

SOCIEDADE BRASILEIRA DE INSTRUÇÃO
UNIVERSIDADE CANDIDO MENDES – CAMPOS DOS GOYTACAZES
MESTRADO EM INFORMÁTICA APLICADA

ROBERTA BRAGA TÔRRES

**APLICAÇÃO DO MÉTODO AHP NA ESTIMATIVA DE ESFORÇO EM
PROCESSOS DE DESENVOLVIMENTO DE SISTEMAS COMPUTACIONAIS**

CAMPOS DOS GOYTACAZES – RJ
2005

ROBERTA BRAGA TÔRRES

**APLICAÇÃO DO MÉTODO AHP NA ESTIMATIVA DE ESFORÇO EM
PROCESSOS DE DESENVOLVIMENTO DE SISTEMAS COMPUTACIONAIS**

Dissertação apresentada à Universidade Candido
Mendes, como parte dos requisitos para obtenção
do título de Mestre em Informática Aplicada.

Orientador: Prof. HELDER GOMES COSTA

Co-Orientador: Prof. MARCELO MACHADO FERES

Campos dos Goytacazes – RJ
2005

FICHA CATALOGRÁFICA

Preparada pela Biblioteca da **UCAM - CAMPOS** 003/2005

Tôrres, Roberta Braga.

Aplicação do método AHP na estimativa de esforço em processos de desenvolvimento de sistemas computacionais. / Roberta Braga Tôrres. - 2005.

125 f. :il.

Orientador(a): Helder Gomes Costa.

Dissertação de Mestrado em Informática Aplicada – Universidade Candido Mendes - Campos. Campos dos Goytacazes, RJ, 2005.

Bibliografia: f. 80 - 83.

1. Engenharia de software 2. Métricas: Software 3. auxílio multicritério à decisão. I. Universidade Candido Mendes – Campos. II. Título.

CDU - 004.412

ROBERTA BRAGA TÔRRES

**APLICAÇÃO DO MÉTODO AHP NA ESTIMATIVA DE ESFORÇO EM
PROCESSOS DE DESENVOLVIMENTO DE SISTEMAS COMPUTACIONAIS**

Dissertação apresentada à Universidade Candido
Mendes, como parte dos requisitos para obtenção
do título de Mestre em Informática Aplicada.

Aprovada em 13 de maio de 2005.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Helder Gomes Costa, DSc - Orientador
Universidade Federal Fluminense

Prof. Marcelo Machado Feres, MSc – Co-orientador
Centro Federal de Educação Tecnológica de Campos dos Goytacazes

Prof. Josefino Cabral Melo Lima, PhD
Universidade Federal do Rio de Janeiro

Prof^a. Jacqueline Magalhães Rangel Cortes, DSc
Universidade Candido Mendes - Campos

Campos dos Goytacazes – RJ
2005

AGRADECIMENTOS

Agradeço aos meus orientadores, Helder Gomes Costa e Marcelo Machado Feres, pelo apoio, estímulo e por terem compartilhado seus conhecimentos e experiências, sendo fundamentais na realização deste trabalho.

Agradeço a todos que, direta ou indiretamente, me incentivaram e que de alguma forma contribuíram para o êxito deste trabalho.

Agradeço a minha família, por sempre estar presente, pela compreensão, carinho e incentivo constante em mais essa conquista.

Agradeço principalmente a Deus, por iluminar os meus caminhos e por ter me ajudado a completar mais uma etapa de minha vida.

SUMÁRIO

| | |
|---|----|
| 1 INTRODUÇÃO | 11 |
| 1.1 CONTEXTO | 11 |
| 1.2 OBJETIVO | 12 |
| 1.3 JUSTIFICATIVA | 13 |
| 1.4 METODOLOGIA | 13 |
| 1.5 ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO | 14 |
| | |
| 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA | 15 |
| 2.1 MÉTRICAS DE SOFTWARE | 15 |
| 2.2 ESTIMATIVA DE CUSTO DO SOFTWARE | 17 |
| 2.3 MODELOS DE PROCESSO DE SOFTWARE | 20 |
| 2.4 CATEGORIAS DE MÉTRICAS | 25 |
| | |
| 3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA: PROCESSO UNIFICADO (UP) | 29 |
| 3.1 PROCESSO UNIFICADO (UP) | 29 |
| 3.2 PRINCÍPIOS DO UP | 30 |
| 3.3 CICLO DE VIDA DO UP | 32 |
| 3.4 ADERÊNCIA A NORMA ISO/IEC 12207 | 34 |
| | |
| 4 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA: MÉTODO DE ANÁLISE HIERÁRQUICA (AHP) . | 35 |
| 4.1 MÉTODO DE ANÁLISE HIERÁRQUICA (AHP) | 35 |
| 4.2 HISTÓRICO DO AHP | 36 |
| 4.3 CONCEITOS E METODOLOGIA DO AHP | 38 |
| 4.3.1 Elementos | 38 |
| 4.3.2 Princípios | 39 |
| 4.3.3 Razão de Consistência (RC) | 41 |
| | |
| 5 MODELAGEM DA PROPOSTA PELO AHP | 43 |
| 5.1 MODELAGEM DA PROPOSTA | 44 |
| 5.1.1 Identificação do Objeto de Estudo | 44 |
| 5.1.2 Construção do Modelo Hierárquico da Proposta | 44 |
| 5.1.3 Representação Gráfica do Modelo Hierárquico | 47 |
| 5.1.4 Definição dos Avaliadores | 47 |
| 5.1.5 Instrumento de Coleta de Dados | 48 |
| 5.1.6 Tratamento dos Dados | 48 |

| | |
|---|-----|
| 6 ESTUDO DE CASO | 51 |
| 6.1 IDENTIFICAÇÃO DO OBJETO DE ESTUDO | 51 |
| 6.2 DEFINIÇÃO DOS AVALIADORES | 52 |
| 6.3 COLETA DE DADOS | 53 |
| 6.4 TRATAMENTO DOS DADOS | 54 |
| 6.4.1 Distribuição de esforço das Fases em relação ao Foco Principal | 56 |
| 6.4.2 Distribuição de esforço das Atividades em relação às Fases | 58 |
| 6.4.3 Distribuição de esforço das Etapas em relação às Atividades | 61 |
| 6.4.4 Distribuição de esforço das Etapas em relação às Fases | 68 |
| 6.4.5 Distribuição de esforço das Etapas em relação ao Foco Principal | 75 |
| 7 CONCLUSÕES | 78 |
| 8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS | 80 |
| APÊNDICE A – Descrição das Atividades do modelo UP | 85 |
| APÊNDICE B – Questionário de Avaliação completo da Proposta | 89 |
| APÊNDICE C – Questionário de Avaliação dos Julgamentos Arbitrários | 98 |
| APÊNDICE D – Questionários de Avaliação do Experimento | 100 |
| APÊNDICE E – Questionários de Avaliação dos Julgamentos Arbitrários do Experimento | 120 |

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1. Modelo em Cascata (Waterfall Model) (fonte: adaptado de BARROS, 2003).

FIGURA 2. Modelo de Prototipação (fonte: adaptado de PRESSMAN, 1995).

FIGURA 3. Modelo Espiral.

FIGURA 4. Visão “mini-Cascata” do Modelo Incremental (fonte: BARROS, 2003).

FIGURA 5. Ciclo de Vida do UP (fonte: adaptado de JACOBSON, 1999).

FIGURA 6. Modelo Hierárquico Genérico.

FIGURA 7. Modelo Hierárquico da Proposta.

FIGURA 8. Ferramenta IPÊ – Aba de Hierarquia.

FIGURA 9. Ferramenta IPÊ – Aba de Julgamento.

FIGURA 10. Distribuição de esforço das Fases em relação ao Foco Principal.

FIGURA 11. Distribuição de esforço das Atividades pelas Fases do modelo UP.

FIGURA 12. Distribuição de esforço das Etapas pelas Atividades (avaliador B).

FIGURA 13. Distribuição de esforço das Etapas pelas Atividades (avaliador C).

FIGURA 14. Distribuição de esforço das Etapas pelas Fases (avaliador A x avaliador B).

FIGURA 15. Distribuição de esforço das Etapas pelas Fases (avaliador A x avaliador C).

FIGURA 16. Distribuição de esforço das Etapas pelas Fases (avaliador B x avaliador C).

FIGURA 17. Distribuição de esforço das Etapas pelas Fases (avaliador B x avaliador B).

FIGURA 18. Distribuição de esforço das Etapas pelas Fases (Maior grau de coerência).

FIGURA 19. Distribuição de esforço das Etapas em relação ao Foco Principal.

LISTA DE TABELAS

- Tabela 1. Análise comparativa das principais técnicas de estimativa de custo.
- Tabela 2. Comparação dos Modelos Paramétricos mais usados.
- Tabela 3. Ferramentas de Estimativa de Custo de Software.
- Tabela 4. Conhecimento da Norma ISO/IEC 12207.
- Tabela 5. Ferramentas que implementam o método AHP.
- Tabela 6. Escala Fundamental proposta por Saaty.
- Tabela 7. Sub-critérios adotados para os Critérios.
- Tabela 8. Resumo das distribuições de esforços das Fases em relação ao Foco Principal.
- Tabela 9. Resumo das distribuições de esforços das Atividades em relação às Fases.
- Tabela 10. Resumo das distribuições de esforços das Etapas pelas Atividades.
- Tabela 11. Resumo das distribuições de esforços das Etapas pelas Fases do modelo UP.
- Tabela 12. Possíveis combinações dos julgamentos.
- Tabela 13. Resumo das distribuições de esforços das Etapas em relação ao Foco Principal.

LISTA DE ABREVIATURAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

AHP – Analytic Hierarchy Process

AMD – Auxílio Multicritério à Decisão

COCOMO – Constructive Cost Model

ISBSG – International Software Benchmarking Standards

MCDA – Multicriteria Decision Aid

RC – razão de consistência

RUP – Rational Unified Process

SOBRAPO – Sociedade Brasileira de Pesquisa Operacional

UML – Unified Modeling Language

UP – Unified Process

XP – Extreme Programming

RESUMO

Atualmente existe uma série de métodos e técnicas desenvolvidos com o propósito de estimar o esforço e o custo do processo de desenvolvimento de softwares. Contudo a aplicabilidade e exatidão destes métodos de mensuração ainda apresentam algumas lacunas devido, principalmente, à característica de subjetividade inerente ao processo de desenvolvimento de software. O objetivo deste trabalho se concentra em promover uma solução alternativa para estimar a distribuição dos esforços associados ao processo de desenvolvimento de softwares, tendo como base o Processo Unificado (UP) e o Método de Análise Hierárquica (AHP).

Palavras-chave

Métricas de software, multicritério, distribuição de esforço, UP, AHP, MCDA.

ABSTRACT

Currently, several methods and techniques have been developed with the purpose to estimate effort and cost regarding software development. However, the applicability and accuracy of such measurement methods still present some gaps, mainly due to the subjective character that is inherent to software development processes. This work focuses on the promotion of an alternative solution for the assessment of efforts distribution associated to software development processes and based on the Unified Process (UP) and on the Analytic Hierarchy Process (AHP).

Key-words

Software measurement, multicriteria decision aid, effort distribution, UP, AHP.

1 INTRODUÇÃO

Este capítulo apresenta uma breve descrição das principais dificuldades e problemas encontrados no processo de desenvolvimento de software, descrevendo os motivos que despertaram o interesse em propor uma solução alternativa a estes problemas, bem como o objetivo deste trabalho e a forma como o mesmo está organizado.

1.1 CONTEXTO

A informática está inserida nos mais diversos segmentos da sociedade, o que tem contribuído para aumentar a procura por soluções computacionais cada vez mais complexas. Segundo Corrêa (2002, p. 14), “a globalização dos mercados, os avanços tecnológicos, os esforços pela melhoria de qualidade e aumento de produtividade têm levado as empresas a repensarem a maneira de administrar seus negócios”.

Para atender as exigências destes mercados, com o desenvolvimento de software com qualidade, custos viáveis e prazos reduzidos, as empresas atuantes no segmento de produção de software buscam gerenciar os investimentos feitos a partir de métodos quantitativos que meçam a eficiência e eficácia do processo de desenvolvimento adotado.

Segundo Simões (1999), uma das maiores dificuldades encontradas no gerenciamento de projetos é saber justamente a dimensão do que esta sendo gerenciado. Com o intuito de aperfeiçoar o processo de desenvolvimento, a pesquisa voltada para esta área foi intensificada nas últimas décadas e várias normas e padrões foram propostos para avaliar o desenvolvimento de forma sistemática e representativa. A necessidade de fornecer estimativas realistas do desenvolvimento de softwares e estabelecer indicadores que podem ser utilizados na tomada de decisão fizeram surgir propostas de inúmeros métodos e técnicas que auxiliam no planejamento e gerenciamento de projetos. Tais métodos e técnicas ajudam os gerentes de projeto na tarefa de estimar o esforço necessário para o desenvolvimento de um software.

Apesar da reconhecida importância e expressividade deste tema, o processo de mensuração no desenvolvimento de softwares ainda apresenta alguns problemas e desafios.

A relevância deste tema é destacada por Gomes (1999), que relata que as métricas e estimativas de software estão, já há algum tempo, se tornando um dos principais tópicos da engenharia da informação, buscando a oferta de softwares com qualidade, custos adequados e cumprimento dos prazos previstos. Segundo este autor, o processo de medir e estimar é uma das partes mais importantes do projeto de desenvolvimento, sendo que a falta de maturidade das empresas desenvolvedoras de softwares e a baixa popularidade das métricas e estimativas entre os profissionais da área de informática contribuem para o insucesso e alto custo dos softwares desenvolvidos.

Existem disponíveis no mercado algumas soluções que automatizam a aplicação de métricas de software, baseadas em técnicas já consagradas tais como Pontos de Função e COCOMO (*Constructive Cost Model*). No entanto os resultados das estimativas, gerados a partir da mensuração dos softwares, ainda apresentam distorções preocupantes quando comparados aos dados reais. A complexidade deste problema é ampliada também pela presença de aspectos subjetivos e pelos fatores intangíveis dos softwares.

Se for feito um paralelo com a área de ciências exatas, onde as medidas são obtidas a partir da comparação com um padrão, pode-se perceber a grande dificuldade existente na área de Engenharia de Software. É extremamente complicado definir padrões objetivos para realizar a medição de sistemas computacionais (VANINI, 2003).

Identificada esta lacuna, propõe-se nesta dissertação uma abordagem alternativa para a mensuração do esforço consumido no desenvolvimento de software. Esta abordagem está fundamentada nos conceitos do Auxílio Multicritério à Decisão, possibilitando considerar os fatores intangíveis associados a esta métrica.

1.2 OBJETIVO

Esta dissertação tem como objetivo geral propor uma forma alternativa de estimar a distribuição do esforço consumido no processo de desenvolvimento de um software, tendo como base o modelo de desenvolvimento do UP (*Unified Process*) e o método de apoio multicritério à decisão AHP (*Analytic Hierarchy Process*). Através do método AHP busca-se

estruturar a distribuição do esforço a ser consumido em um processo de desenvolvimento de software, baseado no modelo UP¹.

1.3 JUSTIFICATIVA

A área de Métricas de Software busca apoiar os gerentes de projeto na tarefa de estimar algumas medidas importantes do processo de desenvolvimento de software. A pesquisa bibliográfica empreendida mostrou que existem métodos e ferramentas para auxiliar nesta tarefa. Entretanto, muitas delas se baseiam em dados quantitativos de projetos já desenvolvidos ou consideram apenas a experiência e intuição dos profissionais especialistas no assunto. Sendo que as estimativas, quando comparadas aos dados reais apresentam distorções preocupantes.

Nessa perspectiva e tendo em vista os avanços tecnológicos e sua influencia no desenvolvimento de softwares, visa-se contribuir na melhoria do processo de mensuração, de modo a minimizar as distorções, a partir de modelos racionais baseados em metodologias e ferramentas de apoio multicritério à decisão.

Os métodos de apoio multicritério à decisão suportam a característica subjetiva do processo decisório, permitindo estruturar o problema com variáveis intangíveis. Espera-se que este trabalho apoie não só as empresas desenvolvedoras de software, como também a própria comunidade acadêmica através de uma estratégia alternativa de estimar a distribuição dos esforços que devem ser empregados para viabilizar a criação de um software.

1.4 METODOLOGIA

Tendo em vista a proposta desta dissertação as seguintes etapas foram realizadas:

- Revisão bibliográfica sobre os métodos e técnicas existentes para mensurar e estimar os esforços empregados no processo de desenvolvimento de software.
- Fundamentação teórica das principais características do modelo UP.
- Estudo do método AHP e elaboração dos procedimentos para sua aplicação na mensuração dos esforços empregados no processo de desenvolvimento de software.
- Detalhamento, uso e análise da proposta.
- Considerações finais sobre a proposta.

¹ UP é um modelo que pode ser seguido para orientar na execução das principais atividades desenvolvidas na construção de um software.

1.5 ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO

Esta dissertação está estruturada em 7 capítulos. Neste primeiro Capítulo é apresentada uma introdução contextualizando o problema decorrente da medição de software, definindo assim o objetivo geral deste trabalho, sua justificativa e um resumo da metodologia que foi seguida.

No Capítulo 2 é feito um aprofundamento sobre as abordagens, estratégias e principais técnicas de estimativa existentes para realizar medições de software.

No Capítulo 3 é apresentada uma descrição sucinta sobre o Processo Unificado (UP).

No Capítulo 4 é feita uma descrição sobre o método de Auxílio Multicritério à Decisão (AHP).

No Capítulo 5 é feita uma descrição detalhada da proposta desta dissertação, enfocando todas as etapas e procedimentos realizados para aplicar a metodologia AHP na busca de uma distribuição de esforço associado ao processo de desenvolvimento de software, guiado pelo modelo UP.

No Capítulo 6 é apresentado um estudo de caso que permite visualizar a execução de todos os procedimentos descritos no Capítulo 5, constatando-se assim a viabilidade da aplicação da proposta desta dissertação em uma situação real.

No Capítulo 7 são apresentadas as conclusões da pesquisa, descrevendo suas principais contribuições, limitações e perspectivas para trabalhos futuros.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Este capítulo fornece informações básicas sobre a área de Métricas e Estimativas de Software, tendo como base às observações encontradas na literatura especializada.

2.1 MÉTRICAS DE SOFTWARE

As Métricas de Software surgiram para contribuir na melhoria do processo de engenharia de software, criando uma sistemática de métricas que podem ser usadas e mensuradas, permitindo estimar indicadores como produtividade, qualidade e desempenho financeiro associado ao desenvolvimento de um software.

Quando não se têm indicadores sobre um determinado processo, neste caso o desenvolvimento de software, não se consegue controlá-lo e muito menos introduzir melhorias. Segundo Stefani (2002), “se você não mede, você não pode entender o processo. Se você não entende o processo, você não o controla. Se você não o controla, você não consegue aperfeiçoá-lo”. Assim, “a medição capacita-nos a quantificar e, conseqüentemente, a administrar mais efetivamente” (PRESSMAN, 1995).

Dentre as razões pelas quais um software deve ser medido, vale destacar (HAZAN, 1998):

- Formação de uma linha básica (*baseline*) para as estimativas, possibilitando previsões de tempo, custo e equipe necessária para projetos futuros.
- Avaliação da produtividade da equipe de desenvolvimento.
- Verificação do cumprimento das metas de qualidade.
- Avaliação do impacto do uso de novas ferramentas e métodos no processo de desenvolvimento.
- Organização e aprimoramento da gerência de projetos, contribuindo para uma tomada de decisão mais precisa e embasada por fatos.

Segundo Stefani (2002), a mensuração de projetos requer o emprego de um processo padrão de desenvolvimento de software. Sabe-se que na década de 50 até o início da década de 70, o desenvolvimento de software era feito sem seguir nenhum tipo de metodologia. Os prazos se esgotavam, os custos subiam abruptamente e fazer manutenção no software era um verdadeiro caos. No final da década de 70 e início da década de 80 é que começaram a surgir as primeiras propostas buscando mensurar os softwares desenvolvidos e assim obter medidas quantitativas que permitem avaliar a eficácia de um processo de software e dos projetos conduzidos usando este processo, além de construir uma base histórica de informações para novos projetos (YOURDON, 1990).

Por não se ter uma cultura de utilizar métricas de software, as organizações e pequenas empresas de desenvolvimento ainda sofrem para implantar um programa de métricas. Um dos primeiros passos que devem ser feitos é entender alguns dos conceitos que são usados nesta área, sendo eles (STEFANI, 2002):

- Medida: quantificação de um atributo de projeto. Por exemplo: número de erros descobertos na revisão de um módulo do software.
- Medição: coleta de uma ou mais medidas do projeto.
- Métrica: subentende um conjunto de medidas, ou seja, função de dois ou mais valores de medidas. Por exemplo: média de erros por revisão.
- Indicador: uma medida ou métrica, que pode ser usada como critério de decisão.

Tendo como base estes conceitos e considerando que a mensuração de um software não é uma tarefa trivial, inicialmente busca-se coletar um conjunto limitado de medidas, tais como tamanho, esforço e prazo. A partir destas medidas pode-se obter indicadores para prever a produtividade e a qualidade do software, bem como o custo do processo de desenvolvimento.

Normalmente as estimativas se baseiam em métricas históricas (obtidas a partir de experiências anteriores da equipe), métricas empíricas (dados estatísticos de diferentes equipes), experiência dos profissionais e a capacidade intrínseca do modelo de estimativa utilizado.

2.2 ESTIMATIVA DE CUSTO DO SOFTWARE

Meller (2002, p. 24) relata que uma estimativa é uma avaliação de probabilidade, não espera-se que seja exata, mas precisa o suficiente para ser utilizada como parâmetro nas decisões, considerando obviamente os limites de intervalo de confiança.

Calcular o custo real de um software não é uma tarefa fácil, pois envolve projetar todos os custos envolvidos durante a construção e desenvolvimento do software, incluindo também os custos de instalação, operação e manutenção. Para os gerentes de projetos é de extrema importância se ter uma idéia antecipada de quanto custa para se desenvolver um software e assim ser possível direcionar os investimentos e estipular um preço de venda para o mesmo.

Diversas técnicas foram propostas na busca por uma estimativa de custo de desenvolvimento de software aceitável, sendo que não há um consenso sobre qual delas é a melhor e se adapta melhor a um determinado problema.

Com base na pesquisa realizada e tendo como referência os estudos feitos por Meller (2002), a Tabela 1 apresenta uma análise comparativa entre as principais técnicas de estimativa de custo de desenvolvimento de software, considerando os seguintes critérios:

- Uso comercial das técnicas e volume de pesquisas e publicações existentes em relação a cada uma delas.
- Flexibilidade de se aplicar às técnicas, considerando o uso de ferramentas automatizadas para se desenvolver o software, bem como a linguagem de programação utilizada.
- Flexibilidade de se aplicar às técnicas, independentemente do conhecimento do tamanho do software.
- Consideração da experiência da equipe de desenvolvimento e da complexidade dos algoritmos como fator relevante para as estimativas de custo do software.
- Etapas do desenvolvimento na qual se pode aplicar as técnicas.

Tabela 1. Análise comparativa das principais técnicas de estimativa de custo.

| Técnicas | | Uso comercial, pesquisas e publicações | Independência da linguagem de programação | Utilização de técnicas e ferramentas automatizadas | Consideração da experiência da equipe de desenvolvimento | Complexidade dos algoritmos | Independência do tamanho do projeto | Etapa do desenvolvimento onde podem ser usadas |
|--------------------------------------|---------------------------------|--|---|--|--|---|--|--|
| Julgamento de Especialistas | | Muito utilizada e volume razoável de publicações. | Sim, mas depende do estimador. | Sim, mas depende do estimador. | Sim, mas depende do estimador. | Sim, mas depende do estimador. | Sim | A partir da Análise de Requisitos |
| Analogia | | Pouco utilizada e poucas publicações. | Não, mas depende do estimador. | Não | Sim, mas depende do estimador. | Sim, mas depende do estimador. | Sim | A partir da Análise de Requisitos. |
| Modelos Paramétricos ou Algorítmicos | Linhas de Código | Muito utilizada e poucas publicações. | Não | Não, mas o uso pode interferir nos resultados. | Não, mas este fator pode interferir nos resultados. | Não, mas este fator pode interferir nos resultados. | Sim | A partir do Projeto. |
| | Modelo de Estimativa de Putnam | Pouco utilizada e poucas publicações. | Não | Sim | Não, mas este fator pode interferir nos resultados. | Não, mas este fator pode interferir nos resultados. | Não se adapta bem a projetos de pequeno porte. | A partir do Projeto. |
| | COCOMO | Razoavelmente utilizado e bom volume de publicações. | Não | Sim, exceto no COCOMO básico. | Sim, exceto no COCOMO básico. | Sim, exceto no COCOMO básico. | Sim | A partir do Projeto. |
| | Pontos de Função | Muito utilizada e muitas publicações | Sim | Não | Não | Não | Sim | A partir do Projeto. |
| | Pontos de Particularidade | Poucas publicações. | Sim | Não | Não | Sim | Sim | A partir do Projeto. |
| | Ciência do Software de Halstead | Poucas publicações. | Não | Não, mas o uso pode interferir nos resultados. | Não, mas o uso pode interferir nos resultados. | Sim, mas implicitamente. | Sim | A partir do Projeto. |
| | Número Ciclômático de McCabe | Poucas publicações. | Não | Não, mas o uso pode interferir nos resultados. | Não, mas este fator pode interferir nos resultados. | Sim, mas implicitamente. | Sim | A partir do Projeto. |

Fonte: adaptado de MELLER, 2002.

Focando apenas os Modelos Paramétricos mais usados, a Tabela 2 apresenta uma comparação envolvendo algumas estimativas que se pode obter em cada um dos modelos.

Tabela 2. Comparação dos Modelos Paramétricos mais usados.

| Características | Modelos | COCOMO | Putnam | Pontos de Função |
|-----------------------------|---------|--------|--------|------------------|
| Esforço de Desenvolvimento | | Sim | Sim | Sim |
| Esforço de Manutenção | | Sim | Não | Sim |
| Prazo | | Sim | Sim | Sim |
| Tamanho da Equipe | | Sim | Não | Sim |
| Esforço por fase do projeto | | Sim | Não | Não |
| Prazo por fase do projeto | | Sim | Não | Não |
| Equipe por fase do projeto | | Sim | Não | Não |
| Produtividade | | Não | Não | Sim |

Fonte: TANAKA, 1997.

Moreira Filho (1999) sugere o uso de mais de uma técnica para validar as estimativas obtidas, a partir da comparação de resultados. Aguiar (2002) ressalta que para fazer a seleção de uma destas técnicas deve-se considerar questões como a disponibilidade de dados

históricos e o nível de entendimento das fórmulas matemáticas utilizadas em algumas delas para, assim, compreender e poder analisar os resultados. Ele ainda cita que caso a empresa não tenha uma tradição de medição de projetos é recomendado o uso dos modelos paramétricos.

As empresas podem também contar com uma série de ferramentas disponíveis no mercado que automatizam a aplicação das métricas de software, a partir da implementação de algumas das técnicas de estimativa citadas anteriormente. A Tabela 3 apresenta exemplos de ferramentas, destacando algumas características e indicando onde as mesmas podem ser obtidas.

Tabela 3. Ferramentas de Estimativa de Custo de Software.

| Ferramenta | Característica |
|--------------------------------------|---|
| COSTAR | <ul style="list-style-type: none"> Desenvolvido pela <i>Software Systems</i>. Baseado no modelo COCOMO, tem como função estimar a esforço (pessoas), duração, custos do projeto, a partir da interligação de tarefas e pessoas. Disponível em http://www.softstarsystems.com. |
| CALICO | <ul style="list-style-type: none"> Desenvolvido pela <i>Software Systems</i>. Baseado no modelo COCOMO, permite realizar calibrações nas equações deste modelo, calculando as equações consideradas ótimas de esforço e duração para um projeto em questão. Disponível em http://www.softstarsystems.com. |
| USC-COCOMO II | <ul style="list-style-type: none"> Desenvolvido pela <i>University of Southern California (USC)</i>. Ferramenta gratuita baseado no modelo COCOMO, permite estimar esforço, duração e custo. Disponível em http://sunset.usc.edu/research/COCOMOII/index.html |
| COST XPERT | <ul style="list-style-type: none"> Desenvolvido pela <i>Marotz Inc</i>. Baseado principalmente no modelo COCOMO II, permite estimar esforço, duração e custo. Fornece também a possibilidade de se refinar as estimativas, considerando alguns fatores. Disponível em http://www.costxpert.com ou www.marotx.com |
| GOMETRICS | <ul style="list-style-type: none"> Desenvolvido pelos alunos da Universidade do Vale do Itajaí em conjunto com a Universidade Federal de Santa Catarina Baseado na técnica de Pontos por Função, esta ferramenta propõe integrar o gerenciamento de projetos e métricas de software. Permite estimar o esforço, tamanho e custo de projetos. Disponível em http://www.inf.univali.br/~gometrics/ |
| SLIM (Software Lifecycle Management) | <ul style="list-style-type: none"> Desenvolvido pela <i>Quantitative Software Management, Inc (QSM)</i>. Baseado no modelo de Putnam, permite interpretar dados históricos, estimar esforço, prazo e custo de projetos usando programação linear e técnica PERT. É um pacote de basicamente 3 ferramentas: o Slim Control, o Slim Estimate e o Slim Metrics, que foram desenvolvidos para apoiar o desenvolvedor em todos os estágios da produção do software. Disponível em www.qsm.com |
| KNOWLEDGEPLAN | <ul style="list-style-type: none"> Desenvolvido pela <i>Software Productivity Research</i>. Estima o esforço de forma limitada, realizando refinamentos através de perguntas ao usuário e a partir de dados históricos. Permite também o intercâmbio de dados com outras ferramentas, como o MS Project. Disponível em www.spr.com |
| DECPLAN | <ul style="list-style-type: none"> Desenvolvida pela <i>Digital Equipment Corporation</i> É uma ferramenta para apoio e planejamento de projetos, controle e análise de custo e prazos, dispondo de um conjunto de relatórios tanto na forma |

| | |
|--|--|
| | textual quanto na gráfica. |
| PRICE SYSTEMS | <ul style="list-style-type: none"> • Oferece suporte a gerência de projetos. • Disponível em www.pricesystems.com |
| CA - ESTIMACS | <ul style="list-style-type: none"> • Desenvolvido pela <i>Computer Associates International Inc</i> • Provê estimativas rápidas e precisas (margem de 15 %) de esforço, prazo, custo e demanda de pessoal para manutenção e desenvolvimento de novos projetos, baseado em pontos de função. • Disponível em http://ca.com/products/estimacs.htm |
| SCEP (Software Cost Estimation Program) | <ul style="list-style-type: none"> • Desenvolvido pela <i>Microsoft</i> • Baseado no Modelo COCOMO |
| Views Artemis | <ul style="list-style-type: none"> • Desenvolvida pela <i>Ártemis Management Systems</i>. • Suíte de ferramentas de gerenciamento e planejamento de projetos. • Disponível em www.kconsultex.com.br |
| SPQR/20 | <ul style="list-style-type: none"> • Desenvolvido pela <i>Software Productivity Research</i>. • Modelo próprio baseado num conjunto de perguntas de múltipla escolha sobre o tipo de projeto, escopo, metas, documentação, complexidade dos algoritmos, etc. Permite estimar tamanho, custo, esforço, entre outros. |

É importante observar que apenas o uso de ferramentas e técnicas de estimativa não é suficiente para a eficiência da aplicação de métricas de software no processo de desenvolvimento. Deve-se também considerar o processo no qual o software está sendo desenvolvido e as atividades necessárias para a efetiva implantação de um programa de métricas.

