Algoritmo:	TRepr = Taxa de Reprovação é dado por $\frac{NEA-NEApr}{NEA} * 100\%$, onde NEApr = Número de Estimativas Aprovadas, NEA = Número de Estimativas Analisadas.
Público alvo:	Equipe de Desenvolvimento e Gerente de Projetos
Responsável pela medição:	Estimadores ou Gerente de Projetos
Frequência da medição:	Pontos de reestimativas
Unidade de Medida:	Porcentagem
Responsável pela análise:	Gerente de Projetos
Método de Análise:	Os dados são analisados pelo gerente de projetos e responsáveis pela verificação.

Característica	Descrição
	Est_comp
Objetivo do Indicador:	Identificar a quantidade de estimativas comparadas.
Questão:	Qual tipo de estimativa é mais precisa: com ou sem comparação?
Entradas:	Número de estimativas comparadas, valores das estimativas comparadas por fase.
Algoritmo:	EstComp = Listagem das Estimativas modificadas pela comparação e seus valores
Público alvo:	Gerente de Projetos
Responsável pela medição:	Estimadores ou Gerente de Projetos
Frequência da medição:	Pontos de reestimativas
Unidade de Medida:	Valores absolutos.
Responsável pela análise:	Gerente de Projetos
Método de Análise:	Os dados são analisados pelo gerente de projetos.

Característica	Descrição
	Est_s_comp
Objetivo do Indicador:	Identificar a quantidade de estimativas comparadas.
Questão:	Qual tipo de estimativa é mais precisa: com ou sem comparação?
Entradas:	Estimativas produzidas pelas técnicas
Algoritmo:	EstComp = Listagem das Estimativas não modificadas pela comparação.
Público alvo:	Gerente de Projetos
Responsável pela medição:	Estimadores ou Gerente de Projetos
Frequência da medição:	Pontos de reestimativas
Unidade de Medida:	Valores absolutos.
Responsável pela análise:	Gerente de Projetos
Método de Análise:	Os dados são analisados pelo gerente de projetos.

ANEXO C

Checklist de Avaliação

Descrição: Modelo de *checklist* para aplicação no final de cada processo de implantação de nível de maturidade. A partir dele, será avaliada e definida se a organização em questão estará apta a passar para o próximo nível.

Nome da Organização: _____

Nível de Maturidade Atual: () Nível 0 () Nível 1 () Nível 2 () Nível 3 () Nível 4

Nível de Maturidade Almejado: () Nível 1 () Nível 2 () Nível 3 () Nível 4

Dados da Avaliação

Equipe Responsável: _____

Líder: _____ **Período:** _____

Projetos Avaliados: _____

Serviço Implantado	Responsável	Evidências	Aderência (0% - 100%)

Observações: _____

Resultado: () Aprovado () Rejeitado

Motivo(s): _____

TRABALHOS PUBLICADOS PELO AUTOR

1. MESQUITA, B. O.; BARROS, R. M. **A Model to Manage the Software Estimation Process through Maturity Levels and Services.** *In: IADIS International Conference Information Systems*, 2013, Lisboa, 2013. p. 256-260.
2. GOES, A. S.; HISATOMI, M.; MESQUITA, B. O.; BARROS, R. M. **Applying Lessons Learned as an Improved Methodology for Software Project Management.** *In: IADIS International Conference Information Systems*, Lisboa, 2013, p. 302-306.
3. MESQUITA, B. O.; BARROS, R. M. **GAIA Estimation: A Framework based on Maturity Levels and Services for Assessment and Application of the Software Estimation Process.** *In: 7th Euro American Association on Telematics and Information Systems*, Valparaíso, Chile, 2014.