2.3 MODELOS DE PROCESSO DE SOFTWARE

De uma forma geral o processo de desenvolvimento de software pode ser visto como um conjunto de passos parcialmente ordenados onde se define: o ciclo de vida do software, os métodos que serão utilizados, as ferramentas que darão suporte a estes métodos, os artefatos que serão produzidos, os recursos que serão consumidos e as restrições impostas.

Observando a Tabela 1 pode-se perceber que, com exceção das técnicas de Julgamento de Especialistas e de Analogia, as demais técnicas só podem ser aplicadas após a fase de análise e levantamento de requisitos, sendo esta a base para a realização das estimativas. Logo, é importante destacar quais modelos de processo de software existem e qual deles atualmente adequasse melhor ao ritmo exigido pelo mercado.

Modelos de Processo de Software – “também conhecidos como ciclo de vida, plano de projeto ou metodologia de desenvolvimento de sistemas” (YOURDON, 1990) - descrevem as etapas do processo de desenvolvimento de softwares e quais atividades devem ser realizadas em cada etapa (PRESSMAN, 1995).

Inicialmente, o desenvolvimento de software era feito em pequena escala e com equipes pequenas sem seguir nenhum tipo de metodologia ou técnica de desenvolvimento, de maneira bem informal. Com o tempo, o aumento da complexidade e tamanho do software fizeram surgir algumas propostas de ciclo de vida levando em consideração o desenvolvimento em grande escala e com grande número de *stakeholders*², inserindo assim um certo formalismo a este processo.

Segundo Yourdon (1990), o ciclo de vida veio para auxiliar os gerentes de projetos a organizar melhor as atividades do processo de desenvolvimento, “tornando mais provável que os problemas sejam atacados no momento apropriado”.

Uma das primeiras propostas de modelo de processo de software foi o Modelo em Cascata, também conhecido como ciclo de vida Clássico ou Modelo Linear Seqüencial (PRESSMAN, 1995). Este modelo inclui tipicamente as etapas apresentadas na Figura 1, onde as mesmas são executadas sistematicamente de forma seqüencial.

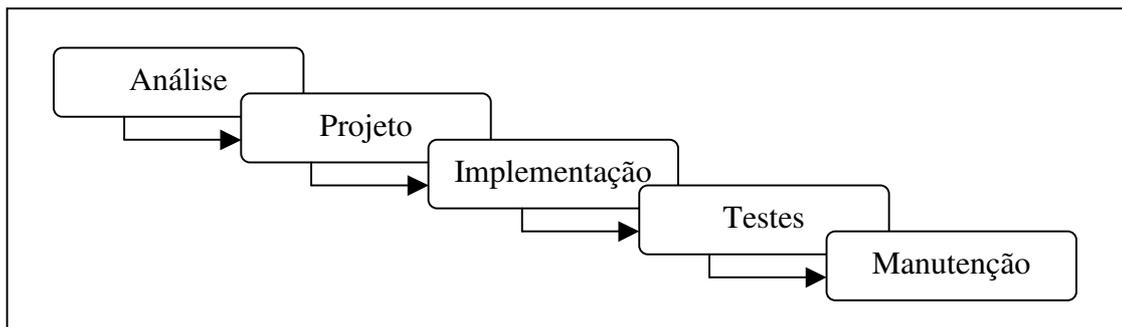


Figura 1. Modelo em Cascata (*Waterfall Model*) (fonte: adaptado de BARROS, 2003).

Segundo Yourdon (1990), o modelo em Cascata baseia-se em técnicas ultrapassadas e por apresentar uma abordagem sistemática e seqüencial ao desenvolvimento de software, o cliente acaba esperando muito tempo para ver algum resultado concreto do software. Este modelo impulsionou os estudos na tentativa de atender melhor as expectativas do cliente e contribuiu na determinação de etapas genéricas a serem executadas no desenvolvimento de software, servindo como base para os demais modelos que surgiram.

O modelo de Prototipação surgiu com a proposta de desenvolver softwares de forma gradativa, dando origem aos modelos de processo de software Iterativos, onde protótipos do software são desenvolvidos e avaliados pelos usuários, clientes e desenvolvedores, permitindo que defeitos e omissões sejam detectados mais cedo e antecipadamente corrigidos no processo

² *Stakeholders* são todas as pessoas que interagem de alguma forma com o software em desenvolvimento.

de desenvolvimento do software, sendo esta uma das principais vantagens deste modelo em relação ao modelo em Cascata. A Figura 2 ilustra a seqüência de etapas que este modelo pode ter. Este modelo pode ser bem eficiente desde que acha regras bem claras e comprometimento do cliente e desenvolvedor com a qualidade e manutenibilidade do software em desenvolvimento (PRESSMAN, 1995).

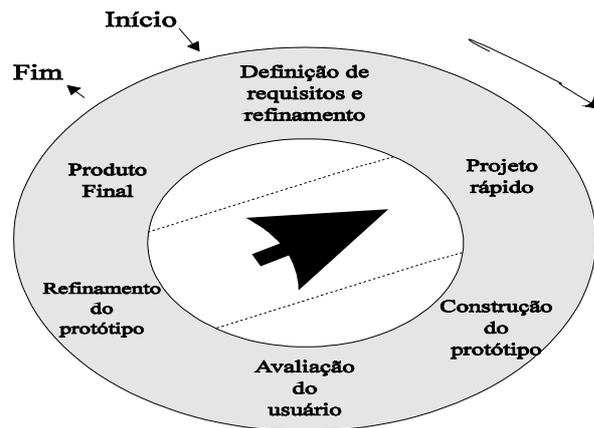


Figura 2. Modelo de Prototipação (fonte: adaptado de PRESSMAN, 1995).

Ainda na categoria dos modelos Iterativos tem-se o modelo RAD (*Rapid Application Development*), que busca minimizar o tempo de desenvolvimento, sendo apropriado para casos onde os requisitos do projeto são bem definidos. Faz uso de técnicas de geração de código de 4ª geração (4GT), onde módulos são desenvolvidos por um RAD *team* e depois integrados. Seu uso não é apropriado para sistemas muito grandes, onde a performance e manutenção são uma questão crítica e quando os riscos técnicos (como o uso de tecnologia nova) são altos.

Na busca por um paradigma que englobasse as melhores características do modelo em Cascata e dos modelos Iterativos surge a proposta dos modelos Evolutivos. Estes modelos se caracterizam por uma série de produtos desenvolvidos em seqüência, cada vez mais complexos e mais próximos do produto final desejado (XEXÉO, 2002). Buscam acomodar a natureza evolutiva do software, respeitando o fato de que os requisitos podem mudar ao longo do processo de desenvolvimento.

Nesta categoria de modelos Evolutivos tem-se o modelo Espiral que define quatro importantes atividades (Figura 3), sendo elas: planejamento, análise de riscos, engenharia e avaliação do cliente. Este modelo também apresenta uma abordagem iterativa, onde a cada volta no espiral (iterações do desenvolvimento) as atividades podem ser executadas com

maior ou menor intensidade sobre determinados artefatos do software, capacitando o desenvolvedor e o cliente a entender e reagir aos riscos em cada etapa evolutiva. Segundo Pressman (1995), este modelo apresenta-se mais adequado a realidade de desenvolvimento de software.

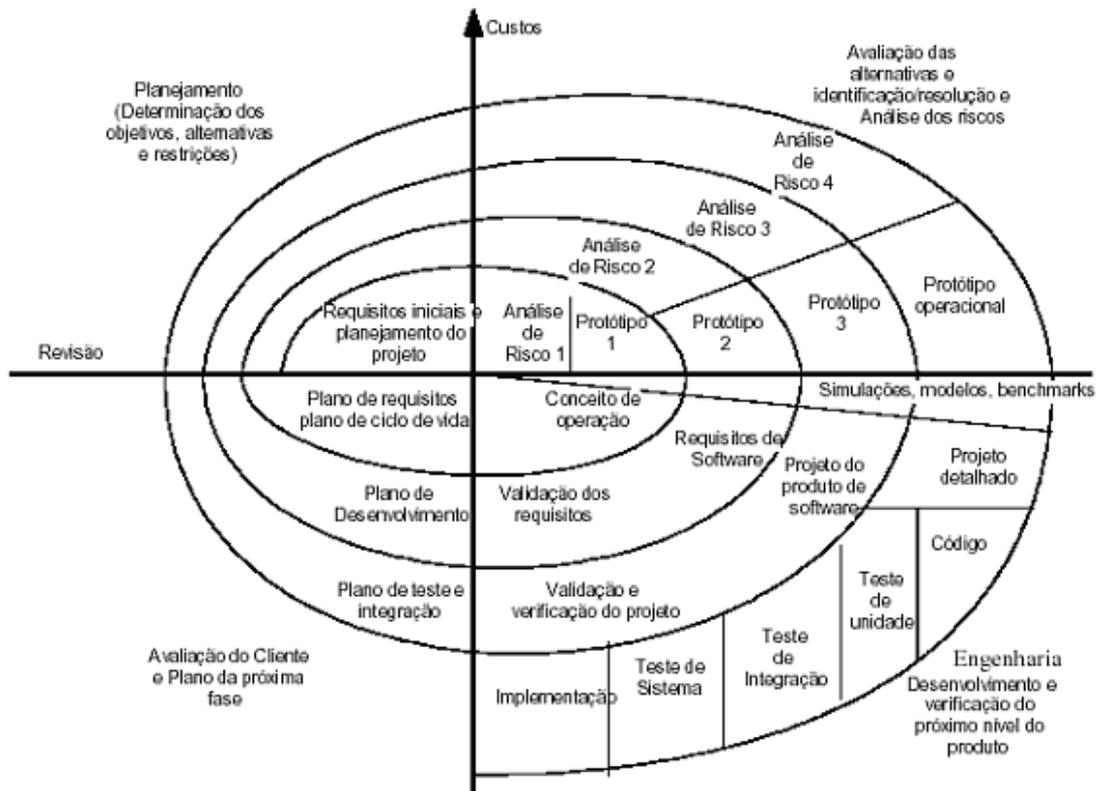


Figura 3. Modelo Espiral.

Seguindo ainda as evoluções nos modelos de processo Evolutivo e buscando cada vez mais satisfazer as expectativas do cliente, surge o modelo Incremental, muito parecido com o modelo Espiral. Segundo Xexéo (2002), o modelo Espiral se diferencia deste modelo, pois os produtos de cada ciclo não são sub-sistemas do software original, “mas produtos específicos do projeto, como testes de viabilidade e definição da interface com o usuário”.

O modelo Incremental leva em consideração que nem todas as exigências são conhecidas no início do ciclo de vida de um software e os requisitos podem mudar durante o desenvolvimento do software. Este modelo pode ser visto como um modelo em Cascata iterativo, onde cada iteração abrange todas as etapas do desenvolvimento, sendo considerado um processo “mini-Cascata” (Figura 4) e os incrementos referem-se as evoluções do software (BEZERRA, 2003). Por ser iterativo permite a criação de versões executáveis do software previamente testados e validados, reduzindo que riscos mais significativos sejam encontrados

numa etapa avançada do desenvolvimento. E por ser incremental permite que cada nova versão incorpore os aprimoramentos incrementais das versões anteriores promovendo a evolução gradual do software (QUATRANI, 2001).

Existem vários modelos de processo de software que se baseiam nesta abordagem incremental e interativa. Dentre eles, vale destacar: OPEN, UP, Scrum, RUP e XP. Neste trabalho, optou-se por seguir o modelo UP (*Unified Process*) como metodologia de desenvolvimento de software, sendo este apresentado em detalhes no próximo capítulo.

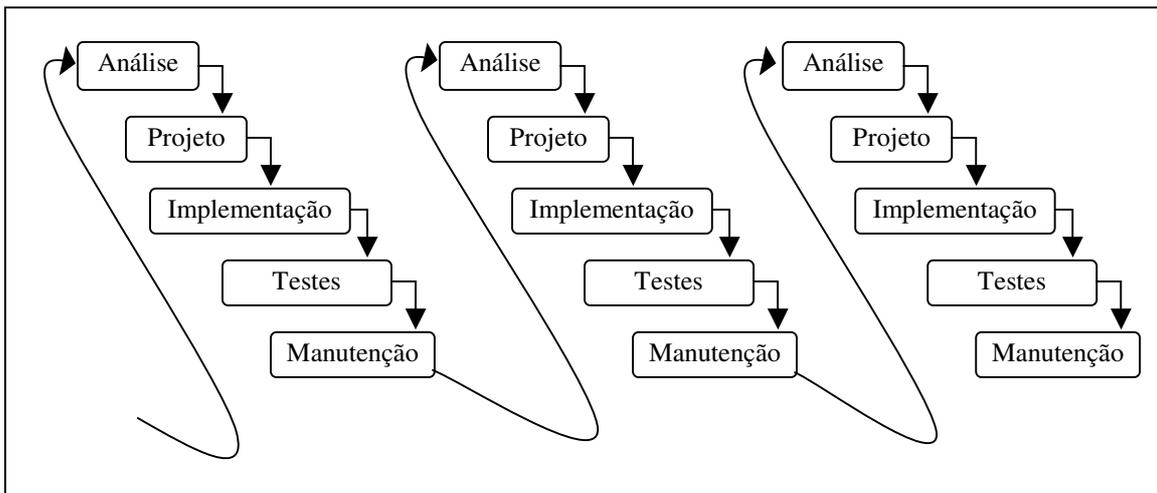


Figura 4. Visão “mini-Cascata” do Modelo Incremental (fonte: BARROS, 2003).

É importante ressaltar que devido à proliferação de diferentes ambientes de desenvolvimento e gerenciamento de software, agregados a outros fatores, foi lançado em 1995 a Norma ISO/IEC 12207 – Processos de Ciclo de Vida de Software, que define um padrão comum e uniforme ao processo de desenvolvimento de software.

Segundo Machado *et al.* (1996), esta norma é flexível, podendo ser adaptada as tecnologias de software em rápida evolução, fornecendo uma estrutura dentro da qual os processos e atividades básicas possam ser “judiciosamente” selecionados, planejados e executados, ficando a cargo do usuário da norma selecionar e adaptar os processos de forma a atender sua necessidade, tendo apenas a recomendação de que tal adaptação preserve a arquitetura, intenção e integridade da norma. Machado *et al.* (*ibid.*) cita ainda que existe uma comissão da ABNT que trata da divulgação e adaptação desta norma internacional para a realidade brasileira.

Conforme pesquisa feita pela Secretaria de Política de Informática do Ministério da Ciência e Tecnologia (MCT/SEPIN) entre as empresas que desenvolvem ou distribuem

software, poucas tem conhecimento da existência ou fazem uso efetivo desta norma, como se pode constatar pelos dados desta pesquisa apresentados na Tabela 4.

Tabela 4. Conhecimento da Norma ISO/IEC 12207.

| Categoria \ Ano | 1997 | 1999 | 2001 |
|----------------------------|------|------|------|
| | (%) | (%) | (%) |
| Conhecem e usam. | 0,8 | 3,6 | 3,9 |
| Conhecem e começam a usar. | 4,6 | 11,9 | 8,3 |
| Conhecem, mas não usam. | 19,6 | 27,2 | 55,1 |
| Não conhecem. | 75,0 | 57,3 | 32,7 |

Fonte: OLIVEIRA, 2003.

A escolha pelo modelo de processo de desenvolvimento de software a ser adotado depende da complexidade associada ao domínio da aplicação, bem como a maturidade da organização e disponibilidade de recursos. Segundo Santander (2000), as empresas devem procurar adaptar os processos de desenvolvimento definidos na literatura as suas próprias necessidades e particularidades, escolhendo o modelo que mais se enquadra com seus objetivos.

A definição do modelo de processo de desenvolvimento a ser seguido é o ponto de partida para a escolha da metodologia de medição mais adequada a ser implantada para a coleta das métricas do software a ser desenvolvido.

2.4 CATEGORIAS DE MÉTRICAS

As métricas são medidas quantitativas que permitem avaliar a eficácia do processo de software e dos projetos conduzidos usando este processo (YOURDON, 1990). Segundo Pressman (1995) “o processo é medido, num esforço para melhorá-lo. O produto é medido, num esforço para aumentar sua qualidade”.

É importante diferenciar alguns conceitos relacionados à área de Engenharia de Software, sendo eles:

- Produto: é o software propriamente dito.
- Processo: conjunto de atividades e tarefas inter-relacionadas para desenvolver o produto.
- Projeto: engloba o planejamento e gerenciamento do processo de desenvolvimento, de modo a tornar o produto uma realidade.

O gerente de projeto deve delimitar o escopo das métricas que se deseja coletar, considerando quais são as métricas mais adequadas ao modelo de processo de software adotado e ao produto a ser desenvolvido. As métricas e estimativas não visam solucionar todos os problemas do processo de desenvolvimento, mas permitem coletar medidas significativas para desenvolver uma série de métricas e obter indicadores que permitam aprimorar e ter um melhor entendimento do processo, do projeto e do produto.

Devido a ampla variedade de métricas de software propostas na literatura, medindo aspectos diferentes do software, as mesmas foram divididas em categorias. A diversidade existente de métricas de software permite que o gerente de projeto considere os aspectos mais relevantes a serem medidos no software.

De uma forma geral as métricas de software, assim como as métricas do mundo físico, dividem-se em duas categorias (PRESSMAN, 1995): medidas diretas e medidas indiretas. As medidas diretas são as mais fáceis de serem coletadas, podendo ser extraídas tanto do processo, quanto do produto. As medidas indiretas são mais difíceis de serem levantadas, pois são avaliadas ao longo da vida útil do software, podendo ser extraídas principalmente do produto.

Segundo Pressman (1995), as medidas diretas do processo incluem o custo e o esforço aplicado no desenvolvimento do software, ou seja, tempo gasto na produção. As medidas diretas do produto incluem número de linhas de código produzidas, velocidade de execução de uma tarefa do software, tamanho da memória ocupada pelo software e número de defeitos registrados em um dado intervalo de tempo. As medidas indiretas do produto incluem as características operacionais (conjunto de funcionalidades do produto), complexidade e todos os fatores relacionados a qualidade do produto (corretitude, confiabilidade, integridade, entre outros).

Pressman (*ibid*) cita ainda que o domínio das métricas também pode ser classificado em mais categorias. Uma segunda forma de classificação das métricas envolvem as seguintes categorias: métricas de produtividade, métricas de qualidade e métricas técnicas.

As métricas de produtividade são métricas direcionadas principalmente ao processo, medindo o “resultado do desenvolvimento de software como uma função do esforço aplicado” (PRESSMAN, 1995).

As métricas de qualidade podem ser medidas ao longo do processo de desenvolvimento e após a entrega do software ao cliente. As métricas derivadas durante o

desenvolvimento permitem gerar uma base quantitativa para se tomar decisões referentes ao projeto, incluindo complexidade e tamanho do software. As métricas coletadas após a entrega do software concentram-se em apurar o número de defeitos e manutenibilidade, oferecendo indicações de como o software adequasse as exigências implícitas e explícitas do cliente.

As métricas técnicas concentram-se nas características técnicas do produto, tais como complexidade lógica e grau de modularidade.

Considerando que o objetivo desta dissertação é apresentar uma proposta de estimar a distribuição de esforço consumido no processo de desenvolvimento, serão enfatizadas as técnicas mais usadas para se obter medidas na fase de desenvolvimento do software.

As métricas de produtividade e de qualidade, bem como outras métricas, podem ser obtidas a partir da terceira forma de classificação das métricas, que envolvem as seguintes categorias: métricas orientadas ao tamanho e métricas orientadas a função.

As métricas orientadas ao tamanho são derivadas das medidas diretas do software e do processo através do qual ele é produzido. A partir dos dados brutos de um projeto, um conjunto de métricas pode ser desenvolvido, tendo como medida-chave a quantidade de linhas de código (*lines of code*, LOC). Como exemplo das métricas orientadas ao tamanho tem-se:

- Produtividade = KLOC (milhares de linhas de código) / pessoa-mês.
- Qualidade = Erros / KLOC.
- Custo = \$ / LOC (ou KLOC).

Segundo Pressman (1995), as métricas orientadas ao tamanho provocam controvérsias e não são aceitas como a melhor forma de se obter medidas do processo de desenvolvimento. Grande parte das controvérsias é em relação ao uso de linhas de código como medida-chave, onde muitos afirmam que:

- as linhas de código são dependentes da linguagem de programação utilizada;
- penalizam programas bem projetados, mas pequenos. Sendo estes classificados como improdutivos;
- não se adaptam a linguagens não procedimentais e modelos de processo de software, tais como o modelo RAD;
- pode ser uma medida do que foi produzido e não uma medida a ser utilizada para estimativas.

Nesta categoria enquadram-se as seguintes técnicas de estimativa: Linhas de Código, Modelo de Putman e COCOMO.

As métricas orientadas a função são derivadas de medidas indiretas do software e do processo, concentrando-se na funcionalidade e utilidade do software. Visam determinar o tamanho funcional do software com base na funcionalidade entregue ao usuário, independentemente do modelo de processo de desenvolvimento, plataforma ou linguagem de programação.

O tamanho funcional é uma medida do tamanho do software, baseada em uma avaliação padronizada dos requisitos lógicos dos usuários. Tendo-se o tamanho funcional do software, um conjunto de métricas pode ser derivado, tais como: produtividade, qualidade, custo, entre outras.

As métricas orientadas a função oferecem uma medida padronizada do tamanho funcional do software e, juntamente com outras medidas, podem ilustrar vários aspectos do processo de desenvolvimento, de modo a ensejar melhorias (DEKKERS, 1999).

Nesta categoria enquadram-se as seguintes técnicas de estimativa: Pontos de Função e suas extensões (Pontos de Função Mark II, Pontos de Função 3D e Pontos de Particularidade).

Muitas outras categorias de métricas foram desenvolvidas para apreciar outros aspectos do produto e do processo de desenvolvimento, bem como para atender aos novos paradigmas de desenvolvimento de software criados ao longo dos anos, como é o caso do paradigma da orientação a objetos.

Para se adotar com sucesso uma metodologia de medição alguns princípios devem ser seguidos:

- As medições devem ser usadas para medir o processo e não as pessoas.
- As medições devem ter objetivos claros e bem-definidos para gerar indicadores úteis à tomada de decisão.
- A coleta de dados deve ser simples e ferramentas automatizadas para a tabulação dos dados e geração dos resultados devem ser usadas.

Com a escolha e implantação adequada de uma metodologia de medição, os gerentes de projeto poderão avaliar melhor a produtividade do processo de desenvolvimento e estimar melhor o tempo e o custo associado a cada processo.

3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA: PROCESSO UNIFICADO (UP)

Este capítulo apresenta as principais características e princípios do processo de desenvolvimento UP (*Unified Process*).

3.1 PROCESSO UNIFICADO (UP)

“Um processo é um conjunto de passos que define *quem* está fazendo o *que*, *quando* e *como* para alcançar determinado objetivo” (JACOBSON, 1999).

Na área de Engenharia de Software, com o aumento da complexidade e tamanho dos softwares nos últimos anos é de fundamental importância que o processo de desenvolvimento utilizado seja bem definido, consistente e gerenciável (SANTANDER, 2000). Dentre as abordagens para o desenvolvimento de software, o Processo Unificado (UP) abrange algumas das melhores práticas atuais de desenvolvimento, adaptando-se com facilidade a uma ampla variedade de projetos e empresas (SEABRA, 2001).

O UP foi idealizado por Grady Booch, James Rumbaugh e Ivar Jacobson na década de 90, sendo estes autores bastante familiarizados com as práticas de desenvolvimento de software, tanto na área acadêmica como industrial (SANTANDER, 2000).

De acordo com Jacobson *et al.* (1999), o propósito do UP, assim como de qualquer outro processo de desenvolvimento, é determinar um conjunto de atividades necessárias para transformar os requisitos do usuário em um software e suas principais características são:

- Promover o desenvolvimento seguindo o modelo iterativo e incremental, prevendo um crescimento gradativo ao sistema e contribuindo para a redução dos riscos do projeto;

- Utilizar a UML³ (*Unified Modeling Language*) na modelagem dos artefatos de software produzidos ao longo do processo de desenvolvimento;
- É direcionado por casos de uso, objetivando manter a ligação desde os requisitos até os testes;
- É centrado na arquitetura, visando o projeto como um todo e prevendo futuras evoluções para o mesmo.

Estas características constituem os princípios básicos do UP, sendo algumas delas detalhadas na próxima seção.

Além destas características, outro fator que contribuiu para a ampla disseminação do UP na área da Engenharia de Software é o fato deste ter sido instanciado na forma de um processo comercial da *Rational Corporation* definido como *Rational Unified Process* (RUP), o qual vem sendo usado por diversas empresas no mercado mundial.

3.2 PRINCÍPIOS DO UP

O UP, bem como o RUP, foi concebido tomando como base três princípios fundamentais: direcionado a casos de uso; centrado na arquitetura; iterativo e incremental. A seguir abordam-se estes três princípios do UP.

a) Direcionado a Casos de Uso

Conforme Seabra (2001), um processo direcionado por casos de uso faz com que um sistema seja desenvolvido sob a perspectiva de atender às necessidades dos *stakeholders*, passando por uma série de fluxos de trabalho que derivam dos casos de uso.

“Um caso de uso é uma seqüência de ações de um sistema que devolve ao usuário um resultado de valor” (SEABRA, 2001). Os casos de uso são à base de todo o processo de desenvolvimento, sendo utilizados para capturar e definir os requisitos funcionais do sistema. Baseado no modelo de casos de uso, os desenvolvedores criam uma série de modelos de análise, projeto e implementação que realizam no sistema as funcionalidades dos casos de uso, sendo evidenciados e aprimorados durante todo o ciclo de vida do UP.

³ UML é uma linguagem de modelagem usada para expressar graficamente as fases de um sistema.

Os casos de uso também são utilizados para projetar casos de teste, de forma a verificar se os componentes implementam corretamente as funcionalidades descritas e definidas nos casos de uso. Desta forma, os casos de uso não somente iniciam o processo de desenvolvimento, mas também o mantêm coeso até sua conclusão.

b) Centrado na arquitetura

Segundo Seabra (2001), a arquitetura é uma visão de projeto de sistema como um todo, destacando os aspectos estáticos (organização do processo em termos de atividades, artefatos, fluxos de trabalho e papéis) e aspectos dinâmicos (desenrolar do processo como o tempo: ciclos, fases, iterações e marcos) mais significantes do sistema.

Assim, a arquitetura de um sistema deve ser projetada permitindo que o sistema evolua, não apenas durante seu desenvolvimento, mas também através de futuras mudanças. Para alcançar este objetivo, os arquitetos devem trabalhar com as funções-chaves de um sistema, ou seja, os principais casos de uso de um sistema. A relação existente entre casos de uso e arquitetura é que os casos de uso estão ligados à funcionalidade de um sistema e a arquitetura está ligada ao ambiente para a realização de todos os requisitos dos casos de uso, sendo influenciado por muitos fatores, tais como a plataforma na qual o software será implementado, os blocos de construção reutilizáveis, requisitos não-funcionais e outros.

É importante que os casos de uso e a arquitetura sejam desenvolvidos em paralelo, pois a medida que os casos de uso são especificados e amadurecidos, mais detalhes da arquitetura são descobertos (MARTINS, 1999).

c) Iterativo e Incremental

Segundo Martins (1999), o desenvolvimento de um software é uma tarefa que pode se estender por vários meses, sendo atualmente natural dividir o trabalho em mini-projetos, que correspondem a uma iteração e que resultam em um incremento do software.

Em cada iteração, o desenvolvedor deve identificar e selecionar um grupo de casos de uso, criar um projeto utilizando a arquitetura escolhida, implementar este projeto em componentes e verificar se os componentes satisfazem os casos de uso. Se a iteração atinge seu objetivo, o desenvolvedor deve prosseguir para a próxima iteração; caso contrário, deve-

se rever as decisões feitas e tentar uma nova abordagem. Para serem mais efetivas, as iterações devem ser controladas, ou seja, devem ser executadas de modo planejado.

De acordo com Santander (2000), em um processo iterativo e incremental, os usuários e demais *stakeholders* acompanham e participam de cada iteração no desenvolvimento do software. Tal integração permite que mudanças ou adaptações necessárias ao software sejam mais facilmente acomodadas e problemas mais críticos possam ser descobertos em iterações e fases iniciais do desenvolvimento.

Outro aspecto positivo da abordagem iterativa é que a mesma é orientada a riscos, onde em cada iteração os riscos de desenvolvimento são avaliados e decisões podem ser tomadas, permitindo um controle gradual dos riscos durante a evolução do sistema.

3.3 CICLO DE VIDA DO UP

Conforme Martins (1999), o UP consiste da repetição de uma série de ciclos durante o desenvolvimento de um sistema. Cada ciclo é composto por quatro fases:

- **Concepção:** fase de compreensão do problema e da tecnologia através da definição dos casos de uso (*use cases*) mais críticos. Nesta fase deve-se definir o escopo do produto, os riscos e demonstrar que o projeto é viável do ponto de vista do negócio da organização.
- **Elaboração:** fase de análise do domínio do problema na qual os requisitos que mais impactam na arquitetura do software são capturados e detalhados em forma de *use case*. Tanto os requisitos funcionais como os requisitos não-funcionais devem ser definidos, de modo a estabelecer a arquitetura base do software.
- **Construção:** fase na qual o software é construído com base na arquitetura definida e preparado para a transição para os usuários. Além do código, propriamente dito, também são produzidos os casos de testes e a documentação.
- **Transição:** fase de transição do produto para utilização e treinamento dos usuários. Nesta fase não há desenvolvimento direcionado a acrescentar funcionalidade no software, a não ser que seja absolutamente essencial. O foco do desenvolvimento é direcionado a realização de ajustes e correção de possíveis erros (*bugs*) não detectados na fase anterior, tendo como base o *feedback* dos usuários.

Estas fases também são denominadas de marcos de referência no desenvolvimento, sendo que cada uma possui alguns objetivos e conteúdos associados (SANTANDER, 2000).

Cada uma das fases é subdividida em iterações compostas por 5 *workflows* (disciplinas/fluxos de trabalho), sendo eles:

- Requisitos: objetiva capturar os requisitos que serão atendidos pelo produto de software, buscando-se o entendimento e delimitação do escopo do produto.
- Análise e Projeto: objetiva compreender mais precisamente os *use cases* definidos no *workflow* de requisitos, produzindo um modelo já voltado para a implementação.
- Implementação: objetiva a organização do código em termos de implementação dos subsistemas, implementa as classes e objetos em termos de componentes, testa os componentes em termos de unidade e integra os códigos produzidos.
- Teste: objetiva analisar, através de testes, se os requisitos foram atendidos e que os defeitos serão removidos antes da implantação.
- Implantação: destina-se a disponibilizar o software ao usuário final, incluindo as atividades de instalação, treinamento e suporte técnico.

De acordo com Azevedo (2003), cada *workflow* é responsável por gerar seus respectivos artefatos através de um conjunto de atividades, onde cada artefato corresponde a uma documentação ou objeto de valor a ser criado no desenvolvimento.

Por ser iterativo, cada fase percorre, com uma maior ou menor ênfase, todo o conjunto de *workflows*. Por ser incremental, cada iteração atualiza os artefatos gerados nas iterações anteriores.

A Figura 5, conhecida como “Gráfico das Baleias”, apresenta o ciclo de vida do UP e seus principais conceitos. No eixo horizontal tem-se a dimensão dinâmica do processo, representando o tempo e mostrando os aspectos do ciclo de vida do UP (fases, iterações e marcos). No eixo vertical tem-se a dimensão estática do processo, representando as etapas, que agrupam as atividades, artefatos e papéis de maneira lógica.

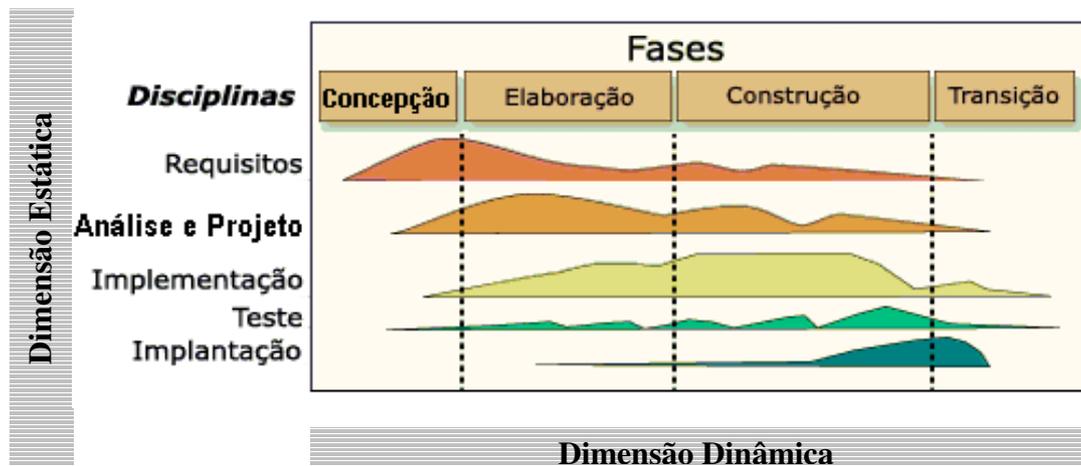


Figura 5. Ciclo de Vida do UP (fonte: adaptado de JACOBSON, 1999).

O UP também apresenta mais três *workflows* (disciplinas) direcionadas ao suporte, sendo eles: gestão de configuração, gestão de projeto e ambiente. Estes *workflows* não serão enfatizadas, pois extrapolam o contexto desta dissertação.

3.4 ADERÊNCIA A NORMA ISO/IEC 12207

De acordo com Calsavara *et al.* (2000), a cada dia surgem novos paradigmas e ferramentas de desenvolvimento pregando ser a solução definitiva para os problemas de projetos de software.

Como citado no Capítulo 2, a Norma ISO/IEC 12207 tem como objetivo fornecer uma estrutura comum para o desenvolvimento de software, composta por um conjunto de processos, atividades e tarefas que podem ser adaptadas de acordo com os projetos de software. Conforme Calsavara *et al.* (*ibid.*), adotar um processo de desenvolvimento, tal como o UP, não é suficiente para uma organização que deseja estar de acordo com a norma e, conseqüentemente, implantar um programa de melhoria contínua de seus processos de software. Na análise feita por este autor sobre a aderência da instanciação do UP (processo RUP) à esta Norma, muitos processos ou são parcialmente atendidos ou não são sequer tratados. O grupo *Rational* mostrou interesse em suprir estas ausências, sendo uma questão de tempo para que os processos ausentes sejam incorporados ao RUP, tornando-o um produto apto a implementar esta norma e facilitando a implantação da norma para as empresas, uma vez que, além dos processos já definidos, também provê métodos e ferramentas.

4 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA: MÉTODO DE ANÁLISE HIERÁRQUICA (AHP)

Este capítulo apresenta o método de apoio multicritério à decisão AHP (*Analytic Hierarchy Process*).

4.1 MÉTODO DE ANÁLISE HIERÁRQUICA (AHP)

Segundo Gomes (1998), na década de 70 pesquisadores e usuários da Pesquisa Operacional perceberam que as decisões no mundo real consideram múltiplos critérios de decisão, alguns deles conflitantes. Em decorrência disso e para atender a necessidade das empresas e indivíduos em tomar decisões diante de situações consideradas complicadas surge os Métodos de Apoio Multicritério à Decisão. Os Métodos de Apoio Multicritério à Decisão, umas das vertentes do campo da Pesquisa Operacional, podem ser usados em situações de tomada de decisão que apresentem tanto aspectos quantitativos, como qualitativos.

Gomes (*ibid.*) relata ainda que os Métodos de Apoio Multicritério à Decisão usam muitos dos recursos da psicologia quantitativa, que lida com processos cognitivos e escalas, para expressar a preferência com relação a aspectos totalmente subjetivos. Segundo este autor, estes métodos podem ser aplicados em situações com as seguintes características:

- Existência de dois ou mais critérios para a resolução do problema;
- Alternativas e critérios não muito claramente definidos;
- Dependência da solução de um problema por um conjunto de pessoas com pontos de vistas diferentes;
- Definição não clara das restrições do problema, bem como a distinção a respeito do que é restrição e o que é critério.

Costa (2002) conclui que uma situação de decisão caracteriza-se pela necessidade de avaliar um conjunto de alternativas e realizar uma escolha ou decisão. Tais situações podem ser classificadas em (COSTA, 2002):

- Escolha: “escolher uma alternativa dentre um conjunto de alternativas viáveis”.
- Classificação: “classificar um conjunto de alternativas em sub-conjuntos”.
- Ordenação: ordenar “os elementos de um conjunto de alternativas” segundo algum critério.
- Classificação ordenada: “classificar um conjunto de alternativas em sub-conjuntos ordenados ou em classes de referência ordenadas”.
- Priorização: associar prioridades aos elementos de um dado conjunto de alternativas.

O problema abordado nesta dissertação pode ser classificado como um problema de priorização, com múltiplos critérios tanto quantitativos, quanto qualitativos. Considerando este enfoque, optou-se por utilizar um dos mais usados métodos de apoio à decisão, o AHP (*Analytic Hierarchy Process*), como instrumento de auxílio para viabilizar a mensuração da distribuição de esforço consumido em um processo de desenvolvimento de software, baseado no modelo UP.

4.2 HISTÓRICO DO AHP

O método AHP foi criado por Thomas L. Saaty na década de 70, sendo um dos métodos de apoio à decisão mais amplamente utilizado por empresas de diferentes áreas, em diversas aplicações e citado em centenas de publicações científicas, inclusive no Brasil (LISBOA, 2002).

Segundo Lindau (1995), este método tem como objetivo “sistematizar uma avaliação comparativa de sistemas, afim de ordena-los segundo suas prioridades ou desempenhos”, priorizando ou classificando a melhor alternativa, dentre as existentes, a partir da avaliação de diferentes critérios. Dentre os fatores que impulsionaram a difusão do método AHP vale destacar (LISBOA, 2002):

- Simplicidade e flexibilidade do uso e aplicação do método;
- Permite uma ação intuitiva dos tomadores de decisão;
- Naturalidade no tratamento dos aspectos subjetivos e;
- Fácil verificação da consistência dos avaliadores.

Conforme Lisboa (2002), a grande vantagem do AHP é o fato deste método permitir que seus usuários atribuam pesos relativos a múltiplos critérios (“ou múltiplas alternativas para um dado critério”) de maneira intuitiva e realize ao mesmo tempo uma comparação par a par dos critérios e alternativas. Logo “isto permite que, mesmo quando duas variáveis sejam incomparáveis, a mente humana possa ainda assim estar reconhecendo qual dos critérios é mais importante”.

Devido ao crescente uso do método AHP na tomada de decisões, algumas ferramentas foram desenvolvidas com o intuito de facilitar e agilizar a aplicação deste método. A Tabela 5 apresenta algumas das ferramentas que implementam o método AHP.

Tabela 5. Ferramentas que implementam o método AHP.

| Ferramentas | |
|--|---|
| Análise Hierárquico de Alternativas – Modelo AHP | Desenvolvido pelos alunos da Escola Federal de Engenharia de Itajubá – Departamento de Produção. Ferramenta implementada em Visual Basic 4.0, apresentando uma interface amigável. |
| Expert Choice | Desenvolvido pela Expert Choice Inc, sendo liberado para <i>download</i> por 15 dias no site www.expertchoice.com . |
| IPÊ | Desenvolvido no âmbito do projeto Análise Multicritério Aplicada a Sistema de Ordenação e Priorização, apoiado pelo CNPq – UFF. Ferramenta <i>freeware</i> implementada em Delphi. |
| JavaAHP | Desenvolvido pela CSIRO Tropical Agriculture (Australia), pode ser acessado globalmente pela web. |
| Web-HIPRE | Desenvolvido pelo Systems Analysis Laboratory da Helsinki University of Technology. Ferramenta implementada em Java, tendo como base o conhecimento de suporte a decisão do software HIPRE 3+. Disponível em www.hipre.hut.fi . |

De acordo com Machado *et al.* (2002), apesar do AHP ser “provavelmente o método de Apoio Multicritério à Decisão de maior uso, tanto no Brasil como no exterior”, algumas críticas foram feitas a ele com relação a pontos como: conversão da escala verbal para numérica, inconsistências impostas pela escala de 1 a 9, axiomas do método, entre outros. Entretanto “é inegável o valor do método AHP como ferramenta para construir um modelo (...) para um problema decisório”, sendo “perfeitamente justificável o uso do método AHP, desde que se tenha em mente suas potenciais limitações”.

Pinheiro *et al.* (2001) ressalta ainda que os métodos de apoio multicritério à decisão, “tais como o AHP, não substituem de forma alguma o elemento humano na tomada de decisão, mas fornecem uma forma de avaliar mais apuradamente os diversos fatores envolvidos no estudo e resolução de um problema”.

4.3 CONCEITOS E METODOLOGIA DO AHP

4.3.1 Elementos

Conforme Costa (2002) e Ribeiro (2002), é importante compreender o significado de alguns dos elementos presentes no método AHP para que haja um melhor entendimento desta metodologia. Portanto segue abaixo uma breve explicação dos principais elementos:

- Decisor: indivíduo que modela o sistema, com a responsabilidade e autoridade para perceber e realizar as mudanças necessárias.
- Avaliador/Julgador: indivíduo ou grupo de indivíduos responsáveis pela análise de desempenho ou análise do grau de importância dos elementos presentes na estrutura hierárquica. De acordo com Costa (2002), deve-se selecionar, “em cada etapa de julgamento do AHP, avaliadores que tenham um alto conhecimento sobre o tópico em julgamento”, para assim obter resultados mais eficazes.
- Foco: é o objetivo global único a ser atingido com a priorização, sendo definido pelo tomador de decisão.
- Alternativas: são as opções viáveis que estarão à disposição para serem priorizadas durante o processo de tomada de decisão.
- Critérios: são todas as propriedades, atributos ou pontos de vista a serem considerados na modelagem do problema, sendo julgados pelo avaliador durante a análise de desempenho das alternativas. Segundo Gomes (1998), os critérios têm três propriedades lógicas: *exaustividade*, onde cada critério, com suas variáveis, deve abranger todas as diferentes dimensões relevantes para a solução do problema; *não-redundância*, ou seja, não deve existir dependência entre cada um dos níveis hierárquicos; e *homogeneidade*, permitindo que os critérios de cada nível possam ser comparáveis.

4.3.2 Princípios

Conforme descrito por Saaty (1991), o método AHP considera três princípios básicos: estruturação hierárquica, estabelecimento de prioridades e consistência lógica. Os itens abaixo relatam as peculiaridades de cada um destes princípios.

a) Estruturação Hierárquica

“Processo de compreensão ou aprendizagem do problema” (GOMES, 1998). Nesta etapa busca-se decompor o problema em níveis hierárquicos para facilitar sua compreensão e avaliação e identificar os “elementos-chave para a tomada de decisão, agrupados em conjuntos afins” (COSTA, 2002).

Deve-se definir o foco principal; identificar as alternativas viáveis e o conjunto de critérios a serem considerados e assim construir a estrutura hierárquica do problema de decisão. A Figura 6 retrata o modelo hierárquico genérico de um problema de decisão a partir da aplicação do método AHP, ilustrando o relacionamento dos principais elementos.

Conforme reportado em Gomes (1998), é possível ocorrer reestruturações nos níveis hierárquicos à medida que novas informações e um melhor conhecimento do problema são obtidos.

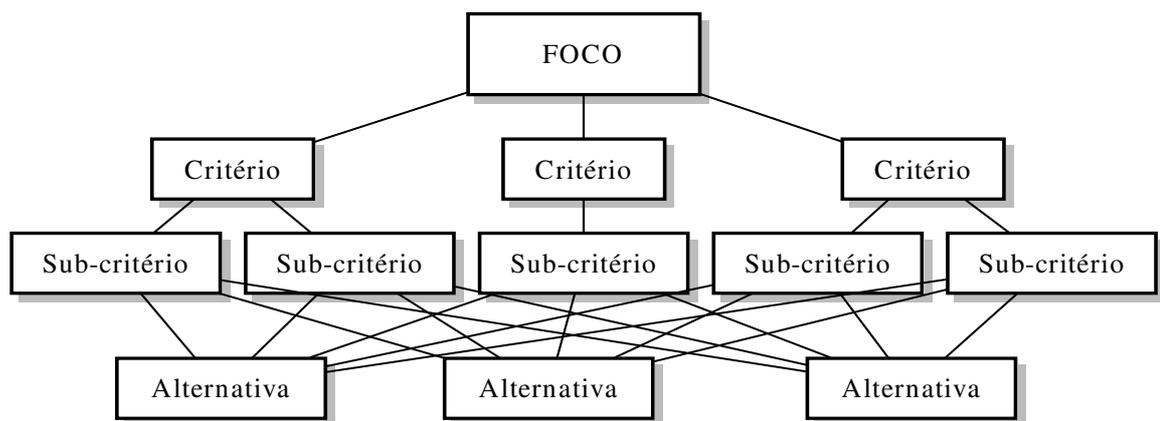


Figura 6. Modelo Hierárquico Genérico.

b) Estabelecimento de prioridades

Processo no qual são realizadas comparações par a par entre os elementos da estrutura hierárquica. Segundo Gomes (1998), o método AHP usa comparações por pares entre as alternativas e critérios, objetivando determinar a prioridade das alternativas ao longo da hierarquia, onde os elementos de um nível da hierarquia são avaliados paritariamente aos elementos do nível imediatamente superior.

Na realização do processo de julgamento paritário das alternativas e critérios os avaliadores fazem uso de uma escala definida por Saaty (1991) como **Escala Fundamental**, apresentada na Tabela 6.

Tabela 6. Escala Fundamental proposta por Saaty.

| Intensidade ou Importância em Escala Numérica | Definição | Explicação |
|---|---|---|
| 1 | Igual importância | Os dois elementos contribuem igualmente para o objetivo. |
| 3 | Moderada importância (importância pequena de uma sobre a outra) | A experiência e o julgamento favorecem levemente um elemento em relação ao outro. |
| 5 | Forte importância ou essencial | A experiência e julgamento favorecem fortemente um elemento em relação ao outro. |
| 7 | Importância muito forte | Um elemento é fortemente favorecido; sua dominação de importância é demonstrada na prática. |
| 9 | Importância extrema ou absoluta | A evidência favorece um elemento em relação ao outro com o mais alto grau de certeza. |
| 2, 4, 6, 8 | Valores intermediários entre os valores adjacentes | Quando se procura uma condição de compromisso entre duas definições. |

Fonte: adaptado LINDAU, 1995.

Segundo Saaty (1991), esta escala apresenta os cinco estímulos fundamentais de percepção inerentes ao homem em um processo de comparação par a par, assim como os estímulos intermediários.

Nesta etapa deve-se selecionar os avaliadores de acordo com o problema em questão; definir os métodos e instrumentos para obtenção dos julgamentos paritários, levando em consideração a escala fundamental; construir as matrizes de julgamento após o julgamento paritário dos avaliadores de cada elemento existente na hierarquia; calcular os quadros de julgamentos normalizados; calcular as prioridades locais de cada quadro normalizado; e, finalmente, calcular a prioridade global, identificando a prioridade ou importância de cada alternativa em relação ao foco principal.

c) Consistência lógica

Processo no qual busca-se detectar possíveis inconsistências no modelo de priorização construído. Devido o método AHP permitir trabalhar com a subjetividade das preferências é importante analisar os julgamentos feitos, de forma a buscar uma coerência entre eles e avaliar a consistência do sistema de classificação/julgamento utilizado na ordenação das alternativas.

Segundo Costa (2002), apesar dos julgamentos estarem fundamentados na experiência e conhecimento de profissionais responsáveis pelo problema em questão, não se espera que o ser humano tenha julgamentos totalmente consistentes, devendo existir uma tolerância para sua aceitação. Logo, o método AHP requer um nível mínimo de consistência para que o resultado obtido seja significativo.

Um julgamento é dito consistente quando os elementos de uma matriz de julgamento paritário respeitam a relação de transitividade $a_{ik} \cdot a_{kj} = a_{ij}$. Em casos onde as comparações são baseadas em medidas exatas esta relação de transitividade é perfeitamente aceitável. Mas considerando julgamentos subjetivos, desvios nesta relação podem ocorrer e devem ser analisados. Portanto em um julgamento inconsistente esta relação não é respeitada e deve-se, assim, avaliar o grau de inconsistência da matriz de julgamento paritário.

Na próxima seção seguem maiores esclarecimentos sobre como avaliar o grau de inconsistência no método AHP.

4.3.3. Razão de Consistência (RC)

Segundo Saaty (apud Costa, 2002, p. 70), “uma matriz cujos elementos sejam não negativos e recíprocos e para os quais valha a propriedade de transitividade, apresenta seu maior autovalor com valor igual a ordem da matriz”.

Uma matriz de julgamentos paritários consistentes apresenta as propriedades de transitividade e elementos recíprocos. Portanto, uma matriz composta por julgamentos consistentes tem seu maior autovalor igual a ordem da matriz. Assim, conforme citado por Costa (2002), para mensurar o grau de inconsistência de uma matriz de julgamentos paritários deve-se avaliar o quanto o maior autovalor (λ_{\max}) desta matriz se afasta da ordem (n) da matriz, aplicando-se a seguinte fórmula: $IC = |(\lambda_{\max} - n)| / (n - 1)$, onde IC é

denominado Índice de Consistência e representa o quanto a matriz de julgamentos é inconsistente.

No entanto Saaty, conforme reportado em Costa (2002) e Machado *et al.* (2002), propõe o uso da Razão de Consistência (RC) como parâmetro de corte para a aceitação/rejeição do julgamento. Esta Razão de Consistência é dada por: $RC = IC / IR$, onde IR representa o Índice de Consistência calculado aleatoriamente, a partir de comparações paritárias efetuadas em matrizes quadradas de ordem n pelo Laboratório Nacional de Oak Ridge, nos EUA.

Segundo Machado *et al.* (2002), o indicador RC deve ser utilizado pelo tomador de decisão como um fator de alerta para os julgamentos realizados e não “como um erro não desejado”. Portanto o indicador RC fornece ao decisor a necessidade, ou não, de revisar as matrizes de julgamentos paritários, sendo proposto por Saaty (1991) à aceitação de julgamentos que gerem inconsistência igual ou inferior a 0.10, ou seja, $RC \leq 0.10$. Quanto maior for o indicador RC, maior é a inconsistência.

5 MODELAGEM DA PROPOSTA PELO AHP

Segundo Gomes (1999), muitas técnicas de estimativa de prazo e esforço foram desenvolvidas e são usadas para obter estimativas de projetos. Algumas organizações possuem uma base de dados contendo estimativas de milhares de projetos já desenvolvidos, com destaque para o ISBSG (*International Software Benchmarking Standards*), organização sem fins lucrativos, que mantém uma base de dados com cerca de 1,2 mil projetos onde se tem, entre outras informações, a produtividade medida em homem/ponto-de-função (AGUIAR, 2002).

De acordo com Moreira Filho (1999), mesmo usando técnicas de estimativa já consagradas, é impossível fornecer aos clientes estimativas precisas, principalmente no início do projeto. Este fato se deve a presença de características subjetivas presentes nos projetos de softwares. Segundo Silva e Costa (2003), esta característica é inerente ao desenvolvimento de projetos em geral. No entanto, os modelos usualmente construídos para a solução de problemas desta categoria não utilizam metodologias desenvolvidas especificamente para tratar de problemas com estas características (múltiplos critérios e variáveis subjetivas). Tais metodologias são classificadas como Auxílio Multicritério à Decisão (AMD) ou MCDA (*Multicriteria Decision Aid*).

Este capítulo apresenta a proposta de um instrumento alternativo que permite estimar a distribuição de esforço das principais etapas do processo de desenvolvimento de software, tendo como base a integração de conceitos oriundos do Método de Análise Hierárquica (AHP) à conceitos associados ao desenvolvimento de software segundo o Processo Unificado (UP).

5.1 MODELAGEM DA PROPOSTA

O modelo proposto visa apoiar o gerenciamento de projetos guiado pelo Processo Unificado (UP), na busca da estimativa da distribuição de esforços entre as etapas presentes no desenvolvimento de softwares. Esta abordagem está fundamentada nos princípios do método AHP, já que este permite considerar os aspectos subjetivos inerentes ao processo de desenvolvimento e mensurar incoerências nos julgamentos.

As próximas subseções apresentam os procedimentos a serem adotados na aplicação da abordagem proposta.

5.1.1 Identificação do Objeto de Estudo

O primeiro passo a ser realizado é definir o escopo do software no qual se deseja estimar a distribuição de esforço, a partir de um levantamento preliminar com enfoque empresarial, e não técnico, sobre as necessidades do cliente.

Este procedimento é importante, pois os resultados da estimativa devem considerar os fatores tecnológicos e requisitos não-funcionais particulares inerentes a cada projeto de software.

5.1.2 Construção do Modelo Hierárquico da Proposta

Como apresentado no Capítulo 4, o modelo hierárquico definido no método AHP é composto pelos seguintes elementos: foco principal, alternativas, critérios e sub-critérios. Assim, é necessário identificar estes elementos para definir a estrutura hierárquica para esta proposta.

É importante observar que este modelo hierárquico pode ser “customizado”, de modo a ser aplicado a diferentes projetos de software, sendo essencial para a resolução deste problema de decisão.

5.1.2.1 Elementos da Hierarquia

a) Foco Principal

O foco principal da modelagem é obter a distribuição de esforços consumidos das etapas de desenvolvimento de um software específico em uma abordagem UP.

b) Alternativas

Como alternativas serão consideradas as etapas de um processo de desenvolvimento, dado o objetivo de se estimar a distribuição de esforço entre elas.

O modelo UP, descrito no Capítulo 3, apresenta cinco etapas de desenvolvimento. No entanto, como o foco deste trabalho está voltado especificamente para os esforços consumidos no processo de desenvolvimento do software, estas etapas foram reagrupadas, de modo a apresentar apenas quatro etapas: Análise, Projeto, Implementação e Teste.

Cabe ressaltar que esta organização é aceitável na área de Engenharia de Software, não comprometendo o ciclo de vida do modelo UP e sendo uma decisão tomada para amenizar a complexidade e aumentar a aplicabilidade do modelo proposto.

c) Critérios e Sub-critérios

Deve-se, neste momento, identificar os direcionadores de consumo de esforço. Como critérios foram consideradas as fases do modelo UP, que compõem assim os direcionadores de 1º nível da hierarquia. Como sub-critérios foram consideradas as atividades desenvolvidas em cada uma das fases, compondo os direcionadores de 2º nível da hierarquia.

Portanto tem-se:

- como critérios as seguintes fases: Concepção, Elaboração, Construção e Transição.
- como sub-critérios foram consideradas as principais atividades, segundo Azevedo (2003), que ocorrem em cada uma das fases do modelo UP.

A Tabela 7 apresenta os sub-critérios (atividades) vinculados a cada um dos critérios (fases) considerados nesta modelagem. No Anexo A segue uma breve descrição de cada sub-critério (atividade) apresentado.

Tabela 7. Sub-critérios adotados para os Critérios.

| Critérios (Fases) | Sub-critérios (Atividades) |
|-------------------|--|
| Concepção | <ul style="list-style-type: none"> • Entrevista com o cliente • Analisar e modelar o negócio • Analisar e especificar requisitos • Validar artefatos com o cliente • Definir arquitetura do software • Elaborar cronograma e orçamento |
| Elaboração | <ul style="list-style-type: none"> • Entrevista com o cliente • Definir iterações • Analisar e especificar requisitos • Validar artefatos com o cliente • Desenvolver modelos de análise e projeto • Atualizar arquitetura |
| Construção | <ul style="list-style-type: none"> • Definir iterações • Elaborar plano de testes • Implementar • Testar e integrar componentes • Incrementar modelos • Desenvolver manual do sistema |
| Transição | <ul style="list-style-type: none"> • Desenvolver estratégias de implantação • Documentar notas de versões • Implantar • Realizar testes • Avaliar manutenção |

É importante lembrar que um mesmo sub-critério (atividade) pode estar presente em mais de um critério (fase), porém sendo abordado com um enfoque específico em cada critério (AZEVEDO, 2003).

5.1.3 Representação Gráfica do Modelo Hierárquico

O foco principal, as alternativas, os critérios e sub-critérios identificados e apresentados na subseção anterior, são os elementos que compõem a estrutura hierárquica. A Figura 7 ilustra o modelo hierárquico global desta proposta, permitindo visualizar o relacionamento de seus elementos.

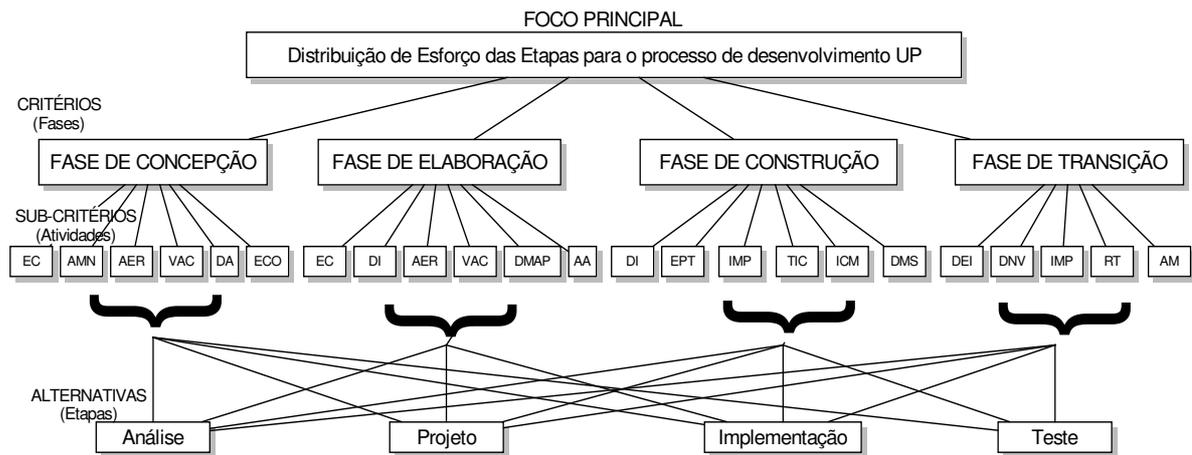


Figura 7. Modelo Hierárquico da Proposta.

Com base neste modelo hierárquico será possível obter estimativas de distribuições de esforços pelo AHP, onde os elementos de um nível da hierarquia devem ser comparados entre si, à luz de cada um dos elementos imediatamente superiores da hierarquia, conforme descrito no Capítulo 4.

Estes julgamentos paritários devem ser efetuados considerando o modelo UP para este problema de decisão e baseando-se na opinião dos envolvidos no processo de desenvolvimento (avaliadores). Assim, os próximos procedimentos propostos para esta modelagem consideram a definição dos avaliadores e a elaboração do instrumento de coleta dos julgamentos paritários.

5.1.4 Definição dos Avaliadores

De acordo com Ribeiro (2002), os avaliadores devem conhecer e entender o que estão julgando, mas não precisam necessariamente conhecer todo o processo de distribuição de esforço envolvendo o método AHP.

Nesta proposta é desejável ter como avaliadores os responsáveis pelo processo de desenvolvimento. Tais como: gerentes de projeto, programadores, analistas e demais profissionais envolvidos. Sendo importante que estes profissionais tenham experiência e conhecimento de como desenvolver um software seguindo o modelo UP.

5.1.5 Instrumento de Coleta de Dados

Segundo Costa (2002), “a coleta dos julgamentos paritários é uma das etapas fundamentais ao uso do AHP. Deve-se buscar desenvolver mecanismos simples e de fácil entendimento para que o avaliador possa se concentrar especificamente na emissão dos julgamentos”.

Com base no modelo hierárquico apresentado na Figura 7, elaborou-se o instrumento de coleta de dados desta proposta denominado Questionário de Avaliação (Anexo B).

O questionário de avaliação é composto por três partes, de modo a considerar todas as comparações necessárias para se alcançar o objetivo desta proposta.

A primeira parte do questionário de avaliação permite comparar os critérios (Fases) entre si, julgando o consumo de esforço das Fases em relação ao Foco Principal. A segunda parte do questionário permite comparar os sub-critérios (Atividades) entre si, julgando o consumo de esforço das Atividades pelas Fases do modelo UP. Já a terceira parte do questionário permite comparar as alternativas (Etapas) entre si, julgando o consumo de esforço das Etapas pelas Atividades do modelo UP.

5.1.6 Tratamento dos Dados

De posse do questionário de avaliação preenchido, o próximo passo é a transferência dos julgamentos feitos para uma ferramenta que implemente o método AHP, realizando-se assim todos os cálculos de priorização local e global propostos neste método.

Após a transferência dos julgamentos, além da estimativa da distribuição de esforço das Etapas, outra informação relevante ao decisor é o grau de coerência (razão de consistência, RC) dos julgamentos considerados. O decisor pode utilizar esta informação para avaliar o grau de inconsistência dos julgamentos e para realizar a seleção da distribuição de

esforço das Etapas. Lembrando que é recomendado que este indicador RC seja igual ou inferior a 0,10.

Visando aproveitar ao máximo os princípios definidos no método AHP é possível oferecer ao decisor dados relativos a outras distribuições de esforços do modelo UP. Tendo como base os julgamentos paritários realizados e os resultados deste procedimento de tratamento dos dados, também podem ser estimadas as seguintes distribuições de esforços:

- Distribuição de esforço das Fases em relação ao Foco Principal.
- Distribuição de esforço das Atividades em relação às Fases do modelo UP.
- Distribuição de esforço das Etapas em relação às Atividades do modelo UP.
- Distribuição de esforço das Etapas em relação às Fases do modelo UP.

Todas as distribuições podem ser coletadas após o tratamento dos dados pelo método AHP.

A distribuição de esforço das Fases em relação ao Foco Principal é obtida com base nos julgamentos paritários realizados na primeira parte do questionário de avaliação. A distribuição de esforço das Atividades em relação às Fases é dada a partir dos julgamentos paritários realizados na segunda parte do questionário de avaliação. A distribuição de esforço das Etapas em relação às Atividades é obtida com base nos julgamentos realizados na terceira parte do questionário de avaliação.

Já a distribuição de esforço das Etapas em relação às Fases é dada a partir dos julgamentos realizados na segunda e terceira parte do questionário de avaliação. Assim é necessário combinar os resultados da distribuição de esforço das Atividades em relação às Fases com a distribuição de esforço das Etapas em relação às Atividades, aplicando o seguinte raciocínio lógico:

- $Etapa_{Fase} = \Sigma$ (percentual de esforço consumido de cada Atividade na Fase em questão x percentual de esforço consumido da Etapa em questão em cada Atividade desta Fase).

A geração destas distribuições será demonstrada no estudo de caso apresentado no próximo capítulo.

Estas estimativas fornecem ao decisor maiores detalhes sobre a distribuição de esforço e consistência dos julgamentos realizados, assim como uma melhor visão do esforço consumido pelo processo de desenvolvimento como um todo.

É importante observar que para coletar a principal distribuição de esforço, ou seja, a distribuição de esforço das Etapas em relação ao Foco Principal, é necessário que os julgamentos paritários sejam realizados em todos os níveis hierárquicos ilustrados na Figura 7.

Para facilitar a visualização e análise dos resultados pelo decisor, sugere-se que seja feito o esboço gráfico dos mesmos, após a finalização do procedimento de tratamento dos dados.

6 ESTUDO DE CASO

Este capítulo apresenta um estudo no qual foi experimentada a aplicação da abordagem proposta nesta dissertação a uma situação real.

6.1 IDENTIFICAÇÃO DO OBJETO DE ESTUDO

Como objeto de estudo foi considerado o desenvolvimento de um sistema computacional de apoio ao gerenciamento do processo de matrícula dos alunos de uma universidade particular. Este sistema deve permitir a efetivação das matrículas “*on-line*”.

Neste sentido o sistema deve atender aos seguintes requisitos:

- Permitir o registro de uma senha de acesso ao sistema, onde o aluno deve informar sua identidade, CPF e data de nascimento. Para liberar o acesso, o sistema deve verificar se o aluno efetuou todos os pagamentos, incluindo o pagamento da matrícula, e verificar se os dados informados estão de acordo com os dados existentes no banco de dados.
- Permitir que o aluno atualize seus dados cadastrais.
- Registrar a aceitação do contrato de prestação de serviços educacionais.
- Permitir a seleção das turmas que irão compor o plano de estudo do aluno.
- Enviar um e-mail confirmando a pré-matricula do aluno.
- Disponibilizar ao aluno uma tela de consulta da pré-matricula.

Além de apresentar estas características, este sistema de matrícula será construído com base no processo de desenvolvimento proposto no modelo UP e as estimativas de distribuições de esforços serão obtidas a partir do método AHP, seguindo o modelo hierárquico descrito no Capítulo 5 e ilustrado na Figura 7.

6.2 DEFINIÇÃO DOS AVALIADORES

Os julgamentos de valor considerados no experimento foram emitidos por três avaliadores com os seguintes perfis:

- Avaliador A
 - ✓ Cargo na instituição para a qual o sistema estava sendo desenvolvido: Gerente de Projetos e Docente.
 - ✓ Função no projeto: Gerente.
 - ✓ Formação: Mestre em Informática. Aluno do Doutorado do Programa de Engenharia de Sistemas e Computação.

- Avaliador B
 - ✓ Cargo na instituição para a qual o sistema estava sendo desenvolvido: Analista de Sistemas e Docente.
 - ✓ Função no projeto: Analista.
 - ✓ Formação: Bacharel em Ciência da Computação. Aluno do Mestrado em Informática Aplicada.

- Avaliador C
 - ✓ Cargo na instituição para a qual o sistema estava sendo desenvolvido: Programador.
 - ✓ Função no projeto: Programador.
 - ✓ Formação: Bacharel em Ciência da Computação. Aluno da Pós-Graduação em Desenvolvimento de Software Orientado a Objetos.

Todos atuantes no projeto de desenvolvimento de sistema identificado na seção 6.1. A escolha destes elementos como avaliadores permite “cobrir” os três diferentes níveis hierárquicos presentes neste projeto de desenvolvimento.

6.3 COLETA DE DADOS

A avaliação do consumo de esforço das Fases em relação ao Foco Principal (primeira parte do questionário de avaliação) foi feita por todos os avaliadores. No entanto, buscando reduzir o esforço de julgamento, optou-se por distribuir os demais julgamentos do questionário de avaliação entre os avaliadores, tomando como parâmetro a área de conhecimento, especialidade e atuação de cada avaliador. Assim:

- Ao avaliador A (gerente de projeto) foi solicitado o preenchimento da segunda parte do questionário de avaliação, julgando o consumo de esforço das Atividades pelas Fases do modelo UP.
- Ao avaliador B (analista de sistemas) foi solicitado o preenchimento de todo o questionário de avaliação. Este fato possibilitou desenvolver uma análise comparativa dos seus julgamentos com os julgamentos feitos pelos demais avaliadores. Vale lembrar que o analista de sistemas está situado em um nível intermediário no gerenciamento de projetos, tendo forte interlocução tanto com o gerente, quanto com o programador.
- Ao avaliador C (programador) foi solicitado o preenchimento da terceira parte do questionário de avaliação, julgando o consumo de esforço das Etapas pelas Atividades do modelo UP.

Todos os questionários de avaliação preenchidos para este experimento seguem no Anexo D.

Como se trata de uma investigação experimental sobre uma aplicação inédita do método AHP, durante este procedimento também foi realizada, a título de ilustrar eventuais diferenças de resultados, uma pesquisa na qual buscou-se captar de forma direta a percepção dos avaliadores quanto às distribuições de esforços no processo de desenvolvimento. Esta pesquisa é aqui denotada como “coleta de julgamentos arbitrários”.

Os julgamentos arbitrários foram utilizados em uma análise comparativa em relação aos resultados estimados a partir da aplicação da abordagem proposta.

No Anexo C segue o modelo do questionário utilizado para o levantamento dos julgamentos arbitrários. No Anexo E seguem os questionários preenchidos com os julgamentos arbitrários realizados para este experimento.

Os julgamentos de todos os avaliadores foram transferidos para a ferramenta IPÊ, sendo possível realizar todos os cálculos pertinentes ao método AHP. Os resultados obtidos seguem nas próximas subseções, apresentando as seguintes estimativas:

- Distribuição de esforço das Fases em relação ao Foco Principal.
- Distribuição de esforço das Atividades em relação às Fases do modelo UP.
- Distribuição de esforço das Etapas em relação às Atividades do modelo UP.
- Distribuição de esforço das Etapas em relação às Fases do modelo UP.
- Distribuição de esforço das Etapas em relação ao Foco Principal.

Também será apresentada a análise comparativa destes resultados com os dados dos julgamentos arbitrários coletados junto aos avaliadores.

6.4.1 Distribuição de esforço das Fases em relação ao Foco Principal

A distribuição de esforço das Fases em relação ao Foco Principal foi julgada pelos três avaliadores. A Figura 10 reflete os julgamentos feitos pelos avaliadores, bem como a razão de consistência (RC) obtida em cada julgamento.

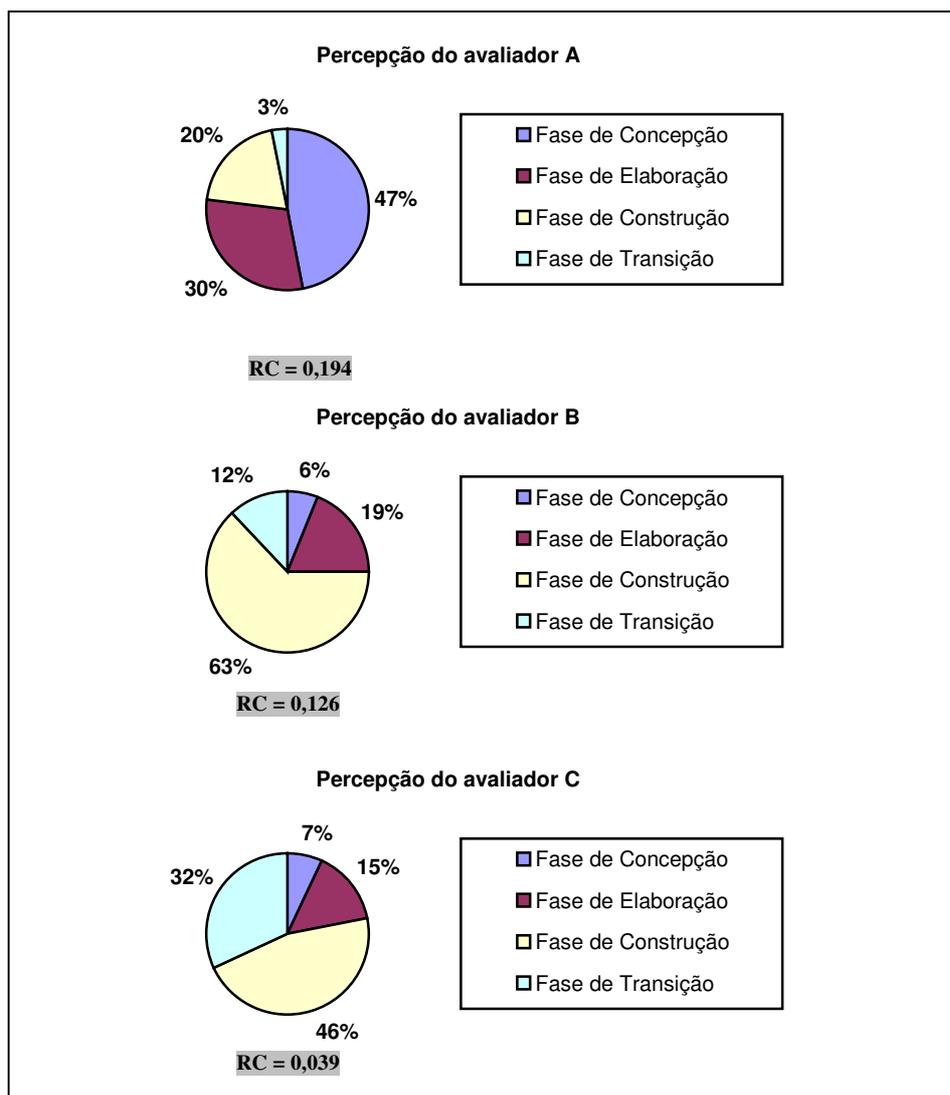


Figura 10. Distribuição de esforço das Fases em relação ao Foco Principal.

A Tabela 8 sintetiza as distribuições de esforços resultantes da aplicação do modelo proposto. Esta tabela também apresenta as distribuições obtidas através dos julgamentos arbitrários realizados pelos mesmos avaliadores.

Tabela 8. Resumo das distribuições de esforços das Fases em relação ao Foco Principal.

| Fases \ Avaliadores | Distribuições do Modelo Proposto (%) | | | Distribuições Arbitrárias (%) | | |
|---------------------|--------------------------------------|--------------|--------------|-------------------------------|----|----|
| | A | B | C | A | B | C |
| Concepção | 47 | 6 | 7 | 20 | 20 | 20 |
| Elaboração | 30 | 19 | 15 | 10 | 20 | 20 |
| Construção | 20 | 63 | 46 | 30 | 40 | 30 |
| Transição | 3 | 12 | 32 | 40 | 20 | 30 |
| RC | 0,194 | 0,126 | 0,039 | | | |

Ao se analisar a Tabela 8 verifica-se que:

- Considerando os julgamentos dos avaliadores B e C, as distribuições de esforços obtidas estão próximas para as fases de Concepção e Elaboração, divergindo apenas nas fases de Construção e Transição;
- Considerando os julgamentos do avaliador A, a distribuição de esforço obtida diverge fortemente das distribuições dos demais avaliadores. Os julgamentos deste avaliador são, também, os que demonstram maior grau de inconsistência.
- Com relação aos julgamentos do avaliador A, observa-se que ocorre uma inversão entre os valores estimados e os valores arbitrados pelo mesmo.
- Os julgamentos do avaliador C foram os únicos que apresentaram um grau de inconsistência dentro da faixa recomendada por Saaty ($RC \leq 0,10$).
- Considerando os valores arbitrados pelos avaliadores, observa-se que há um maior consumo de esforço nas Fases finais do processo de desenvolvimento.
- Os valores arbitrados pelos avaliadores foram, em geral, muito semelhantes em todas as fases. Este fato destaca que a discordância de opiniões detectada pelo AHP não seria detectada pelo uso dos julgamentos arbitrários.

6.4.2 Distribuição de esforço das Atividades em relação às Fases

A distribuição de esforço das Atividades em relação às Fases foi julgada pelos avaliadores A e B. A Figura 11 reflete os julgamentos feitos pelos avaliadores, bem como a razão de consistência (RC) obtida.

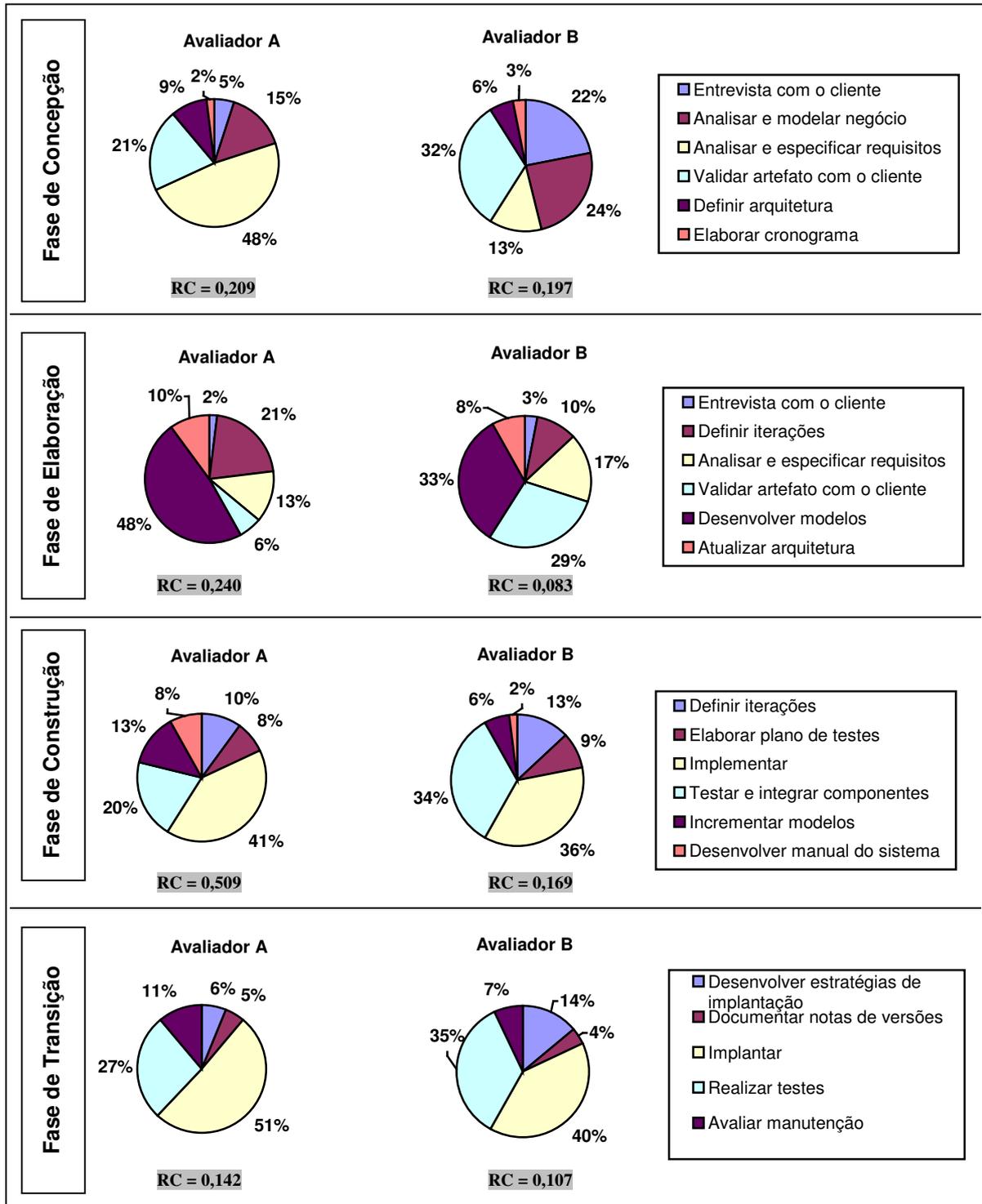


Figura 11. Distribuição de esforço das Atividades pelas Fases do modelo UP.

A Tabela 9 sintetiza as distribuições de esforços resultantes da aplicação do modelo proposto. Esta tabela também apresenta as distribuições obtidas através dos julgamentos arbitrários realizados com todos os avaliadores.

Tabela 9.a. Resumo das distribuições de esforços das Atividades em relação às Fases.

| Avaliadores Atividades | | Distribuições do Modelo Proposto (%) | | Distribuições Arbitrárias (%) | | |
|---------------------------|--|--------------------------------------|--------------|-------------------------------|-------------|-------------|
| | | Avaliador A | Avaliador B | Avaliador A | Avaliador B | Avaliador C |
| Concepção | Entrevista com o cliente | 5 | 22 | 20 | 30 | 10 |
| | Analisar e modelar o negócio | 15 | 24 | 20 | 30 | 10 |
| | Analisar e especificar requisitos | 48 | 13 | 20 | 20 | 30 |
| | Validar artefatos com o cliente | 21 | 32 | 30 | 10 | 10 |
| | Definir arquitetura do software | 9 | 6 | 5 | 5 | 20 |
| | Elaborar cronograma | 2 | 3 | 5 | 5 | 20 |
| | RC | 0,209 | 0,197 | | | |
| Elaboração | Entrevista com o cliente | 2 | 3 | 10 | 10 | 10 |
| | Definir iterações | 21 | 10 | 10 | 25 | 15 |
| | Analisar e especificar requisitos | 13 | 17 | 20 | 15 | 25 |
| | Validar artefatos com o cliente | 6 | 29 | 30 | 15 | 10 |
| | Desenvolver modelos de análise e projeto | 48 | 33 | 20 | 30 | 30 |
| | Atualizar arquitetura | 10 | 8 | 10 | 5 | 10 |
| | RC | 0,240 | 0,083 | | | |
| Construção | Definir iterações | 10 | 13 | 5 | 10 | 10 |
| | Elaborar plano de testes | 8 | 9 | 5 | 10 | 10 |
| | Implementar | 41 | 36 | 30 | 40 | 35 |
| | Testar e integrar componentes | 20 | 34 | 40 | 30 | 20 |
| | Incrementar modelos | 13 | 6 | 10 | 5 | 15 |
| | Desenvolver manual do sistema | 8 | 2 | 10 | 5 | 10 |
| | RC | 0,509 | 0,169 | | | |

Tabela 9.b. Resumo das distribuições de esforços das Atividades em relação às Fases.

| | | | | | | |
|------------------|--|--------------|--------------|----|----|----|
| Transição | Desenvolver estratégias de implantação | 6 | 14 | 10 | 10 | 10 |
| | Documentar notas de versões | 5 | 4 | 10 | 5 | 10 |
| | Implantar | 51 | 40 | 30 | 50 | 40 |
| | Realizar testes | 27 | 35 | 40 | 30 | 25 |
| | Avaliar manutenção | 11 | 7 | 10 | 5 | 15 |
| | RC | 0,142 | 0,107 | | | |

Ao analisar a Tabela 9 verifica-se que:

- Os julgamentos do avaliador B apresentaram o menor grau de inconsistência em todas as fases.
- Os valores arbitrados pelo avaliador C, na fase de Concepção, mostram-se mais divergentes em relação aos demais valores estimados e arbitrados pelos demais avaliadores.
- Os valores estimados pelo avaliador B nas fases de Concepção e Elaboração estão mais compatíveis com os valores arbitrados pelo avaliador A.
- Os valores estimados pelos avaliadores A e B, nas fases de Construção e Transição, apresentam maior compatibilidade com os valores arbitrados pelos avaliadores B e C.
- Comparando os valores estimados e arbitrados pelo avaliador A em todas as fases, observa-se que há uma inversão em relação à atividade que consome maior esforço. Já o avaliador B apresenta esta inversão apenas na Fase de Concepção.
- Observando os valores estimados e arbitrados pelos avaliadores pode-se destacar, em cada fase, a atividade que concentra o maior consumo de esforço:
 - ✓ Fase de Concepção: atividade Analisar e especificar requisitos e atividade Validar artefatos com o cliente.
 - ✓ Fase de Elaboração atividade Desenvolver modelos de análise e projeto.
 - ✓ Fase de Construção: atividade Implementar.
 - ✓ Fase de Transição: atividade Implantar.

6.4.3 Distribuição de esforço das Etapas em relação às Atividades

A distribuição de esforço das Etapas em relação às Atividades foi julgada pelos avaliadores B e C.

A Figura 12 apresenta a distribuição de esforço resultante dos julgamentos feitos pelo avaliador B, bem como a razão de consistência (RC) associada a estes julgamentos.

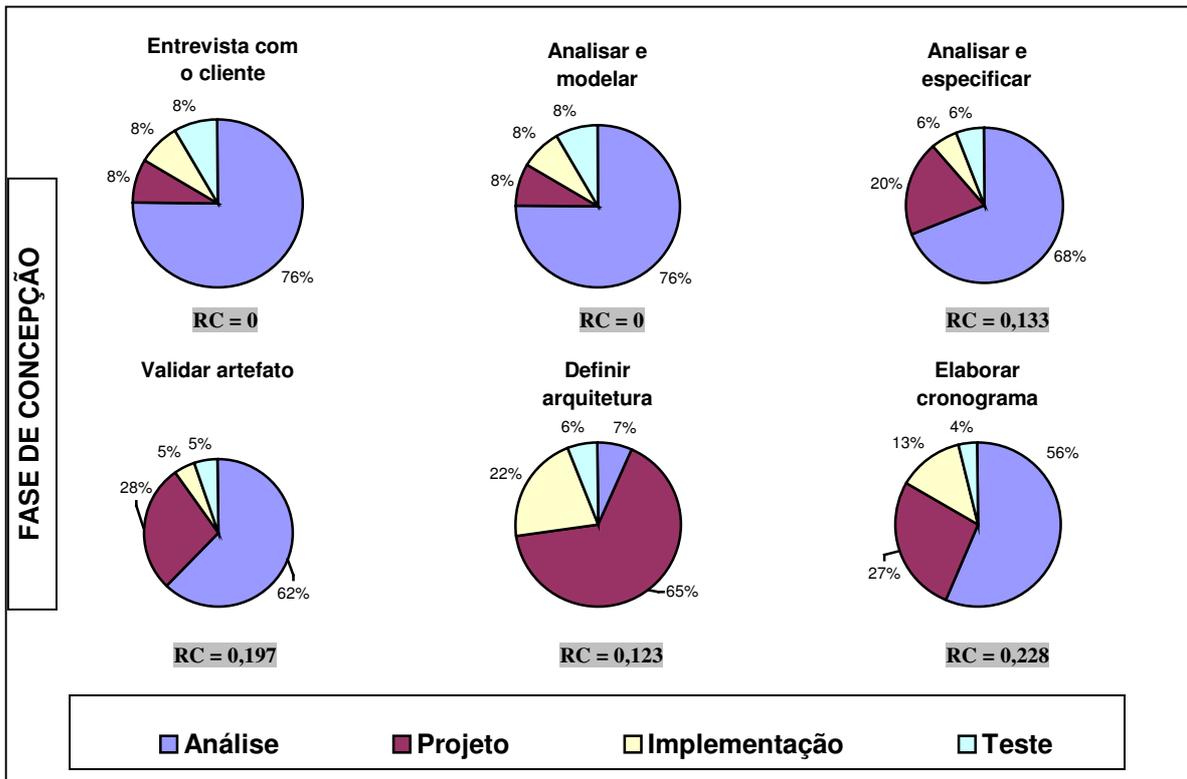


Figura 12.a. Distribuição de esforço das Etapas pelas Atividades (avaliador B).

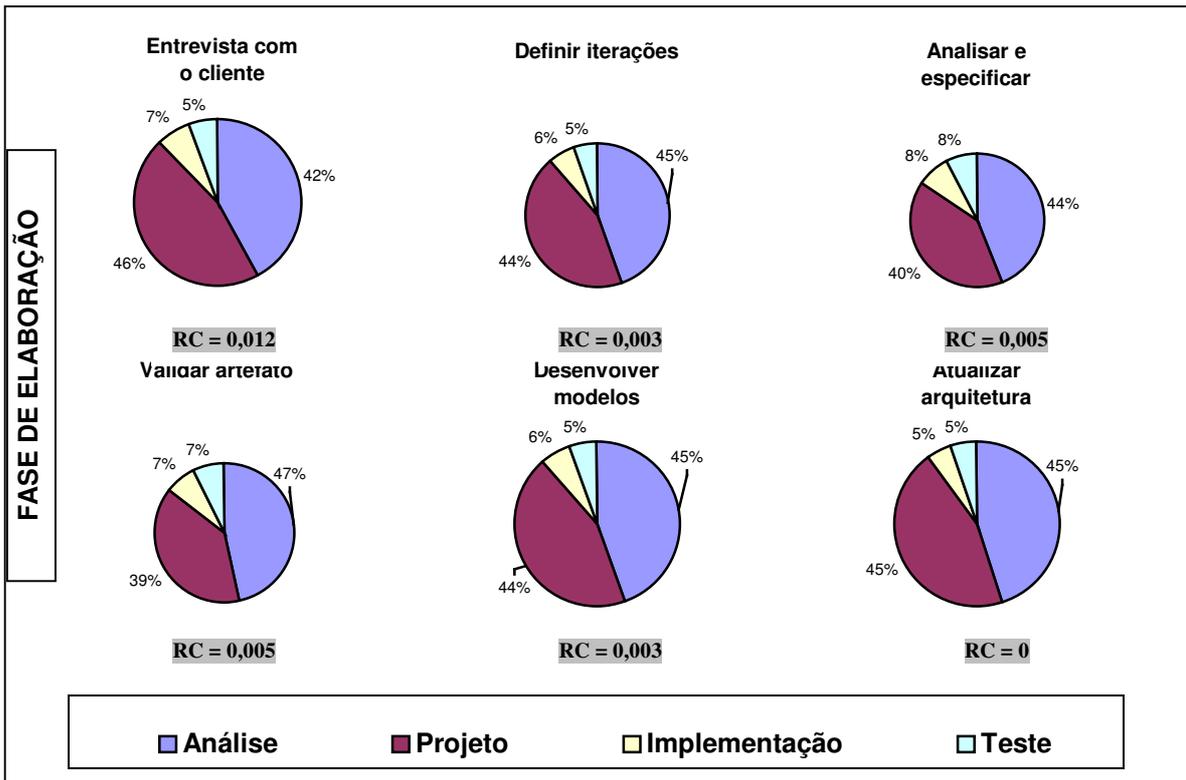


Figura 12.b. Distribuição de esforço das Etapas pelas Atividades (avaliador B).

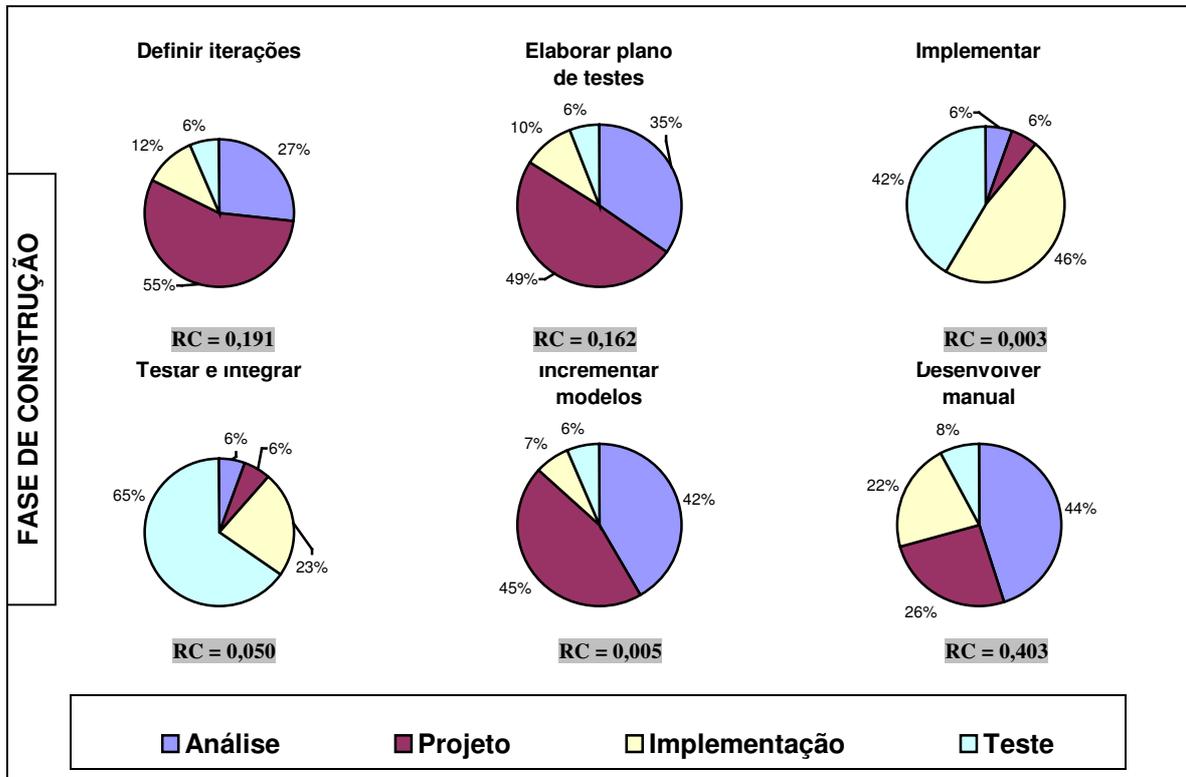


Figura 12.c. Distribuição de esforço das Etapas pelas Atividades (avaliador B).

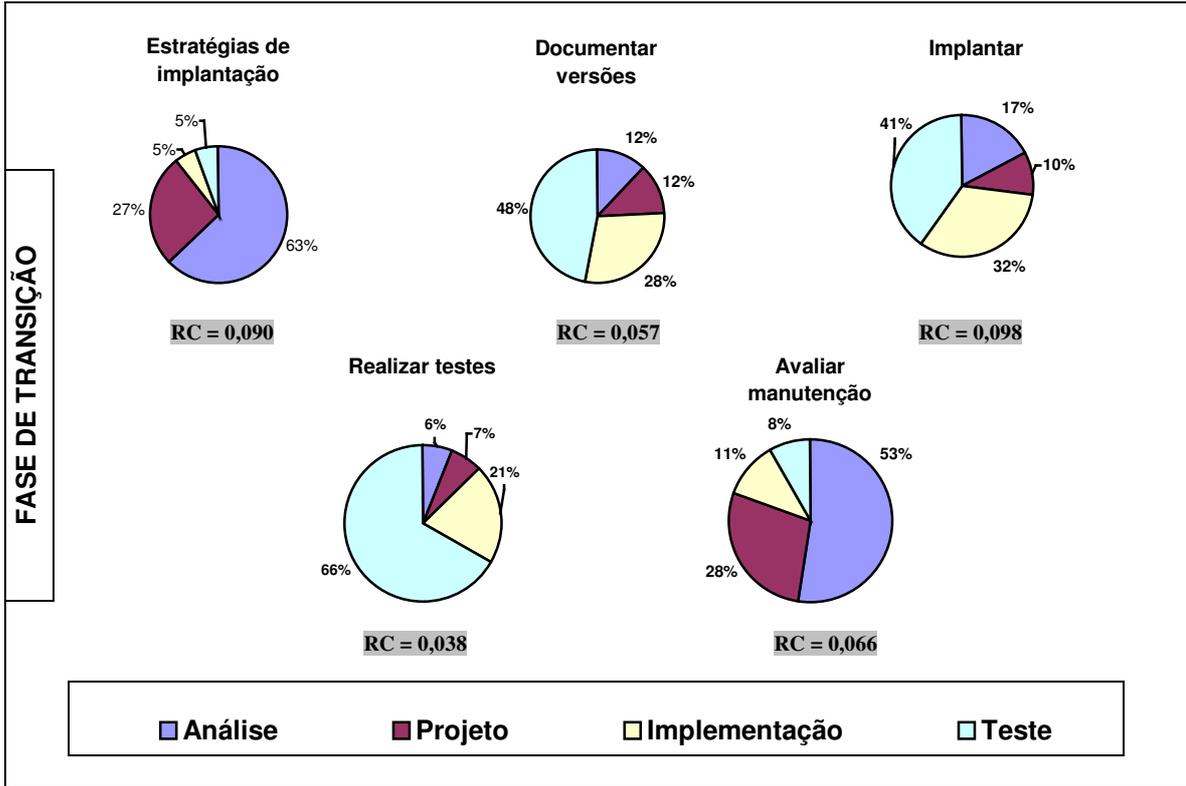


Figura 12.d. Distribuição de esforço das Etapas pelas Atividades (avaliador B).

A Figura 13 apresenta as distribuições de esforços resultantes dos julgamentos feitos pelo avaliador C, bem como a razão de consistência (RC) obtida.

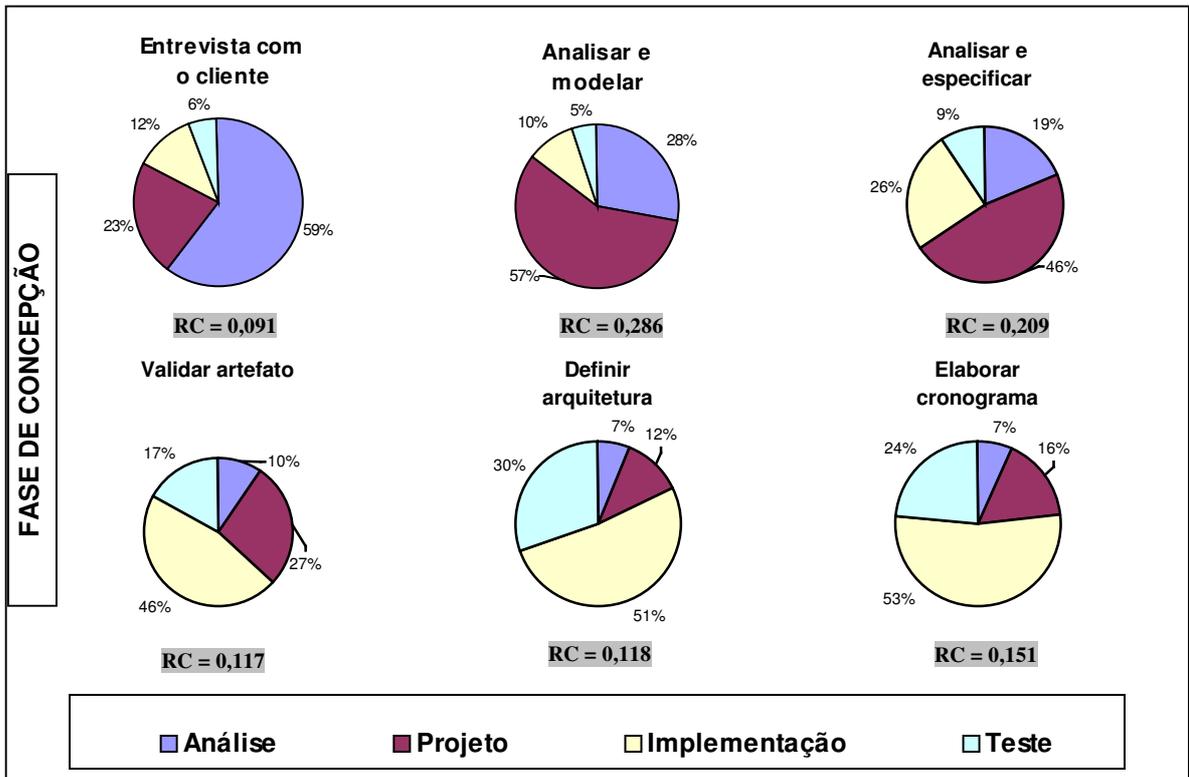


Figura 13.a. Distribuição de esforço das Etapas pelas Atividades (avaliador C).

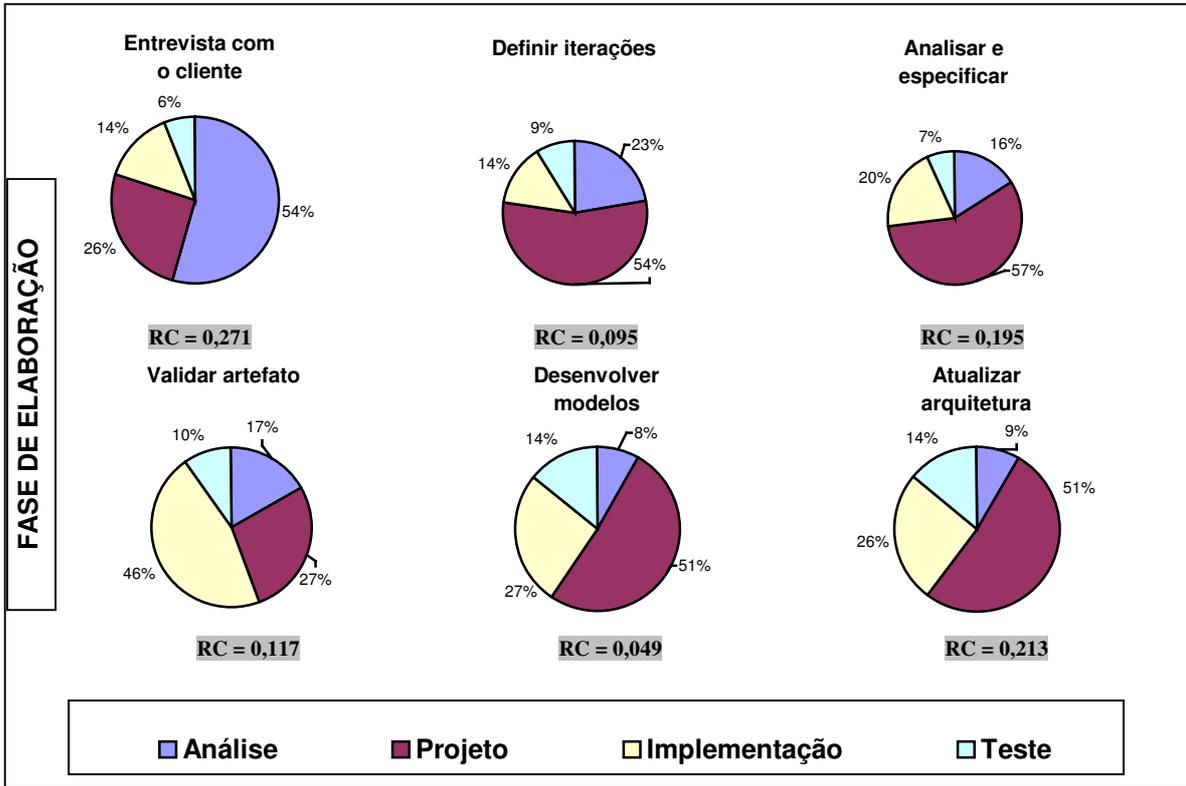


Figura 13.b. Distribuição de esforço das Etapas pelas Atividades (avaliador C).

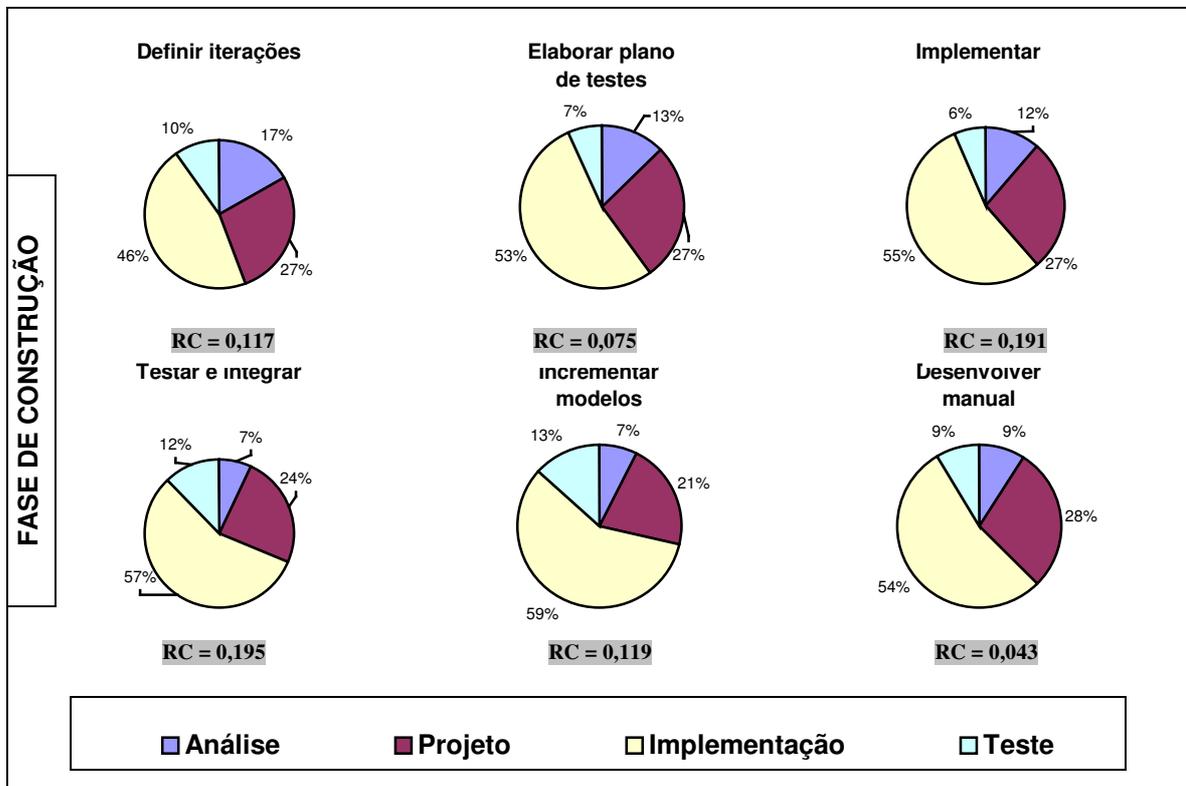


Figura 13.c. Distribuição de esforço das Etapas pelas Atividades (avaliador C).

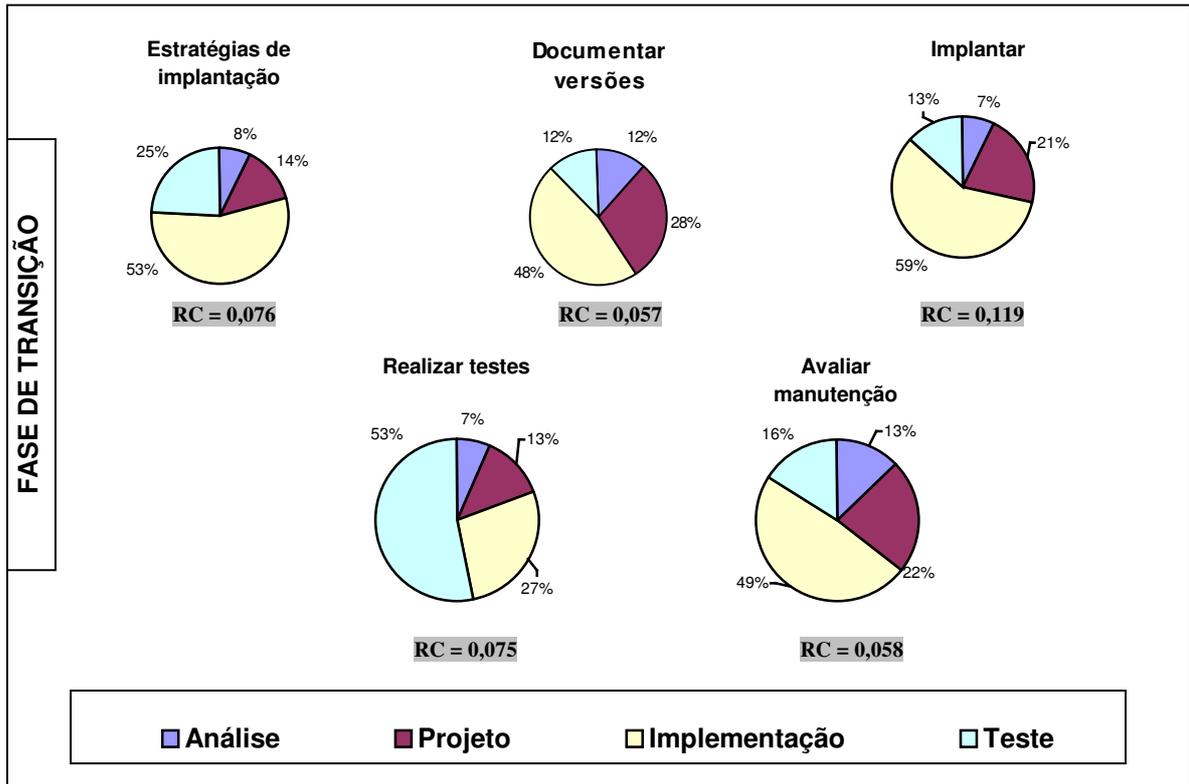


Figura 13.d. Distribuição de esforço das Etapas pelas Atividades (avaliador C).

A Tabela 10 sintetiza as distribuições de esforços resultantes da aplicação do modelo proposto. Esta tabela também apresenta as distribuições obtidas através dos julgamentos arbitrários realizados com todos os avaliadores.

Tabela 10. Resumo das distribuições de esforços das Etapas pelas Atividades.

| Etapas | | Distribuições do Modelo Proposto (%) | | | | | | | | | | Distribuições Arbitrárias (%) | | | | | | | | | | | |
|------------|--|--------------------------------------|----|----|----|--------------|-------------|----|----|----|--------------|-------------------------------|----|----|----|-------------|----|----|----|-------------|----|----|----|
| | | Avaliador B | | | | | Avaliador C | | | | | Avaliador A | | | | Avaliador B | | | | Avaliador C | | | |
| | | A | P | I | T | RC | A | P | I | T | RC | A | P | I | T | A | P | I | T | A | P | I | T |
| Concepção | Entrevista com o cliente | 76 | 8 | 8 | 8 | 0 | 59 | 23 | 12 | 6 | 0,091 | 80 | 20 | 0 | 0 | 80 | 20 | 0 | 0 | 80 | 10 | 10 | 0 |
| | Analisar e modelar o negócio | 76 | 8 | 8 | 8 | 0 | 28 | 57 | 10 | 5 | 0,286 | 70 | 30 | 0 | 0 | 70 | 30 | 0 | 0 | 70 | 10 | 10 | 10 |
| | Analisar e especificar requisitos | 68 | 20 | 6 | 6 | 0,133 | 19 | 46 | 26 | 9 | 0,209 | 80 | 20 | 0 | 0 | 50 | 50 | 0 | 0 | 80 | 10 | 10 | 0 |
| | Validar artefatos com o cliente | 62 | 28 | 5 | 5 | 0,197 | 10 | 27 | 46 | 17 | 0,117 | 90 | 10 | 0 | 0 | 50 | 40 | 10 | 0 | 40 | 30 | 20 | 10 |
| | Definir arquitetura do software | 7 | 65 | 22 | 6 | 0,123 | 7 | 12 | 51 | 30 | 0,118 | 80 | 20 | 0 | 0 | 20 | 70 | 5 | 5 | 40 | 60 | 0 | 0 |
| | Elaborar cronograma | 56 | 27 | 13 | 4 | 0,228 | 7 | 16 | 53 | 24 | 0,151 | 80 | 20 | 0 | 0 | 70 | 30 | 0 | 0 | 60 | 40 | 0 | 0 |
| Elaboração | Entrevista com o cliente | 42 | 46 | 7 | 5 | 0,012 | 54 | 26 | 14 | 6 | 0,271 | 60 | 40 | 0 | 0 | 30 | 70 | 0 | 0 | 60 | 40 | 0 | 0 |
| | Definir iterações | 45 | 44 | 6 | 5 | 0,003 | 23 | 54 | 14 | 9 | 0,095 | 50 | 50 | 0 | 0 | 20 | 80 | 0 | 0 | 80 | 20 | 0 | 0 |
| | Analisar e especificar requisitos | 44 | 40 | 8 | 8 | 0,005 | 16 | 57 | 20 | 7 | 0,195 | 50 | 50 | 0 | 0 | 10 | 90 | 0 | 0 | 60 | 30 | 10 | 0 |
| | Validar artefatos com o cliente | 47 | 39 | 7 | 7 | 0,005 | 17 | 27 | 46 | 10 | 0,117 | 60 | 30 | 10 | 0 | 20 | 80 | 10 | 0 | 30 | 40 | 20 | 10 |
| | Desenvolver modelos de análise e projeto | 45 | 44 | 6 | 5 | 0,003 | 8 | 51 | 27 | 14 | 0,049 | 30 | 70 | 0 | 0 | 10 | 80 | 10 | 0 | 50 | 50 | 0 | 0 |
| | Atualizar arquitetura | 45 | 45 | 5 | 5 | 0 | 9 | 51 | 26 | 14 | 0,213 | 40 | 60 | 0 | 0 | 10 | 90 | 0 | 0 | 20 | 50 | 30 | 0 |
| Construção | Definir iterações | 27 | 55 | 12 | 6 | 0,191 | 17 | 27 | 46 | 10 | 0,117 | 20 | 80 | 0 | 0 | 10 | 90 | 0 | 0 | 50 | 50 | 0 | 0 |
| | Elaborar plano de testes | 35 | 49 | 10 | 6 | 0,162 | 13 | 27 | 53 | 7 | 0,075 | 30 | 70 | 0 | 0 | 10 | 90 | 0 | 0 | 40 | 40 | 20 | 0 |
| | Implementar | 6 | 6 | 46 | 42 | 0,003 | 12 | 27 | 55 | 6 | 0,191 | 0 | 0 | 80 | 20 | 10 | 10 | 60 | 20 | 10 | 40 | 40 | 10 |
| | Testar e integrar componentes | 6 | 6 | 23 | 65 | 0,050 | 7 | 24 | 57 | 12 | 0,195 | 0 | 0 | 20 | 80 | 0 | 10 | 20 | 70 | 0 | 0 | 60 | 40 |
| | Incrementar modelos | 42 | 45 | 7 | 6 | 0,005 | 7 | 21 | 59 | 13 | 0,119 | 0 | 30 | 50 | 20 | 10 | 60 | 15 | 15 | 0 | 10 | 60 | 30 |
| | Desenvolver manual do sistema | 44 | 26 | 22 | 8 | 0,403 | 9 | 28 | 54 | 9 | 0,043 | 50 | 50 | 0 | 0 | 50 | 50 | 0 | 0 | 20 | 20 | 40 | 20 |
| Transição | Desenvolver estratégias de implantação | 63 | 27 | 5 | 5 | 0,090 | 8 | 14 | 53 | 25 | 0,076 | 30 | 70 | 0 | 0 | 50 | 40 | 0 | 10 | 0 | 10 | 30 | 60 |
| | Documentar notas de versões | 12 | 12 | 28 | 48 | 0,057 | 12 | 28 | 48 | 12 | 0,057 | 80 | 20 | 0 | 0 | 20 | 50 | 30 | 0 | 0 | 10 | 80 | 10 |
| | Implantar | 17 | 10 | 32 | 41 | 0,098 | 7 | 21 | 59 | 13 | 0,119 | 0 | 0 | 10 | 90 | 10 | 10 | 0 | 80 | 0 | 0 | 20 | 80 |
| | Realizar testes | 6 | 7 | 21 | 66 | 0,038 | 7 | 13 | 27 | 53 | 0,075 | 0 | 0 | 10 | 90 | 0 | 0 | 10 | 90 | 0 | 0 | 20 | 80 |
| | Avaliar manutenção | 53 | 28 | 11 | 8 | 0,066 | 13 | 22 | 49 | 16 | 0,058 | 10 | 0 | 10 | 80 | 50 | 50 | 0 | 0 | 0 | 0 | 10 | 90 |

Legenda: A: análise P: projeto I: implementação T: teste

Ao se analisar a Tabela 10 percebe-se que:

- Fase de Concepção:
 - ✓ Os julgamentos do avaliador B apresentaram o menor grau de inconsistência apenas nas três primeiras atividades. Já os julgamentos do avaliador C apresentaram o menor grau de inconsistência apenas nas três últimas atividades.
 - ✓ Considerando os julgamentos do avaliador B, observa-se que o consumo de esforço tende a ser maior nas etapas de Análise e Projeto para todas as atividades desta fase.
 - ✓ Considerando os julgamentos do avaliador C, nas três primeiras atividades, o consumo de esforço tende a ser maior nas etapas de Análise e Projeto. Já nas três últimas atividades o consumo de esforço tende a ser maior nas etapas de Implementação e Teste.
 - ✓ Os valores arbitrados pelos avaliadores apresentam um maior consumo de esforço nas etapas de Análise e Projeto.

- Fase de Elaboração:
 - ✓ Os julgamentos do avaliador B apresentaram o menor grau de inconsistência em relação aos julgamentos do avaliador C.
 - ✓ Considerando os julgamentos do avaliador B, observa-se que o consumo de esforço tende a ser maior nas etapas de Análise e Projeto para todas as atividades desta fase.
 - ✓ A partir dos julgamentos do avaliador C, o consumo de esforço tende a ser maior nas etapas de Análise e Projeto. Com exceção para a atividade Validar artefatos com o cliente, que apresenta um maior consumo de esforço na etapa de Implementação.
 - ✓ Os valores arbitrados pelos avaliadores apresentam um maior consumo de esforço para as etapas de Análise e Projeto.
 - ✓ O avaliador C é o único a apresentar um percentual maior de consumo de esforço nas etapas de Implementação e Teste nesta fase, tanto nos valores estimados, quanto nos valores arbitrados.

- Fase de Construção:
 - ✓ O julgamento do avaliador B apresentou o maior grau de inconsistência na atividade Desenvolver manual do sistema. Já o avaliador C apresentou o maior grau de inconsistência na atividade Testar e integrar componentes.
 - ✓ Os julgamentos do avaliador C apresentaram um maior consumo de esforço para a etapa de Implementação em todas as atividades desta fase.
 - ✓ Os julgamentos do avaliador B apresentaram uma oscilação em relação à etapa que consome maior esforço em cada uma das atividades desta fase, tanto nos valores estimados, quanto nos valores arbitrados.
 - ✓ Os valores arbitrados pelos avaliadores apresentaram coerência na distribuição de esforço consumido das etapas pelas atividades.

- Fase de Transição:
 - ✓ Os julgamentos dos avaliadores B e C apresentaram um maior grau de inconsistência na atividade Implantar.
 - ✓ Considerando os julgamentos do avaliador B, observa-se que o consumo de esforço tende a ser maior nas etapas de Análise e Teste para as atividades desta fase. Já o avaliador C apresenta um maior consumo de esforço na etapa de Implementação.
 - ✓ Os valores arbitrados pelos avaliadores apresentam um maior consumo de esforço para as etapas de Implementação e Teste. Com exceção para os julgamentos feitos pelo avaliador B.

6.4.4 Distribuição de esforço das Etapas em relação às Fases

Como descrito no Capítulo 5, a distribuição de esforço das Etapas em relação às Fases é dada pelos julgamentos paritários realizados na segunda e terceira parte do questionário de avaliação, combinando-se os resultados obtidos na distribuição de esforço das Atividades em relação às Fases com a distribuição de esforço das Etapas em relação às Atividades.

A título de ilustração seguem os cálculos realizados para obter a distribuição de esforço das Etapas em relação à Fase de Concepção, considerando os julgamentos feitos pelo avaliador B (Figuras 11 e 12):

- $\text{Análise}_{\text{Concepção}} = (0,22 \times 0,76) + (0,24 \times 0,76) + (0,13 \times 0,68) + (0,32 \times 0,62) + (0,06 \times 0,07) + (0,03 \times 0,56) = 0,6574 \Rightarrow 66\%.$
- $\text{Projeto}_{\text{Concepção}} = (0,22 \times 0,08) + (0,24 \times 0,08) + (0,13 \times 0,20) + (0,32 \times 0,28) + (0,06 \times 0,65) + (0,03 \times 0,27) = 0,1995 \Rightarrow 20\%.$
- $\text{Implementação}_{\text{Concepção}} = (0,22 \times 0,08) + (0,24 \times 0,08) + (0,13 \times 0,06) + (0,32 \times 0,05) + (0,06 \times 0,22) + (0,03 \times 0,13) = 0,0777 \Rightarrow 8\%.$
- $\text{Teste}_{\text{Concepção}} = (0,22 \times 0,08) + (0,24 \times 0,08) + (0,13 \times 0,06) + (0,32 \times 0,05) + (0,06 \times 0,06) + (0,03 \times 0,04) = 0,0654 \Rightarrow 6\%.$

Estes dados também podem ser obtidos com o auxílio da ferramenta IPÊ. Neste caso o foco principal deve ser uma das Fases do modelo UP; como critérios deve-se ter as Atividades de cada Fase e como alternativas se mantêm as Etapas de desenvolvimento.

Como consta na seção 6.3, a segunda parte do questionário de avaliação foi preenchido apenas pelos avaliadores A e B, e a terceira parte do questionário de avaliação foi preenchido apenas pelos avaliadores B e C.

Neste experimento é possível gerar esta estimativa de distribuição de esforço combinando-se os resultados obtidos pelos julgamentos destes avaliadores. As seguintes combinações foram feitas:

- Avaliador A x Avaliador B.
- Avaliador A x Avaliador C.
- Avaliador B x Avaliador C.
- Avaliador B x Avaliador B.

Também será apresentada a distribuição de esforço gerada com base na razão de consistência (RC) destes julgamentos, onde os julgamentos com maior grau de coerência da segunda e terceira parte do questionário de avaliação foram combinados.

A Figura 14 apresenta a distribuição de esforço das Etapas em relação às Fases do modelo UP, resultante da combinação dos julgamentos dos avaliadores A e B.

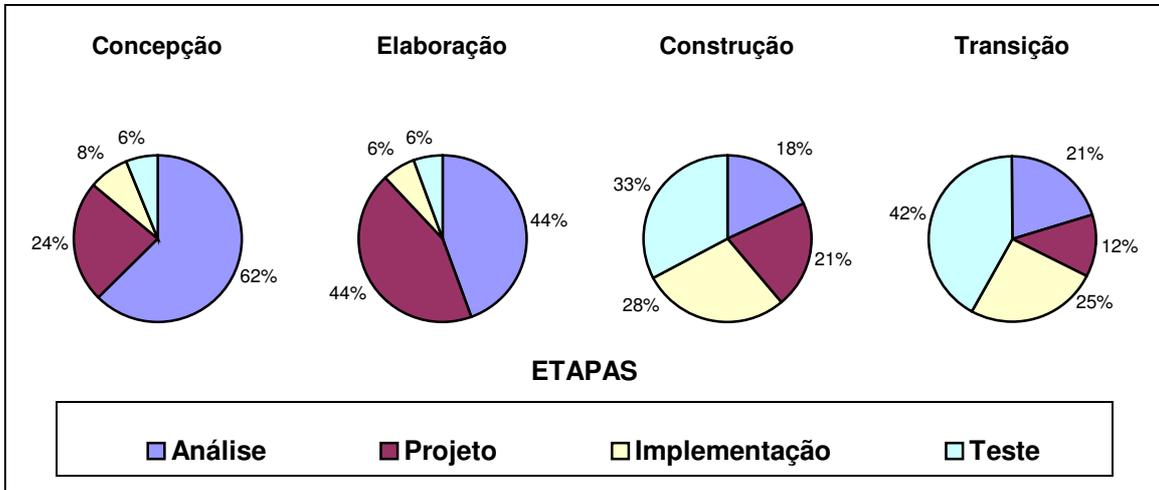


Figura 14. Distribuição de esforço das Etapas pelas Fases (avaliador A x avaliador B).

A Figura 15 apresenta a distribuição de esforço das Etapas em relação às Fases do modelo UP, resultante da combinação dos julgamentos dos avaliadores A e C.

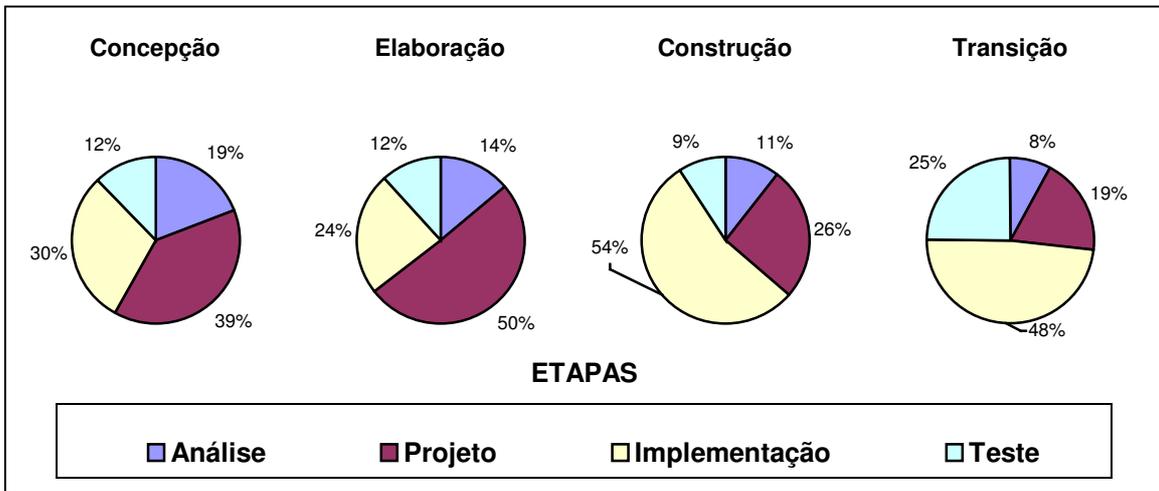


Figura 15. Distribuição de esforço das Etapas pelas Fases (avaliador A x avaliador C).

A Figura 16 apresenta a distribuição de esforço das Etapas em relação às Fases do modelo UP, resultante da combinação dos julgamentos dos avaliadores B e C.

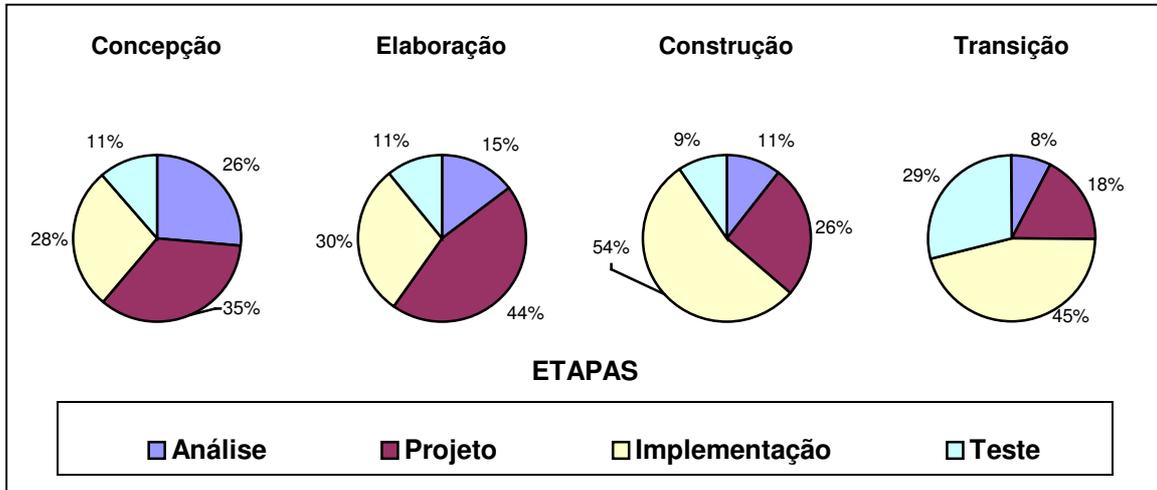


Figura 16. Distribuição de esforço das Etapas pelas Fases (avaliador B x avaliador C).

A Figura 17 apresenta a distribuição de esforço das Etapas em relação às Fases do modelo UP, resultante dos julgamentos do avaliador B.

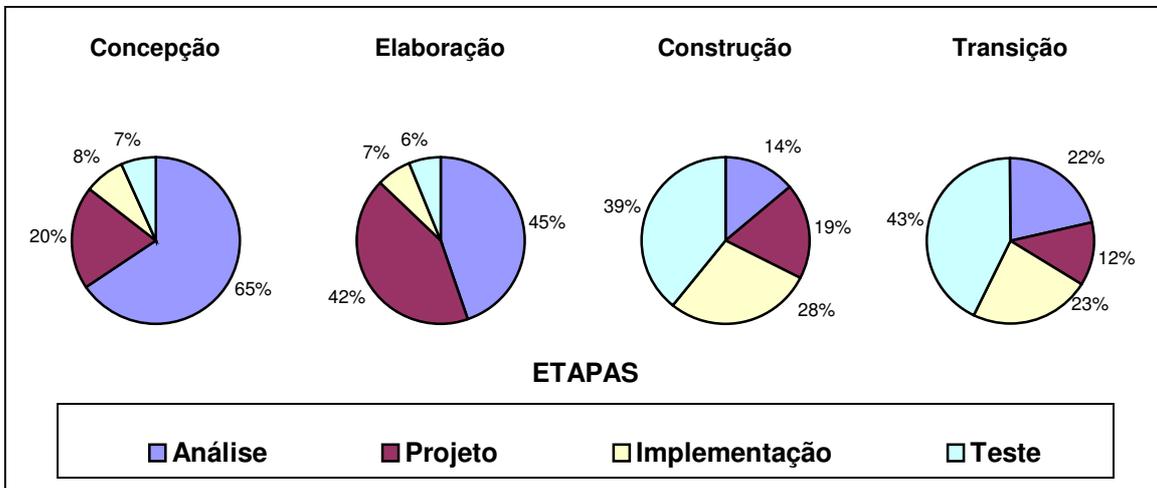


Figura 17. Distribuição de esforço das Etapas pelas Fases (avaliador B x avaliador B).

A Figura 18 apresenta a distribuição de esforço das Etapas em relação às Fases do modelo UP, resultante da combinação dos julgamentos dos avaliadores que apresentaram o maior grau de coerência.

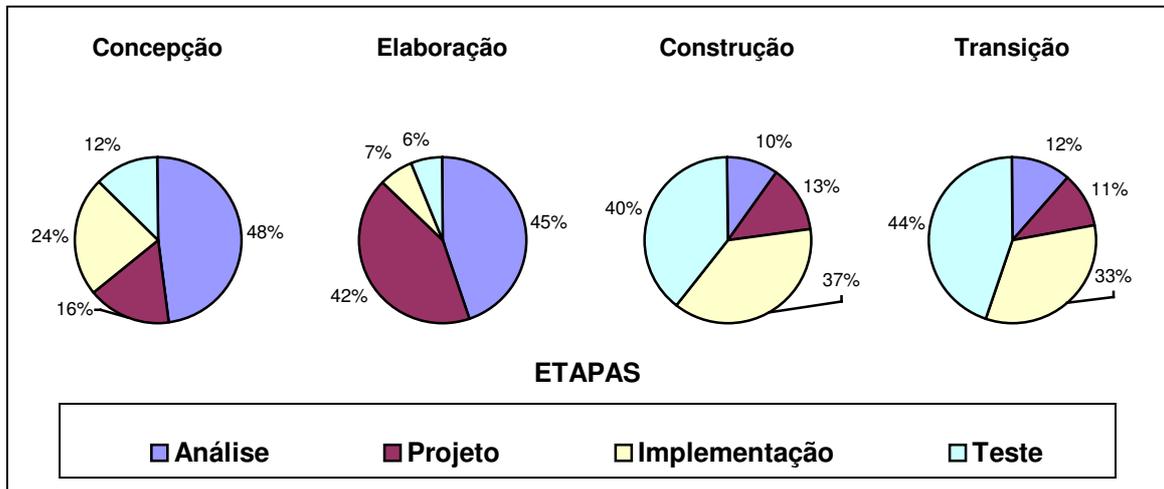


Figura 18. Distribuição de esforço das Etapas pelas Fases (Maior grau de coerência).

A Tabela 11 sintetiza as distribuições de esforços resultantes da aplicação do modelo proposto, bem como dos julgamentos arbitrários realizados por todos os avaliadores.

Tabela 11. Resumo das distribuições de esforços das Etapas pelas Fases do modelo UP.

| Julgamentos Etapas | Distribuições do Modelo Proposto (%) | | | | | Distribuições Arbitrárias (%) | | | |
|-----------------------|--------------------------------------|-------|-------|-------|-------------------------|-------------------------------|-------------|-------------|----|
| | A x B | A x C | B x C | B x B | Maior grau de coerência | Avaliador A | Avaliador B | Avaliador C | |
| Concepção | Análise | 62 | 19 | 26 | 65 | 48 | 70 | 50 | 20 |
| | Projeto | 24 | 39 | 35 | 20 | 16 | 30 | 45 | 50 |
| | Implementação | 8 | 30 | 28 | 8 | 24 | 0 | 5 | 15 |
| | Teste | 6 | 12 | 11 | 7 | 12 | 0 | 0 | 5 |
| Elaboração | Análise | 44 | 14 | 15 | 45 | 45 | 50 | 30 | 10 |
| | Projeto | 44 | 50 | 44 | 42 | 42 | 20 | 50 | 40 |
| | Implementação | 6 | 24 | 30 | 7 | 7 | 15 | 15 | 25 |
| | Teste | 6 | 12 | 11 | 6 | 6 | 15 | 5 | 25 |
| Construção | Análise | 18 | 11 | 11 | 14 | 10 | 10 | 5 | 10 |
| | Projeto | 21 | 26 | 26 | 19 | 13 | 10 | 5 | 25 |
| | Implementação | 28 | 54 | 54 | 28 | 37 | 40 | 50 | 50 |
| | Teste | 33 | 9 | 9 | 39 | 40 | 40 | 40 | 15 |

| | | | | | | | | | |
|-----------|---------------|----|----|----|----|----|----|----|----|
| Transição | Análise | 21 | 8 | 8 | 22 | 12 | 5 | 5 | 10 |
| | Projeto | 12 | 19 | 18 | 12 | 11 | 5 | 5 | 10 |
| | Implementação | 25 | 48 | 45 | 23 | 33 | 40 | 10 | 30 |
| | Teste | 42 | 25 | 29 | 43 | 44 | 50 | 80 | 50 |

Ao se analisar a Tabela 11 percebe-se que:

- Fase de Concepção:
 - ✓ Os julgamentos dos avaliadores A x B e B x B apresentaram um consumo de esforço semelhante. O mesmo ocorre com os julgamentos dos avaliadores A x C e B x C.
 - ✓ Há uma relação entre os valores estimados em A x B e B x B com os valores arbitrados pelos avaliadores A e B. Em todas estas distribuições o consumo de esforço decresce gradativamente.
 - ✓ Há uma relação entre os valores estimados em A x C e B x C com os valores arbitrados pelo avaliador C. Em todas estas distribuições o consumo de esforço aumenta e decresce em seguida.
 - ✓ A distribuição de esforço dada pelos julgamentos com o maior grau de coerência diverge fortemente das demais distribuições nas etapas de Análise e Projeto.
 - ✓ Observando os valores estimados e arbitrados pode-se perceber que há um maior consumo de esforço nas etapas de Análise e Projeto.

- Fase de Elaboração:
 - ✓ Os valores estimados em A x B e B x B apresentam um consumo de esforço semelhante. O mesmo pode-se perceber nos valores estimados em A x C e B x C.
 - ✓ Os valores estimados pelos julgamentos com o maior grau de coerência são idênticos aos valores estimados em B x B. Isto se deve ao fato dos julgamentos do avaliador B terem apresentado o maior grau de coerência nesta Fase.
 - ✓ Observando os valores estimados e arbitrados percebe-se que o consumo de esforço se concentra nas etapas de Análise e Projeto.

- Fase de Construção:
 - ✓ Os valores estimados em A x B e B x B apresentam um consumo de esforço semelhante, com enfoque principalmente para as etapas de Implementação e Teste.
 - ✓ A distribuição de esforço em A x C e B x C é idêntica para todas as etapas, com enfoque principalmente para as etapas de Projeto e Implementação. Este fato se deve a forte influência dos julgamentos do avaliador C.
 - ✓ Os valores estimados pelos julgamentos com maior grau de coerência são semelhantes aos valores arbitrados pelo avaliador A.
 - ✓ Comparando-se os valores estimados e arbitrados percebe-se que o consumo de esforço se concentra nas etapas de Implementação e Teste.

- Fase de Transição:
 - ✓ Os valores estimados em A x B e B x B apresentam um consumo de esforço semelhante, com enfoque principalmente para as etapas de Implementação e Teste. O mesmo pode-se perceber entre os valores estimados em A x C e B x C.
 - ✓ Os valores estimados pelos julgamentos com maior grau de coerência são semelhantes aos valores arbitrados pelo avaliador C.
 - ✓ Comparando-se os valores estimados e arbitrados percebe-se que o consumo de esforço se concentra nas etapas de Implementação e Teste.

6.4.5 Distribuição de esforço das Etapas em relação ao Foco Principal

Para alcançar o objetivo desta dissertação, ou seja, a distribuição de esforço das Etapas em relação ao Foco Principal, é necessário que os julgamentos paritários sejam realizados em todos os níveis hierárquicos ilustrados na Figura 7.

Neste experimento o questionário de avaliação foi preenchido parcialmente pelos avaliadores A e C, pelos motivos já citados na seção 6.3. Assim para obter uma gama maior do resultado final esperado é necessário realizar a combinação dos julgamentos dos avaliadores. A Tabela 12 apresenta as combinações de julgamentos que podem ser feitas, considerando as partes do questionário de avaliação preenchidas pelos avaliadores.

Tabela 12. Possíveis combinações dos julgamentos.

| Questionário de Avaliação \ Avaliador | A | B | C |
|---------------------------------------|---|---|---|
| 1ª Parte | x | x | x |
| 2ª Parte | x | x | |
| 3ª Parte | | x | x |

Buscando apresentar dados significativos sobre a distribuição de esforço das Etapas em relação ao Foco Principal, algumas combinações de julgamentos serão descartadas, dada a visão tática, estratégica e operacional dos avaliadores em cada uma das partes do questionário de avaliação.

Para a geração desta distribuição de esforço não serão considerados os julgamentos feitos pelo avaliador B na terceira parte do questionário de avaliação, bem como os julgamentos feitos pelo avaliador C na primeira parte do questionário de avaliação.

Neste experimento, optou-se em selecionar as combinações de julgamentos embasadas na área de atuação do avaliador e relevância de seu julgamento em cada um dos níveis hierárquicos. Assim foram realizadas as seguintes combinações de julgamentos:

- Combinação 1: esta combinação considerou os julgamentos do avaliador A na primeira e segunda parte do questionário de avaliação e os julgamentos do avaliador C na terceira parte do questionário de avaliação.
- Combinação 2: esta combinação considerou os julgamentos feitos pelo avaliador A na primeira parte do questionário; os julgamentos do avaliador B na

segunda parte do questionário e os julgamentos do avaliador C na terceira parte do questionário.

- Combinação 3: esta combinação considerou os julgamentos feitos pelo avaliador B na primeira parte do questionário; os julgamentos do avaliador A na segunda parte do questionário e os julgamentos do avaliador C na terceira parte do questionário.
- Combinação 4: esta combinação considerou os julgamentos do avaliador B na primeira e segunda parte do questionário de avaliação e os julgamentos do avaliador C na terceira parte do questionário de avaliação.

Também será apresentada a distribuição de esforço gerada com base na razão de consistência (RC) dos julgamentos realizados, onde os julgamentos com maior grau de coerência da primeira, segunda e terceira parte do questionário de avaliação foram combinados.

A Figura 19 apresenta a distribuição de esforço das Etapas em relação ao Foco Principal, resultante da combinação dos julgamentos citada anteriormente.

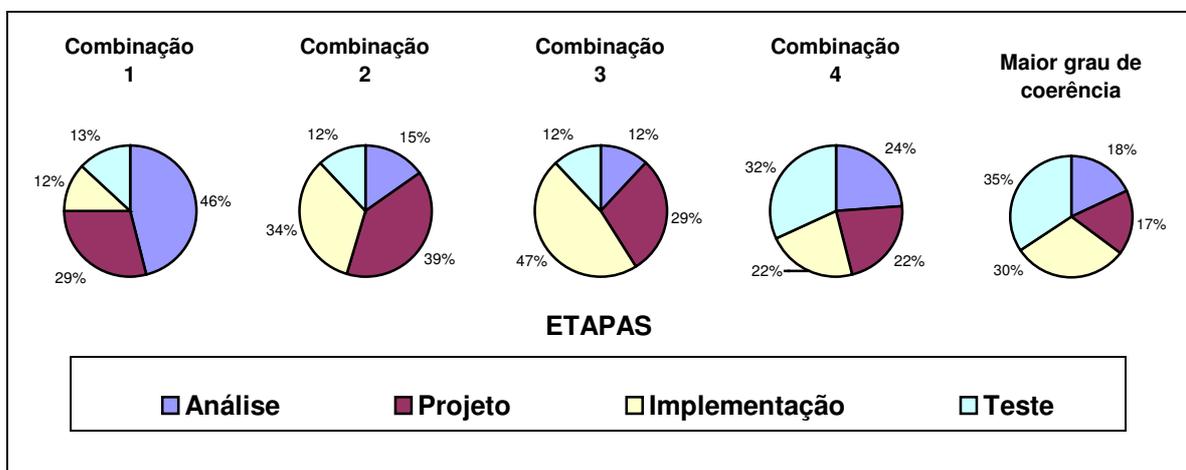


Figura 19. Distribuição de esforço das Etapas em relação ao Foco Principal.

A Tabela 13 sintetiza as distribuições de esforços resultantes da aplicação do modelo proposto, bem como dos julgamentos arbitrários realizados.

Tabela 13. Resumo das distribuições de esforços das Etapas em relação ao Foco Principal.

| Etapas \ Combinações | Distribuições do Modelo Proposto (%) | | | | | Distribuições Arbitrárias (%) | | |
|----------------------|--------------------------------------|----|----|----|-------------------------|-------------------------------|-------------|-------------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | Maior grau de coerência | Avaliador A | Avaliador B | Avaliador C |
| Análise | 46 | 15 | 12 | 24 | 18 | 10 | 10 | 20 |
| Projeto | 29 | 39 | 29 | 22 | 17 | 10 | 25 | 20 |
| Implementação | 12 | 34 | 47 | 22 | 30 | 30 | 50 | 40 |
| Teste | 13 | 12 | 12 | 32 | 35 | 50 | 15 | 20 |

Ao se analisar a Tabela 13 percebe-se que:

- As distribuições de esforços dadas pelas combinações 2 e 3 são bem semelhantes, combinando as avaliações do gerente de projeto e do analista de sistemas com as do programador. Segundo estas avaliações, há um maior consumo de esforço na etapa de Implementação.
- Considerando as distribuições de esforços dadas pela combinação 1, observa-se que há um maior consumo de esforço nas Etapas iniciais de desenvolvimento. Este fato revela a forte influência dos julgamentos do avaliador A, que apresenta um maior envolvimento com estas etapas do projeto.
- Considerando as distribuições de esforços dadas pela combinação dos julgamentos com o maior grau de coerência, observa-se que há um maior consumo de esforço nas Etapas finais de desenvolvimento.
- Considerando as distribuições dadas pelas combinações 1 e 4, observa-se que há uma discrepância quando comparadas as demais distribuições. Esta discrepância é esperada, dada a “mistura” de julgamentos heterogêneos referentes a avaliadores posicionados em diferentes níveis da hierarquia.
- Comparando-se os valores estimados e arbitrados pode-se perceber a disparidade entre as distribuições em alguns casos, apresentando um maior consumo de esforço nas Etapas finais do processo de desenvolvimento.

7 CONCLUSÕES

Este trabalho propõe e descreve uma forma alternativa de estimar, com base na percepção dos profissionais envolvidos no processo de desenvolvimento, a distribuição de esforço do desenvolvimento de software, a partir da integração do modelo de desenvolvimento do Processo Unificado (UP) e do Método de Análise Hierárquica (AHP).

As estimativas para software buscam prever o futuro, usando informações objetivas e subjetivas. O uso de informação subjetiva insere no processo de medição um limite de incerteza nos cálculos. O diferencial desta proposta é que a mesma tem sua base construída sobre os princípios de hierarquia, julgamento e consistência do Método de Análise Hierárquica (AHP), com o objetivo de oferecer maior flexibilidade e avaliação de coerência na obtenção da distribuição de esforço e minimizar o impacto da subjetividade.

O método AHP mostrou ser adequado na estruturação desta proposta, permitindo ao decisor definir suas prioridades, tendo como base seus objetivos, intuição, experiência e conhecimento do problema.

Uma outra contribuição desta proposta se refere ao indicador de coerência (inconsistência) dos julgamentos, oferecendo ao decisor mais uma forma de avaliar a coerência e consistência dos julgamentos realizados.

Esta proposta foi apresentada a alguns profissionais envolvidos no processo de desenvolvimento de software a fim de constatar a viabilidade de sua aplicação na prática. Segundo os avaliadores, o preenchimento do questionário de avaliação é um pouco monótono e cansativo.

Foi considerada relevante a utilização de um facilitador ou moderador com a responsabilidade de auxiliar o levantamento dos julgamentos junto aos avaliadores, efetuar o tratamento dos dados e esboçar os gráficos com a distribuição de esforço consumido no

desenvolvimento de software. O facilitador não tem poder de decisão e nem pode influenciar os avaliadores, seu papel se restringe apenas a orientar e modelar o processo.

Além da crítica referente ao preenchimento do questionário de avaliação, o experimento realizado não destacou nenhuma restrição grave a aplicação da abordagem proposta, que se apresentou particularmente útil quando do desenvolvimento de aplicativos em um ambiente no qual não se disponha de uma base de dados estatística que permita usar com segurança os métodos convencionais de medição de esforço no desenvolvimento de software.

As seguintes sugestões são apresentadas para futuros desenvolvimentos:

- Experimentar a aplicação da abordagem proposta a outras metodologias de desenvolvimento como, por exemplo, o XP (*Extreme Programming*), onde o modelo de desenvolvimento de sistemas difere do modelo UP, apresentando um conjunto de atividades com o esforço direcionado principalmente para a implementação e teste.
- Experimentar a aplicação da abordagem proposta em uma maior diversidade de ambientes de desenvolvimento de sistemas computacionais.

8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGUIAR, Maurício. *Gerando estimativas confiáveis com COCOMO II e o banco de dados do ISBSG*. Catálogo de apresentações (Empresa tiMétricas). 2002. Apresenta materiais diversos sobre métricas de software. Disponível em: <<http://www.metrics.com.br/artigos.htm>>. Acesso em: 22 set. 2003.

AZEVEDO, Delmir Peixoto de. *Sistematização do levantamento de requisitos a partir de modelos de negócio em processos iterativos de desenvolvimento de software*. 2003. 114 p. Dissertação (Mestrado em Ciências de Engenharia) – Universidade Estadual do Norte Fluminense, Rio de Janeiro. 2003.

BARROS, Márcio. *Introdução a engenharia de software e modelos de ciclo de vida*. Rio de Janeiro: Universidade Federal do Rio de Janeiro/Instituto Alberto Luiz Coimbra de Pós-graduação e Pesquisa de Engenharia (COPPE), 2003. (Material didático do Programa de Engenharia de Sistemas e Computação - Linha de Pesquisa Engenharia de Software). Disponível em: <<http://www.cos.ufrj.br/~marcio/esoo/esoo1.pdf>>. Acesso em: 20 dez. 2004.

BEZERRA, Eduardo. *Desenvolvimento incremental e iterativo*. Catálogo de artigos. Apresenta materiais diversos sobre informática. Disponível em: <<http://www.mundooo.com.br/php/mooartigos.php?pa=showpage&pid=20>>. Acesso em: 21 out. 2003.

CALSAVARA, Alcides et al. Aderência do RUP à norma NBR ISO/IEC 12207. *Bate Byte*: Revista da Companhia de Informática do Paraná, Paraná: CELEPAR, n. 104, dez. 2000. Disponível em: <<http://www.pr.gov.br/batebyte/anteriores.shtml>>. Acesso em: 20 out. 2003.

CASTRO, Aldemar Araujo. *Revisão sistemática: análise e apresentação dos resultados*. São Paulo: UNIFEST Virtual, 2001. (Manuscrito do Curso de Revisão Sistemática com ou sem metanálise). Disponível em: <<http://www.metodologia.org>>. Acesso em: 04 nov. 2004.

CORRÊA, Ronaldo C. *Custos em empresas prestadoras de serviços de informática: aplicação do ABC*. 2002. 92 p. Dissertação (Pós-Graduação em Engenharia de Produção) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2002. Disponível em: <<http://www.inf.ufsc.br/~cezar/indexorientacoes.html>>. Acesso em: 25 set. 2004.

COSTA, Helder Gomes. *Introdução ao Método de Análise Hierárquica*. Rio de Janeiro: 2002.

_____. *IPÊ 1.0: guia do usuário*. Niterói: Universidade Federal Fluminense, v. 4, p. 26, 2004. (Relatórios de Pesquisa da Engenharia de Produção - Mestrado em Engenharia de

Produção). Disponível em: <<http://www.producao.uff.br/rpep/revista-V4-2004.htm>>. Acesso em: 04 fev. 2005.

DEKKERS, Carol A. Pontos de função e medidas. *Journal of the Quality Assurance Institute*, Flórida, janeiro 1999. Disponível em: <<http://www.bfpug.com.br/artigos.htm>>. Acesso em: 20 jul. 2003.

GOMES, Álvaro Eduardo. Métricas e estimativas de software: o início de um rallye. *Developers' Magazine*, Rio de Janeiro, v. 4, n. 39, p. 50-53, nov. 1999.

GOMES, Luiz Flavio Autran Monteiro. Da informação à tomada de decisão: agregando valor através de métodos multicritério. *Revista de Ciência e Tecnologia*, Recife, v. 2, n. 2, p. 117-139, 1998. Disponível em: <<http://www.fundaj.gov.br/rtec/res/res-001.html>>. Acesso em: 18 jun. 2003.

HAZAN, Claudia; SILVA, Paulo Afonso Lopes da. *Implantando a melhoria contínua no processo de desenvolvimento de software*. Rio de Janeiro: Instituto Militar de Engenharia, 1998. (Relatório Técnico do Departamento de Engenharia de Sistema). Disponível em: <<http://www.ipanema.ime.br/pcrelatori.htm>>. Acesso em: 25 set. 2004.

JACOBSON, Ivar; BOOCH, Grady; RUMBAUGH, James. *The unified software development process*. Massachusetts: Addison-Wesley, 1999.

LINDAU, Luis Antônio. *Indicadores de produtividade para o transporte coletivo por ônibus de Porto Alegre: análise via benchmarking*. Rio Grande do Sul: Universidade Federal do Rio Grande do Sul/Escola de Engenharia, 1995. (Projetos do Laboratório de Sistemas de Transporte). Disponível em: <<http://www.producao.ufrgs.br/pesquisa/projetos/benchmarking/benchmarking.pdf>>. Acesso em: 21 out. 2003.

LISBOA, Marcus Vinicius. *Contribuição para tomada de decisão na classificação e seleção de alternativas de traçado para rodovias em trechos urbanizados*. 2002. 194 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2002. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3138/tde-24042003-183416/publico/tesemarcusviniciuslisboa.pdf>>. Acesso em: 25 set. 2004.

MACHADO, Cristina Ângela Filipak; SINGH, Raghu; SPACE AND NAVAL WARFARE SYSTEMS COMMAND. Norma - Processos de Ciclo de Vida de Software. *Bate Byte* – Revista da Companhia de Informática do Paraná (CELEPAR), Paraná: n. 52, abr. 1996. Disponível em: <<http://www.pr.gov.br/batebyte/antiores.shtml>>. Acesso em: 20 out. 2003.

MACHADO, Eduardo Pitombo; GOMES, Luiz Flavio A. Monteiro; CHAUVEL, Marie Agnes. Avaliação de estratégias em marketing de serviços: um enfoque multicritério. *Revista de Administração Mackenzie*, São Paulo, n. 2, p. 61-85. 2002. Disponível em: <<http://www.mackenzie.com.br/editoramackenzie/>>. Acesso em: 05 nov. 2004.

MARTINS, Vidal. O processo unificado de desenvolvimento de software. *Bate Byte*: Revista da Companhia de Informática do Paraná, Paraná: CELEPAR, n. 89, ago. 1999. Disponível em: <<http://www.pr.gov.br/batebyte/antiores.shtml>>. Acesso em: 01/dez/2003.

- MELLER, Maristela Corrêa. *Modelos para estimar custos de software: estudo comparativo com softwares de pequeno porte*. 2002. 163 p. Dissertação (Pós-Graduação em Ciência da Computação) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2002. Disponível em: <<http://www.inf.ufsc.br/~cezar/indexorientacoes.html>>. Acesso em: 25 set. 2004.
- MONTIBELLER NETO, Gilberto; ENSSLIN, Leonardo. Avaliando a eficiência de metodologias de apoio à decisão. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE PESQUISA OPERACIONAL, 23., 2001, São Paulo. Disponível em: <<http://www.sobrapo.org.br/simposios/xxxiii/artigos/013-ST228.pdf>>. Acesso em: 21 out. 2003.
- MOREIRA FILHO, Trayahú R. Estimativas de projeto: um desafio. *Developers' Magazine*, Rio de Janeiro, v. 3, n. 33, p. 56, mai. 1999.
- OLIVEIRA, Jorge Ricardo Souza de. *ISO/IEC 12207: processo de ciclo de vida de software*. Pará: Instituto Luterano de Ensino Superior de Santarém, 2003. (Material didático da disciplina Qualidade e Auditoria de Software - Curso de Informática). Disponível em: <<http://www.qualidadesoftware.hpg.ig.com.br/>>. Acesso em: 20 out. 2003.
- PINHEIRO, Antonio P et al. Avaliação de Desempenho: um enfoque sistêmico. In: ENCONTRO NACIONAL DE AVALIAÇÃO DOS CURSOS DE GRADUAÇÃO, 12., 2001, São Paulo. Disponível em: <http://www.angrad.com/artigos_xii_enangrad.asp>. Acesso em: 29 nov. 2003.
- PRESSMAN, Roger S. *Engenharia de Software*. São Paulo: Makron Books, 1995.
- QUATRANI, Terry. *Modelagem visual com Rational Rose 2000 e UML*. Rio de Janeiro: Ciência Moderna, 2001.
- RIBEIRO, Selmo E. P. *Proposta de procedimentos na aplicação dos princípios do AHP em sistemas de custeio: um estudo de caso em uma indústria de laticínios*. 2002. 143 p. Dissertação (Mestrado em Ciências de Engenharia) – Universidade Estadual do Norte Fluminense, Rio de Janeiro. 2002.
- SAATY, T. L. *Método de análise hierárquica*. São Paulo: Makron Books, 1991.
- SANTANDER, Victor F. A.; VASCONCELOS, A. M. L. de. Mapeando o processo unificado em relação ao CMM – Nível 2. In: CONFERÊNCIA INTERNACIONAL DE TECNOLOGIA DE SOFTWARE: QUALIDADE DE SOFTWARE, 11., 2000, Recife. *Anais...* Recife: Universidade Federal de Pernambuco. Disponível em: <<http://www.qualiti.com.br/artigos/RUPxCMM.pdf>>. Acesso em: 18 out. 2003.
- SEABRA, Rodolfo M. *Análise e projeto orientado a objetos usando UML e processo unificado*. 2001. 99 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Ciência da Computação) – Centro de Ciências Exatas e Naturais, Universidade Federal do Pará, Belém, 2001. Disponível em: <<http://www.ime.usp.br/~cbeltran/apooumlp.pdf>>. Acesso em: 18 out. 2003.
- SIMÕES, Carlos Alberto. Sistemática de métricas, qualidade e produtividade. *Developers' Magazine*, Rio de Janeiro, v. 4, n. 37, p. 24-26, set. 1999.

SILVA, Antonio Rito. *Processo de desenvolvimento*. Portugal:Universidade Técnica de Lisboa/ Instituto Superior Técnico, 2004. (Material de apoio teórico da disciplina Engenharia de Programação - Licenciatura em Engenharia de Informática e de Computadores). Disponível em: <<http://mega.ist.utl.pt/~ic-ep/docs/material/teoricas/Processo.pdf>>. Acesso em: 09 ago. 2004.

SILVA, Augusto Sérgio Mendes; COSTA, Helder Gomes. Gerenciamento e fiscalização de contratos para a implantação de projetos de plataformas marítimas de produção de petróleo e gás natural. In: CONGRESSO IBERO AMERICANO DE GERÊNCIA DE PROJETOS – PMI, 4., 2003, Rio de Janeiro-São Paulo. *Anais...* Rio de Janeiro-São Paulo, p. 15.

STEFANI, Márcio. *Métricas como fator de sucesso na evolução das empresas de software*. Catálogo de apresentações (Empresa Ci&T). 2002. Apresenta materiais diversos sobre métricas de software. Disponível em: <http://www.cit.com.br/fb_eventos_downloads.htm>. Acesso em: 18 set. 2003.

TANAKA, Astério K. *Gerência de projeto de software*. Campos dos Goytacazes, RJ: Universidade Candido Mendes – Campos, 1997. (Material didático usado no Curso de Análise de Sistemas).

VANINI, Fernando Antônio. *Planejamento de projetos de software*. São Paulo: Universidade Estadual de Campinas/ Instituto de Computação, 2003. (Material didático). Disponível em: <<http://www.ic.unicamp.br/~vanini/inf301/planejamento.ppt>>. Acesso em: 19 set. 2003.

XEXÉO, Geraldo. *Modelagem de sistemas de informação*. Rio de Janeiro: 2002. (Material didático). Disponível em: <<http://www.xexeo.org>>. Acesso em: 20 jun. 2004.

YOURDON, Edward. *Análise estruturada moderna*. 3. ed. Rio de Janeiro: Campus, 1990.

APÊNDICES

APÊNDICE A

Descrição das Atividades do modelo UP

A.1. Atividades da Fase de Concepção

a) Entrevista com o cliente

Em um primeiro momento, esta atividade tem como objetivo conhecer e explorar o ambiente no qual o sistema atuará e, posteriormente, fazer um levantamento das funcionalidades do sistema, identificando-se os principais casos de uso e requisitos não-funcionais (especificações suplementares).

b) Analisar e modelar o negócio

Busca-se documentar o negócio com base nas informações obtidas na entrevista com o cliente, a fim de se ter um melhor entendimento dos termos relacionados ao negócio; registrar os principais requisitos não-funcionais (especificações suplementares); modelar os principais processos de negócios, identificando-se a seqüência de execução dos mesmos.

c) Analisar e especificar requisitos

Deve-se analisar as reais necessidades de informatização do processo de negócio ou a necessidade de novos sistemas de suporte automatizado e assim esboçar os principais casos de uso do sistema a ser desenvolvido, representando as funcionalidades em um alto nível de abstração.

d) Validar artefato com o cliente

Tem como objetivo apresentar e validar com o cliente os primeiros artefatos que são gerados nesta fase, tais como: diagrama de contexto, modelo de processo de negócio, glossário, especificações suplementares, modelo de caso de uso e arquitetura geral do sistema.

e) Definir arquitetura do software

Deve-se especificar o sistema em linhas gerais, gerando o modelo de classes, com as principais classes do sistema e seus relacionamentos, diagrama de seqüência e de colaboração, descrevendo a realização dos principais casos de uso, e esboçar modelos de implantação, visando identificar a arquitetura de hardware necessária ao sistema.

f) Elaborar cronograma e orçamento

Deve-se esboçar um cronograma geral do desenvolvimento do projeto e uma previsão de custo do mesmo.

A.2. Atividades da Fase de Elaboração

a) Entrevista com o cliente

Nesta fase a entrevista com o cliente tem por objetivo detalhar e revisar os casos de uso.

b) Definir iterações

Com base na arquitetura do software e especificações suplementares deve-se detalhar o cronograma para esta fase, identificando os casos de uso a serem desenvolvidos e refinados.

c) Analisar e especificar requisitos

Deve-se atualizar e aprofundar a análise feita na fase de Concepção, incrementando os artefatos já existentes (glossário, modelo de caso de uso, especificações suplementares).

d) Validar artefato com o cliente

Apresentar e validar com o cliente os artefatos gerados nesta fase. Neste caso, os modelos de análise e projeto.

e) Desenvolver modelos de análise e projeto

Identificar as interações necessárias a realização de cada caso de uso; atualizar o modelo de classes, identificando quais classes serão responsáveis pela realização de quais casos de uso; gerar o mapa de navegação (classes de interface gráfica); desenvolver modelos de estado e modelo de dados.

f) Atualizar arquitetura

Ajustar todos os modelos da arquitetura de software com as novas informações da análise e projeto, entre eles: modelo de classe, modelo de casos de uso, diagrama de seqüência e modelo de implantação.

A.3. Atividades da Fase de Construção

a) Definir iterações

Planejar a implementação dos componentes para cada iteração nesta fase, de forma a respeitar o cronograma geral.

b) Elaborar o plano de testes

Descrever os testes que serão realizados durante o projeto e o momento que estes devem ocorrer.

c) Implementar

Codificação dos componentes e geração do banco de dados, com base nos modelos de análise e projeto e modelo de dados.

d) Testar e integrar componentes

Realizar os testes gerais e testes de integração de acordo com o definido no plano de testes.

e) Incrementar modelos

Atualizar os artefatos gerados nas fases de Concepção e Elaboração, sendo eles: glossário, especificações suplementares, casos de uso, classes, mapa de navegação, modelos de dados e modelo de estado.

f) Desenvolver manual do sistema

Detalhar cada funcionalidade do sistema, explicando de forma operacional e clara como cada uma deve ser realizada.

A.4. Atividades da Fase de Transição

a) Desenvolver estratégias de implantação

Realizar um planejamento para efetivar a implantação do sistema desenvolvido.

b) Documentar notas de versões

Descrever as características e novidades de cada versão disponibilizada ao cliente, incluindo *bugs* e limitações da versão.

c) Implantar

Consiste da instalação do sistema no ambiente de trabalho, revisando o hardware e software para a execução do mesmo (infraestrutura tecnológica) e treinamento dos usuários.

d) Realizar testes

Realizar testes no ambiente de produção conforme definido no plano de testes.

e) Avaliar manutenção

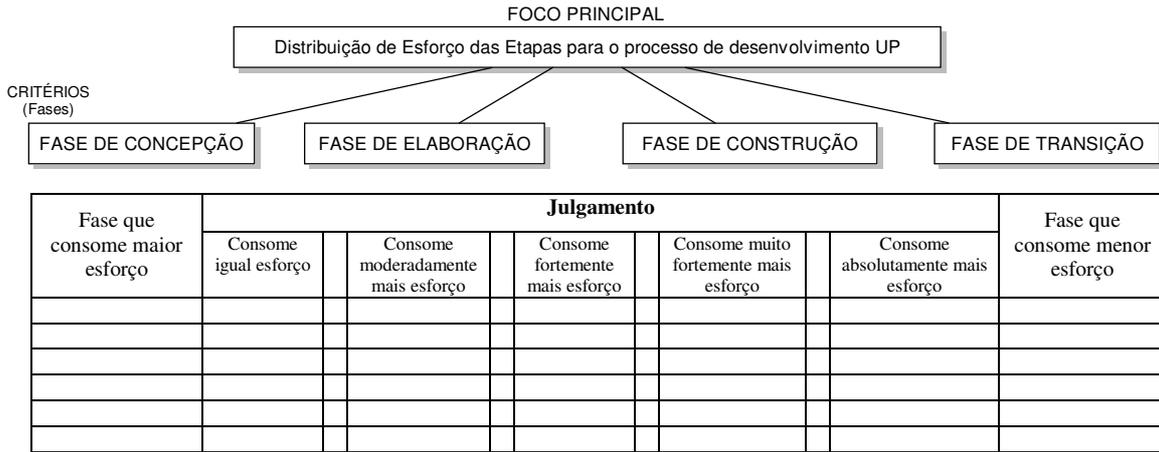
Realizar um planejamento para possíveis manutenções (corretiva, adaptativa e evolutiva).

APÊNDICE B

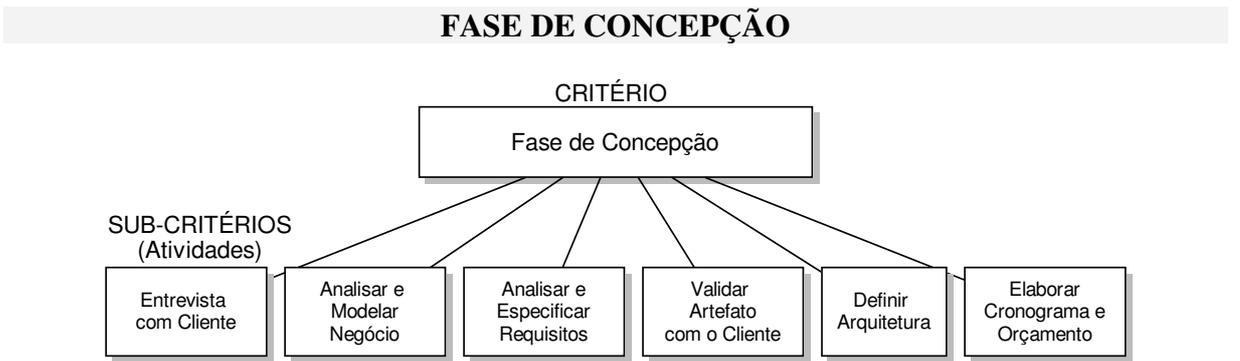
Questionário de Avaliação completo da Proposta

QUESTIONÁRIO DE AVALIAÇÃO

1º PARTE - Complete o questionário abaixo, julgando paritariamente o consumo de esforço das Fases entre si, à luz do Foco Principal:



2º PARTE – Complete o questionário abaixo, julgando paritariamente o consumo de esforço das Atividades entre si, à luz de cada uma das Fases:



a) Compare a atividade Entrevista com o cliente com as demais

| Atividade que consome maior esforço | Julgamento | | | | | Atividade que consome menor esforço |
|-------------------------------------|-----------------------|------------------------------------|---------------------------------|---------------------------------------|------------------------------------|-------------------------------------|
| | Consome igual esforço | Consome moderadamente mais esforço | Consome fortemente mais esforço | Consome muito fortemente mais esforço | Consome absolutamente mais esforço | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |

b) Compare a atividade Analisar e modelar negócio com as demais

| Atividade que consome maior esforço | Julgamento | | | | | Atividade que consome menor esforço |
|-------------------------------------|-----------------------|------------------------------------|---------------------------------|---------------------------------------|------------------------------------|-------------------------------------|
| | Consome igual esforço | Consome moderadamente mais esforço | Consome fortemente mais esforço | Consome muito fortemente mais esforço | Consome absolutamente mais esforço | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |

c) Compare a atividade Analisar e especificar requisitos com as demais

| Atividade que consome maior esforço | Julgamento | | | | | Atividade que consome menor esforço |
|-------------------------------------|-----------------------|------------------------------------|---------------------------------|---------------------------------------|------------------------------------|-------------------------------------|
| | Consome igual esforço | Consome moderadamente mais esforço | Consome fortemente mais esforço | Consome muito fortemente mais esforço | Consome absolutamente mais esforço | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |

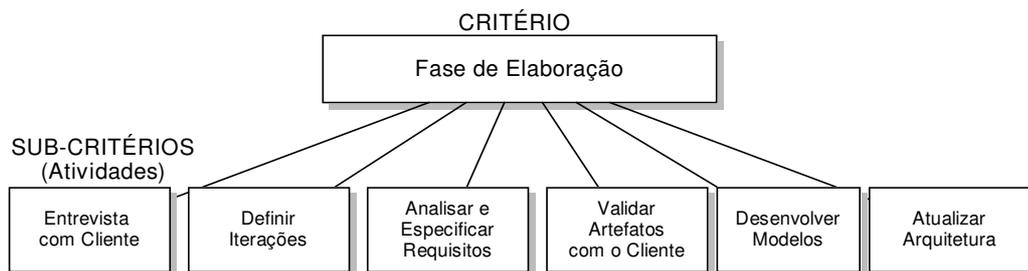
d) Compare a atividade Validar artefato com o cliente com as demais

| Atividade que consome maior esforço | Julgamento | | | | | Atividade que consome menor esforço |
|-------------------------------------|-----------------------|------------------------------------|---------------------------------|---------------------------------------|------------------------------------|-------------------------------------|
| | Consome igual esforço | Consome moderadamente mais esforço | Consome fortemente mais esforço | Consome muito fortemente mais esforço | Consome absolutamente mais esforço | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |

e) Compare a atividade Definir arquitetura com as demais

| Atividade que consome maior esforço | Julgamento | | | | | Atividade que consome menor esforço |
|-------------------------------------|-----------------------|------------------------------------|---------------------------------|---------------------------------------|------------------------------------|-------------------------------------|
| | Consome igual esforço | Consome moderadamente mais esforço | Consome fortemente mais esforço | Consome muito fortemente mais esforço | Consome absolutamente mais esforço | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |

FASE DE ELABORAÇÃO



a) Compare a atividade Entrevista com o cliente com as demais

| Atividade que consome maior esforço | Julgamento | | | | | Atividade que consome menor esforço |
|-------------------------------------|-----------------------|------------------------------------|---------------------------------|---------------------------------------|------------------------------------|-------------------------------------|
| | Consome igual esforço | Consome moderadamente mais esforço | Consome fortemente mais esforço | Consome muito fortemente mais esforço | Consome absolutamente mais esforço | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |

b) Compare a atividade Definir iterações com as demais

| Atividade que consome maior esforço | Julgamento | | | | | Atividade que consome menor esforço |
|-------------------------------------|-----------------------|------------------------------------|---------------------------------|---------------------------------------|------------------------------------|-------------------------------------|
| | Consome igual esforço | Consome moderadamente mais esforço | Consome fortemente mais esforço | Consome muito fortemente mais esforço | Consome absolutamente mais esforço | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |

c) Compare a atividade Analisar e especificar requisitos com as demais

| Atividade que consome maior esforço | Julgamento | | | | | Atividade que consome menor esforço |
|-------------------------------------|-----------------------|------------------------------------|---------------------------------|---------------------------------------|------------------------------------|-------------------------------------|
| | Consome igual esforço | Consome moderadamente mais esforço | Consome fortemente mais esforço | Consome muito fortemente mais esforço | Consome absolutamente mais esforço | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |

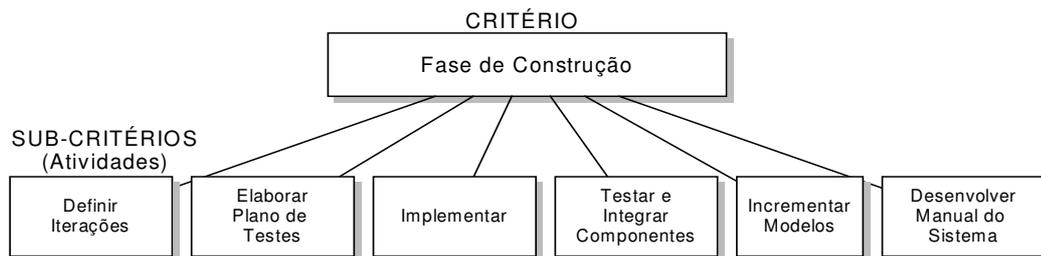
d) Compare a atividade Validar artefato com o cliente com as demais

| Atividade que consome maior esforço | Julgamento | | | | | Atividade que consome menor esforço |
|-------------------------------------|-----------------------|------------------------------------|---------------------------------|---------------------------------------|------------------------------------|-------------------------------------|
| | Consome igual esforço | Consome moderadamente mais esforço | Consome fortemente mais esforço | Consome muito fortemente mais esforço | Consome absolutamente mais esforço | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |

e) Compare a atividade Desenvolver modelos de análise e projeto com as demais

| Atividade que consome maior esforço | Julgamento | | | | | Atividade que consome menor esforço |
|-------------------------------------|-----------------------|------------------------------------|---------------------------------|---------------------------------------|------------------------------------|-------------------------------------|
| | Consome igual esforço | Consome moderadamente mais esforço | Consome fortemente mais esforço | Consome muito fortemente mais esforço | Consome absolutamente mais esforço | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |

FASE DE CONSTRUÇÃO



a) Compare a atividade Definir iterações com as demais

| Atividade que consome maior esforço | Julgamento | | | | | Atividade que consome menor esforço |
|-------------------------------------|-----------------------|------------------------------------|---------------------------------|---------------------------------------|------------------------------------|-------------------------------------|
| | Consome igual esforço | Consome moderadamente mais esforço | Consome fortemente mais esforço | Consome muito fortemente mais esforço | Consome absolutamente mais esforço | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |

b) Compare a atividade Elaborar plano de testes com as demais

| Atividade que consome maior esforço | Julgamento | | | | | Atividade que consome menor esforço |
|-------------------------------------|-----------------------|------------------------------------|---------------------------------|---------------------------------------|------------------------------------|-------------------------------------|
| | Consome igual esforço | Consome moderadamente mais esforço | Consome fortemente mais esforço | Consome muito fortemente mais esforço | Consome absolutamente mais esforço | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |

c) Compare a atividade Implementar com as demais

| Atividade que consome maior esforço | Julgamento | | | | | Atividade que consome menor esforço |
|-------------------------------------|-----------------------|------------------------------------|---------------------------------|---------------------------------------|------------------------------------|-------------------------------------|
| | Consome igual esforço | Consome moderadamente mais esforço | Consome fortemente mais esforço | Consome muito fortemente mais esforço | Consome absolutamente mais esforço | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |

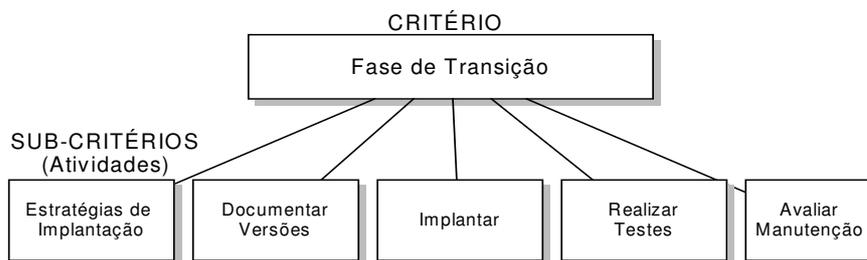
d) Compare a atividade Testar e integrar componentes com as demais

| Atividade que consome maior esforço | Julgamento | | | | | Atividade que consome menor esforço |
|-------------------------------------|-----------------------|------------------------------------|---------------------------------|---------------------------------------|------------------------------------|-------------------------------------|
| | Consome igual esforço | Consome moderadamente mais esforço | Consome fortemente mais esforço | Consome muito fortemente mais esforço | Consome absolutamente mais esforço | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |

e) Compare a atividade Incrementar modelos com as demais

| Atividade que consome maior esforço | Julgamento | | | | | Atividade que consome menor esforço |
|-------------------------------------|-----------------------|------------------------------------|---------------------------------|---------------------------------------|------------------------------------|-------------------------------------|
| | Consome igual esforço | Consome moderadamente mais esforço | Consome fortemente mais esforço | Consome muito fortemente mais esforço | Consome absolutamente mais esforço | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |

FASE DE TRANSIÇÃO



a) Compare a atividade Desenvolver estratégias de implantação com as demais

| Atividade que consome maior esforço | Julgamento | | | | | Atividade que consome menor esforço |
|-------------------------------------|-----------------------|------------------------------------|---------------------------------|---------------------------------------|------------------------------------|-------------------------------------|
| | Consome igual esforço | Consome moderadamente mais esforço | Consome fortemente mais esforço | Consome muito fortemente mais esforço | Consome absolutamente mais esforço | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |

b) Compare a atividade Documentar notas de versões com as demais

| Atividade que consome maior esforço | Julgamento | | | | | Atividade que consome menor esforço |
|-------------------------------------|-----------------------|------------------------------------|---------------------------------|---------------------------------------|------------------------------------|-------------------------------------|
| | Consome igual esforço | Consome moderadamente mais esforço | Consome fortemente mais esforço | Consome muito fortemente mais esforço | Consome absolutamente mais esforço | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |

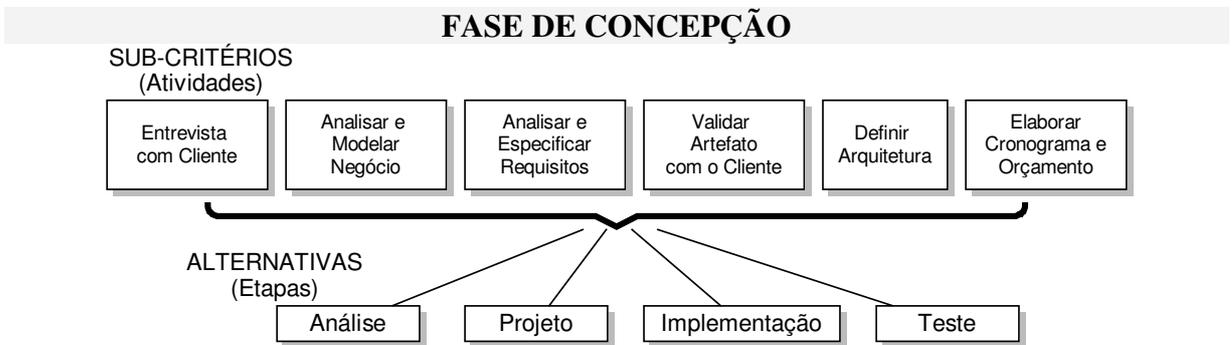
c) Compare a atividade Implantar com as demais

| Atividade que consome maior esforço | Julgamento | | | | | Atividade que consome menor esforço |
|-------------------------------------|-----------------------|------------------------------------|---------------------------------|---------------------------------------|------------------------------------|-------------------------------------|
| | Consome igual esforço | Consome moderadamente mais esforço | Consome fortemente mais esforço | Consome muito fortemente mais esforço | Consome absolutamente mais esforço | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |

d) Compare a atividade Realizar testes com as demais

| Atividade que consome maior esforço | Julgamento | | | | | Atividade que consome menor esforço |
|-------------------------------------|-----------------------|------------------------------------|---------------------------------|---------------------------------------|------------------------------------|-------------------------------------|
| | Consome igual esforço | Consome moderadamente mais esforço | Consome fortemente mais esforço | Consome muito fortemente mais esforço | Consome absolutamente mais esforço | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |

3º PARTE – Complete o questionário abaixo, julgando paritariamente o consumo de esforço das Etapas entre si, à luz de cada uma das Atividades:



a) Atividade Entrevista com o cliente

| Etapa que consome maior esforço | Julgamento | | | | | Etapa que consome menor esforço |
|---------------------------------|-----------------------|------------------------------------|---------------------------------|---------------------------------------|------------------------------------|---------------------------------|
| | Consome igual esforço | Consome moderadamente mais esforço | Consome fortemente mais esforço | Consome muito fortemente mais esforço | Consome absolutamente mais esforço | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |

b) Atividade Analisar e modelar negócio

| Etapa que consome maior esforço | Julgamento | | | | | Etapa que consome menor esforço |
|---------------------------------|-----------------------|------------------------------------|---------------------------------|---------------------------------------|------------------------------------|---------------------------------|
| | Consome igual esforço | Consome moderadamente mais esforço | Consome fortemente mais esforço | Consome muito fortemente mais esforço | Consome absolutamente mais esforço | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |

c) Atividade Analisar e especificar requisitos

| Etapa que consome maior esforço | Julgamento | | | | | Etapa que consome menor esforço |
|---------------------------------|-----------------------|------------------------------------|---------------------------------|---------------------------------------|------------------------------------|---------------------------------|
| | Consome igual esforço | Consome moderadamente mais esforço | Consome fortemente mais esforço | Consome muito fortemente mais esforço | Consome absolutamente mais esforço | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |

d) Atividade Validar artefato com o cliente

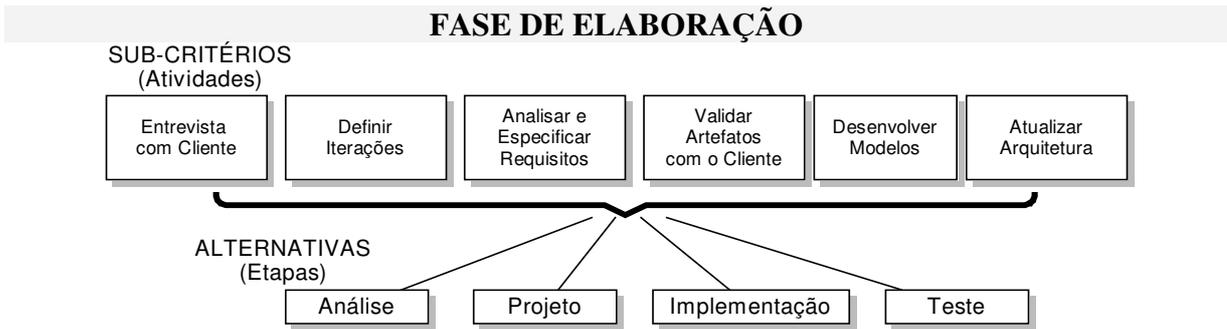
| Etapa que consome maior esforço | Julgamento | | | | | Etapa que consome menor esforço |
|---------------------------------|-----------------------|------------------------------------|---------------------------------|---------------------------------------|------------------------------------|---------------------------------|
| | Consome igual esforço | Consome moderadamente mais esforço | Consome fortemente mais esforço | Consome muito fortemente mais esforço | Consome absolutamente mais esforço | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |

e) Atividade Definir arquitetura

| Etapa que consome maior esforço | Julgamento | | | | | Etapa que consome menor esforço |
|---------------------------------|-----------------------|------------------------------------|---------------------------------|---------------------------------------|------------------------------------|---------------------------------|
| | Consome igual esforço | Consome moderadamente mais esforço | Consome fortemente mais esforço | Consome muito fortemente mais esforço | Consome absolutamente mais esforço | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |

f) Atividade Elaborar cronograma e orçamento

| Etapa que consome maior esforço | Julgamento | | | | | Etapa que consome menor esforço |
|---------------------------------|-----------------------|------------------------------------|---------------------------------|---------------------------------------|------------------------------------|---------------------------------|
| | Consome igual esforço | Consome moderadamente mais esforço | Consome fortemente mais esforço | Consome muito fortemente mais esforço | Consome absolutamente mais esforço | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |



a) Atividade Entrevista com o cliente

| Etapa que consome maior esforço | Julgamento | | | | | Etapa que consome menor esforço |
|---------------------------------|-----------------------|------------------------------------|---------------------------------|---------------------------------------|------------------------------------|---------------------------------|
| | Consome igual esforço | Consome moderadamente mais esforço | Consome fortemente mais esforço | Consome muito fortemente mais esforço | Consome absolutamente mais esforço | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |

b) Atividade Definir iterações

| Etapa que consome maior esforço | Julgamento | | | | | Etapa que consome menor esforço |
|---------------------------------|-----------------------|------------------------------------|---------------------------------|---------------------------------------|------------------------------------|---------------------------------|
| | Consome igual esforço | Consome moderadamente mais esforço | Consome fortemente mais esforço | Consome muito fortemente mais esforço | Consome absolutamente mais esforço | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |

c) Atividade Analisar e especificar requisitos

| Etapa que consome maior esforço | Julgamento | | | | | Etapa que consome menor esforço |
|---------------------------------|-----------------------|------------------------------------|---------------------------------|---------------------------------------|------------------------------------|---------------------------------|
| | Consome igual esforço | Consome moderadamente mais esforço | Consome fortemente mais esforço | Consome muito fortemente mais esforço | Consome absolutamente mais esforço | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |

d) Atividade Validar artefato com o cliente

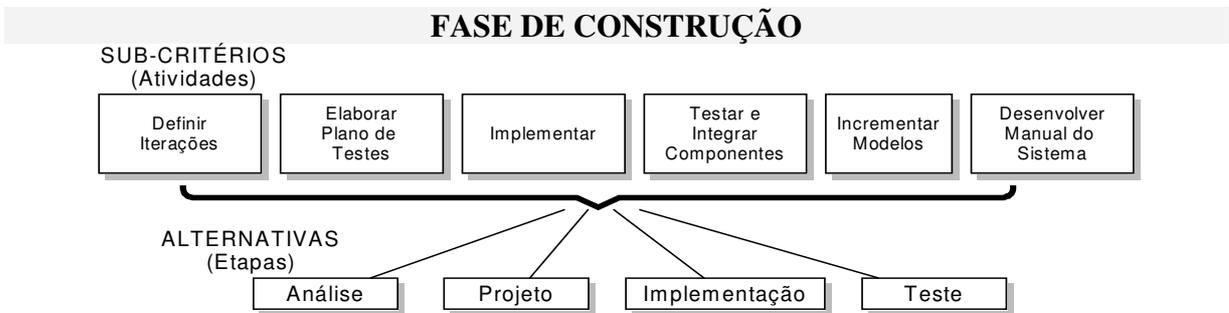
| Etapa que consome maior esforço | Julgamento | | | | | Etapa que consome menor esforço |
|---------------------------------|-----------------------|------------------------------------|---------------------------------|---------------------------------------|------------------------------------|---------------------------------|
| | Consome igual esforço | Consome moderadamente mais esforço | Consome fortemente mais esforço | Consome muito fortemente mais esforço | Consome absolutamente mais esforço | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |

e) Atividade Desenvolver modelos de análise e projeto

| Etapa que consome maior esforço | Julgamento | | | | | Etapa que consome menor esforço |
|---------------------------------|-----------------------|------------------------------------|---------------------------------|---------------------------------------|------------------------------------|---------------------------------|
| | Consome igual esforço | Consome moderadamente mais esforço | Consome fortemente mais esforço | Consome muito fortemente mais esforço | Consome absolutamente mais esforço | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |

f) Atividade Atualizar arquitetura

| Etapa que consome maior esforço | Julgamento | | | | | Etapa que consome menor esforço |
|---------------------------------|-----------------------|------------------------------------|---------------------------------|---------------------------------------|------------------------------------|---------------------------------|
| | Consome igual esforço | Consome moderadamente mais esforço | Consome fortemente mais esforço | Consome muito fortemente mais esforço | Consome absolutamente mais esforço | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |



a) Atividade Definir iterações

| Etapa que consome maior esforço | Julgamento | | | | | Etapa que consome menor esforço |
|---------------------------------|-----------------------|------------------------------------|---------------------------------|---------------------------------------|------------------------------------|---------------------------------|
| | Consome igual esforço | Consome moderadamente mais esforço | Consome fortemente mais esforço | Consome muito fortemente mais esforço | Consome absolutamente mais esforço | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |

b) Atividade Elaborar plano de testes

| Etapa que consome maior esforço | Julgamento | | | | | Etapa que consome menor esforço |
|---------------------------------|-----------------------|------------------------------------|---------------------------------|---------------------------------------|------------------------------------|---------------------------------|
| | Consome igual esforço | Consome moderadamente mais esforço | Consome fortemente mais esforço | Consome muito fortemente mais esforço | Consome absolutamente mais esforço | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |

c) Atividade Implementar

| Etapa que consome maior esforço | Julgamento | | | | | Etapa que consome menor esforço |
|---------------------------------|-----------------------|------------------------------------|---------------------------------|---------------------------------------|------------------------------------|---------------------------------|
| | Consome igual esforço | Consome moderadamente mais esforço | Consome fortemente mais esforço | Consome muito fortemente mais esforço | Consome absolutamente mais esforço | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |

d) Atividade Testar e integrar componentes

| Etapa que consome maior esforço | Julgamento | | | | | Etapa que consome menor esforço |
|---------------------------------|-----------------------|------------------------------------|---------------------------------|---------------------------------------|------------------------------------|---------------------------------|
| | Consome igual esforço | Consome moderadamente mais esforço | Consome fortemente mais esforço | Consome muito fortemente mais esforço | Consome absolutamente mais esforço | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |

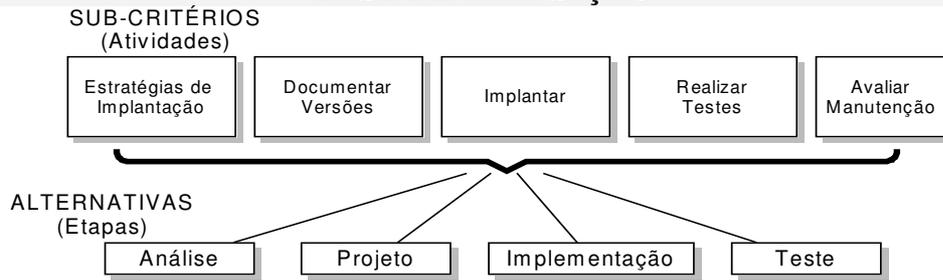
e) Atividade Incrementar modelos

| Etapa que consome maior esforço | Julgamento | | | | | Etapa que consome menor esforço |
|---------------------------------|-----------------------|------------------------------------|---------------------------------|---------------------------------------|------------------------------------|---------------------------------|
| | Consome igual esforço | Consome moderadamente mais esforço | Consome fortemente mais esforço | Consome muito fortemente mais esforço | Consome absolutamente mais esforço | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |

f) Atividade Desenvolver manual do sistema

| Etapa que consome maior esforço | Julgamento | | | | | Etapa que consome menor esforço |
|---------------------------------|-----------------------|------------------------------------|---------------------------------|---------------------------------------|------------------------------------|---------------------------------|
| | Consome igual esforço | Consome moderadamente mais esforço | Consome fortemente mais esforço | Consome muito fortemente mais esforço | Consome absolutamente mais esforço | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |

FASE DE TRANSIÇÃO



a) Atividade Desenvolver estratégias de implantação

| Etapa que consome maior esforço | Julgamento | | | | | Etapa que consome menor esforço |
|---------------------------------|-----------------------|------------------------------------|---------------------------------|---------------------------------------|------------------------------------|---------------------------------|
| | Consome igual esforço | Consome moderadamente mais esforço | Consome fortemente mais esforço | Consome muito fortemente mais esforço | Consome absolutamente mais esforço | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |

b) Atividade Documentar notas de versões

| Etapa que consome maior esforço | Julgamento | | | | | Etapa que consome menor esforço |
|---------------------------------|-----------------------|------------------------------------|---------------------------------|---------------------------------------|------------------------------------|---------------------------------|
| | Consome igual esforço | Consome moderadamente mais esforço | Consome fortemente mais esforço | Consome muito fortemente mais esforço | Consome absolutamente mais esforço | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |

c) Atividade Implantar

| Etapa que consome maior esforço | Julgamento | | | | | Etapa que consome menor esforço |
|---------------------------------|-----------------------|------------------------------------|---------------------------------|---------------------------------------|------------------------------------|---------------------------------|
| | Consome igual esforço | Consome moderadamente mais esforço | Consome fortemente mais esforço | Consome muito fortemente mais esforço | Consome absolutamente mais esforço | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |

d) Atividade Realizar testes

| Etapa que consome maior esforço | Julgamento | | | | | Etapa que consome menor esforço |
|---------------------------------|-----------------------|------------------------------------|---------------------------------|---------------------------------------|------------------------------------|---------------------------------|
| | Consome igual esforço | Consome moderadamente mais esforço | Consome fortemente mais esforço | Consome muito fortemente mais esforço | Consome absolutamente mais esforço | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |

e) Atividade Avaliar manutenção

| Etapa que consome maior esforço | Julgamento | | | | | Etapa que consome menor esforço |
|---------------------------------|-----------------------|------------------------------------|---------------------------------|---------------------------------------|------------------------------------|---------------------------------|
| | Consome igual esforço | Consome moderadamente mais esforço | Consome fortemente mais esforço | Consome muito fortemente mais esforço | Consome absolutamente mais esforço | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |

APÊNDICE C

Questionário de Avaliação dos Julgamentos Arbitrários

QUESTIONÁRIO DE AVALIAÇÃO

Julgamentos arbitrários

1. Avalie a distribuição de esforço das Fases em relação ao Modelo UP:

| FASES | Concepção | Elaboração | Construção | Transição |
|--------------|-----------|------------|------------|-----------|
| % | | | | |

2. Avalie a distribuição de esforço das Etapas em cada Fase do modelo UP:

| FASES | ETAPAS | | | |
|--------------|---------------|---------|---------------|-------|
| | Análise | Projeto | Implementação | Teste |
| Concepção | | | | |
| Elaboração | | | | |
| Construção | | | | |
| Transição | | | | |

3. Avalie a distribuição de esforço das Etapas no modelo UP:

| ETAPAS | Análise | Projeto | Implementação | Teste |
|---------------|---------|---------|---------------|-------|
| % | | | | |

4. Avalie a distribuição de esforço das Atividades em cada uma das Fases do modelo UP:

| FASE DE CONCEPÇÃO | % | FASE DE ELABORAÇÃO | % |
|-----------------------------------|----------|--|----------|
| Entrevista com o cliente | | Entrevista com o cliente | |
| Analisar e modelar o negócio | | Definir iterações | |
| Analisar e especificar requisitos | | Analisar e especificar requisitos | |
| Validar artefatos com o cliente | | Validar artefatos com o cliente | |
| Definir arquitetura do software | | Desenvolver modelos de análise e projeto | |
| Elaborar cronograma e orçamento | | Atualizar arquitetura | |
| FASE DE CONSTRUÇÃO | % | FASE DE TRANSIÇÃO | % |
| Definir iterações | | Desenvolver estratégias de implantação | |
| Elaborar plano de testes | | Documentar notas de versões | |
| Implementar | | Implantar | |
| Testar e integrar componentes | | Realizar testes | |
| Incrementar modelos | | Avaliar manutenção | |
| Desenvolver manual do sistema | | | |

5. Avalie a distribuição de esforço das Etapas em cada Atividade do modelo UP:

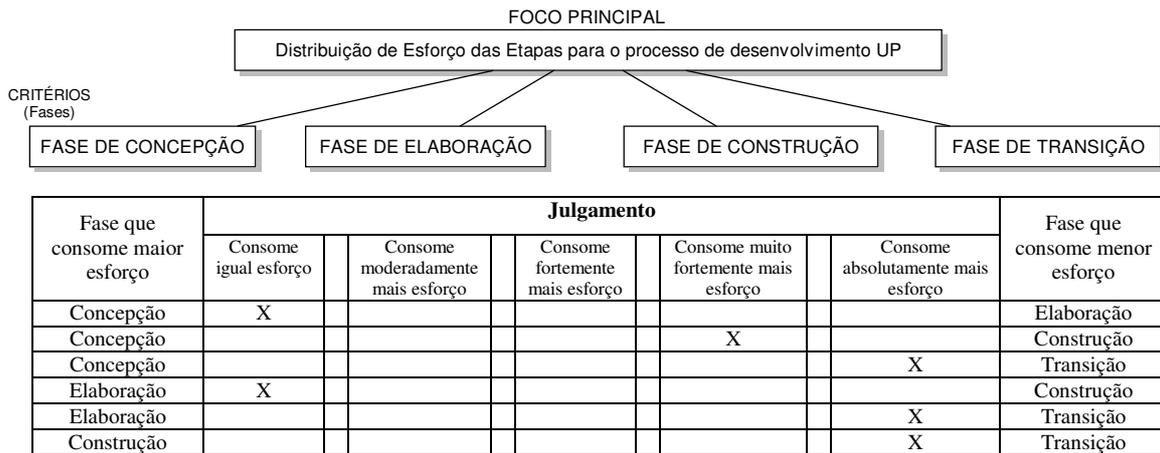
| ATIVIDADES | ETAPAS | | | |
|--|----------------|----------------|----------------------|--------------|
| FASE DE CONCEPÇÃO | Análise | Projeto | Implementação | Teste |
| Entrevista com o cliente | | | | |
| Analisar e modelar o negócio | | | | |
| Analisar e especificar requisitos | | | | |
| Validar artefatos com o cliente | | | | |
| Definir arquitetura do software | | | | |
| Elaborar cronograma e orçamento | | | | |
| FASE DE ELABORAÇÃO | Análise | Projeto | Implementação | Teste |
| Entrevista com o cliente | | | | |
| Definir iterações | | | | |
| Analisar e especificar requisitos | | | | |
| Validar artefatos com o cliente | | | | |
| Desenvolver modelos de análise e projeto | | | | |
| Atualizar arquitetura | | | | |
| FASE DE CONSTRUÇÃO | Análise | Projeto | Implementação | Teste |
| Definir iterações | | | | |
| Elaborar plano de testes | | | | |
| Implementar | | | | |
| Testar e integrar componentes | | | | |
| Incrementar modelos | | | | |
| Desenvolver manual do sistema | | | | |
| FASE DE TRANSIÇÃO | Análise | Projeto | Implementação | Teste |
| Desenvolver estratégias de implantação | | | | |
| Documentar notas de versões | | | | |
| Implantar | | | | |
| Realizar testes | | | | |
| Avaliar manutenção | | | | |

APÊNDICE D

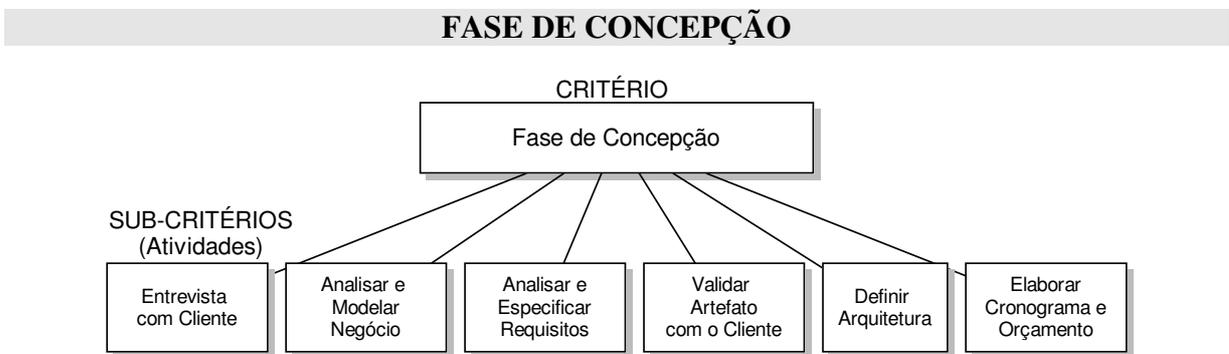
Questionários de Avaliação do Experimento

D.1. Julgamentos feitos pelo Avaliador A (gerente de projeto)

1º PARTE – Complete o questionário abaixo, julgando paritariamente o consumo de esforço das Fases entre si, à luz do Foco Principal:



2º PARTE – Complete o questionário abaixo, julgando paritariamente o consumo de esforço das Atividades entre si, à luz de cada uma das Fases:



a) Compare a atividade Entrevista com o cliente com as demais

| Atividade que consome maior esforço | Julgamento | | | | | Atividade que consome menor esforço |
|-------------------------------------|-----------------------|------------------------------------|---------------------------------|---------------------------------------|------------------------------------|-------------------------------------|
| | Consome igual esforço | Consome moderadamente mais esforço | Consome fortemente mais esforço | Consome muito fortemente mais esforço | Consome absolutamente mais esforço | |
| Analisar e modelar | | | | X | | Entrevista com cliente |
| Analisar e especificar | | | | X | | Entrevista com cliente |
| Validar artefato | | | X | | | Entrevista com cliente |
| Definir arquitetura | | | X | | | Entrevista com cliente |
| Entrevista com cliente | | | X | | | Elaborar cronograma |

b) Compare a atividade Analisar e modelar negócio com as demais

| Atividade que consome maior esforço | Julgamento | | | | | Atividade que consome menor esforço |
|-------------------------------------|-----------------------|------------------------------------|---------------------------------|---------------------------------------|------------------------------------|-------------------------------------|
| | Consome igual esforço | Consome moderadamente mais esforço | Consome fortemente mais esforço | Consome muito fortemente mais esforço | Consome absolutamente mais esforço | |
| Analisar e especificar | | | X | | | Analisar e Modelar |
| Validar artefato | | | X | | | Analisar e Modelar |
| Analisar e Modelar | | X | | | | Definir arquitetura |
| Analisar e Modelar | | | | X | | Elaborar cronograma |

c) Compare a atividade Analisar e especificar requisitos com as demais

| Atividade que consome maior esforço | Julgamento | | | | | Atividade que consome menor esforço |
|-------------------------------------|-----------------------|------------------------------------|---------------------------------|---------------------------------------|------------------------------------|-------------------------------------|
| | Consome igual esforço | Consome moderadamente mais esforço | Consome fortemente mais esforço | Consome muito fortemente mais esforço | Consome absolutamente mais esforço | |
| Analisar e especificar | | | | X | | Validar artefato |
| Analisar e especificar | | | | X | | Definir arquitetura |
| Analisar e especificar | | | | | X | Elaborar cronograma |

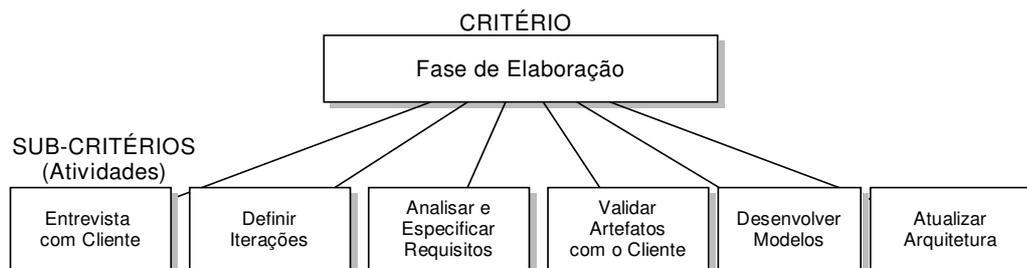
d) Compare a atividade Validar artefato com o cliente com as demais

| Atividade que consome maior esforço | Julgamento | | | | | Atividade que consome menor esforço |
|-------------------------------------|-----------------------|------------------------------------|---------------------------------|---------------------------------------|------------------------------------|-------------------------------------|
| | Consome igual esforço | Consome moderadamente mais esforço | Consome fortemente mais esforço | Consome muito fortemente mais esforço | Consome absolutamente mais esforço | |
| Validar artefato | | X | | | | Definir arquitetura |
| Validar artefato | | | | X | | Elaborar cronograma |

e) Compare a atividade Definir arquitetura com as demais

| Atividade que consome maior esforço | Julgamento | | | | | Atividade que consome menor esforço |
|-------------------------------------|-----------------------|------------------------------------|---------------------------------|---------------------------------------|------------------------------------|-------------------------------------|
| | Consome igual esforço | Consome moderadamente mais esforço | Consome fortemente mais esforço | Consome muito fortemente mais esforço | Consome absolutamente mais esforço | |
| Definir arquitetura | | | X | | | Elaborar cronograma |

FASE DE ELABORAÇÃO



a) Compare a atividade Entrevista com o cliente com as demais

| Atividade que consome maior esforço | Julgamento | | | | | Atividade que consome menor esforço |
|-------------------------------------|-----------------------|------------------------------------|---------------------------------|---------------------------------------|------------------------------------|-------------------------------------|
| | Consome igual esforço | Consome moderadamente mais esforço | Consome fortemente mais esforço | Consome muito fortemente mais esforço | Consome absolutamente mais esforço | |
| Definir iterações | | | | X | | Entrevista com cliente |
| Analisar e especificar | | | | X | | Entrevista com cliente |
| Validar artefato | | | | X | | Entrevista com cliente |
| Desenvolver modelos | | | | | X | Entrevista com cliente |
| Atualizar arquitetura | | | | X | | Entrevista com cliente |

b) Compare a atividade Definir iterações com as demais

| Atividade que consome maior esforço | Julgamento | | | | | Atividade que consome menor esforço |
|-------------------------------------|-----------------------|------------------------------------|---------------------------------|---------------------------------------|------------------------------------|-------------------------------------|
| | Consome igual esforço | Consome moderadamente mais esforço | Consome fortemente mais esforço | Consome muito fortemente mais esforço | Consome absolutamente mais esforço | |
| Definir iterações | | | X | | | Analisar e especificar |
| Definir iterações | | | | X | | Validar artefato |
| Desenvolver modelos | | | | X | | Definir iterações |
| Definir iterações | | X | | | | Atualizar arquitetura |

c) Compare a atividade Analisar e especificar requisitos com as demais

| Atividade que consome maior esforço | Julgamento | | | | | Atividade que consome menor esforço |
|-------------------------------------|-----------------------|------------------------------------|---------------------------------|---------------------------------------|------------------------------------|-------------------------------------|
| | Consome igual esforço | Consome moderadamente mais esforço | Consome fortemente mais esforço | Consome muito fortemente mais esforço | Consome absolutamente mais esforço | |
| Analisar e especificar | | | X | | | Validar artefato |
| Desenvolver modelos | | | | X | | Analisar e especificar |
| Analisar e especificar | | X | | | | Atualizar arquitetura |

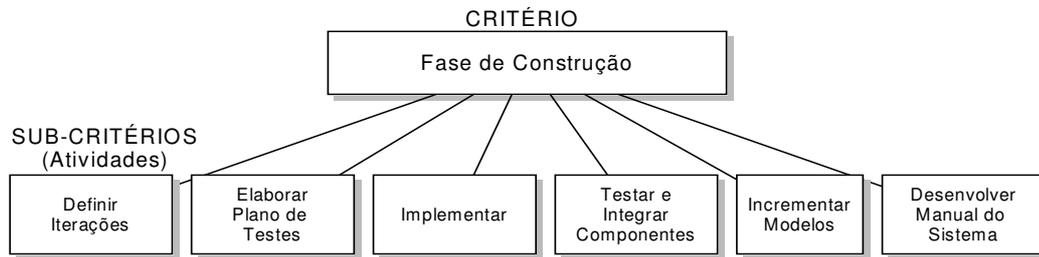
d) Compare a atividade Validar artefato com o cliente com as demais

| Atividade que consome maior esforço | Julgamento | | | | | Atividade que consome menor esforço |
|-------------------------------------|-----------------------|------------------------------------|---------------------------------|---------------------------------------|------------------------------------|-------------------------------------|
| | Consome igual esforço | Consome moderadamente mais esforço | Consome fortemente mais esforço | Consome muito fortemente mais esforço | Consome absolutamente mais esforço | |
| Desenvolver modelos | | | | X | | Validar artefato |
| Atualizar arquitetura | | | X | | | Validar artefato |

e) Compare a atividade Desenvolver modelos de análise e projeto com as demais

| Atividade que consome maior esforço | Julgamento | | | | | Atividade que consome menor esforço |
|-------------------------------------|-----------------------|------------------------------------|---------------------------------|---------------------------------------|------------------------------------|-------------------------------------|
| | Consome igual esforço | Consome moderadamente mais esforço | Consome fortemente mais esforço | Consome muito fortemente mais esforço | Consome absolutamente mais esforço | |
| Desenvolver modelos | | | | X | | Atualizar arquitetura |

FASE DE CONSTRUÇÃO



a) Compare a atividade Definir iterações com as demais

| Atividade que consome maior esforço | Julgamento | | | | | Atividade que consome menor esforço |
|-------------------------------------|-----------------------|------------------------------------|---------------------------------|---------------------------------------|------------------------------------|-------------------------------------|
| | Consome igual esforço | Consome moderadamente mais esforço | Consome fortemente mais esforço | Consome muito fortemente mais esforço | Consome absolutamente mais esforço | |
| Definir iterações | | | X | | | Elaborar plano de testes |
| Implementar | | | X | | | Definir iterações |
| Testar e Integrar | | | X | | | Definir iterações |
| Incrementar modelos | | X | | | | Definir iterações |
| Definir iterações | | X | | | | Desenvolver manual |

b) Compare a atividade Elaborar plano de testes com as demais

| Atividade que consome maior esforço | Julgamento | | | | | Atividade que consome menor esforço |
|-------------------------------------|-----------------------|------------------------------------|---------------------------------|---------------------------------------|------------------------------------|-------------------------------------|
| | Consome igual esforço | Consome moderadamente mais esforço | Consome fortemente mais esforço | Consome muito fortemente mais esforço | Consome absolutamente mais esforço | |
| Implementar | | | X | | | Elaborar plano de testes |
| Testar e Integrar | | X | | | | Elaborar plano de testes |
| Incrementar modelos | | X | | | | Elaborar plano de testes |
| Elaborar plano de testes | | | | X | | Desenvolver manual |

c) Compare a atividade Implementar com as demais

| Atividade que consome maior esforço | Julgamento | | | | | Atividade que consome menor esforço |
|-------------------------------------|-----------------------|------------------------------------|---------------------------------|---------------------------------------|------------------------------------|-------------------------------------|
| | Consome igual esforço | Consome moderadamente mais esforço | Consome fortemente mais esforço | Consome muito fortemente mais esforço | Consome absolutamente mais esforço | |
| Implementar | | | | X | | Testar e Integrar |
| Implementar | | | | X | | Incrementar modelos |
| Implementar | X | | | | | Desenvolver manual |

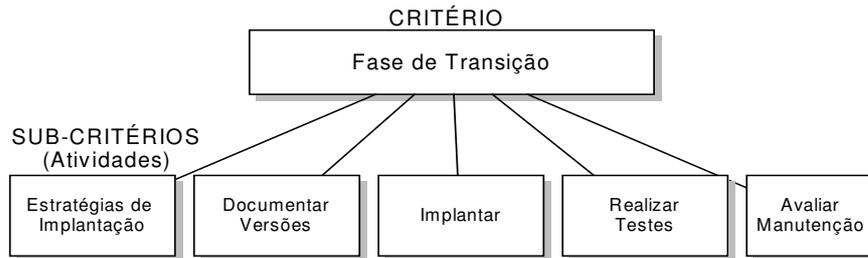
d) Compare a atividade Testar e integrar componentes com as demais

| Atividade que consome maior esforço | Julgamento | | | | | Atividade que consome menor esforço |
|-------------------------------------|-----------------------|------------------------------------|---------------------------------|---------------------------------------|------------------------------------|-------------------------------------|
| | Consome igual esforço | Consome moderadamente mais esforço | Consome fortemente mais esforço | Consome muito fortemente mais esforço | Consome absolutamente mais esforço | |
| Testar e Integrar | | X | | | | Incrementar modelos |
| Testar e Integrar | | | | X | | Desenvolver manual |

e) Compare a atividade Incrementar modelos com as demais

| Atividade que consome maior esforço | Julgamento | | | | | Atividade que consome menor esforço |
|-------------------------------------|-----------------------|------------------------------------|---------------------------------|---------------------------------------|------------------------------------|-------------------------------------|
| | Consome igual esforço | Consome moderadamente mais esforço | Consome fortemente mais esforço | Consome muito fortemente mais esforço | Consome absolutamente mais esforço | |
| Incrementar modelos | | | X | | | Desenvolver manual |

FASE DE TRANSIÇÃO



a) Compare a atividade Desenvolver estratégias de implantação com as demais

| Atividade que consome maior esforço | Julgamento | | | | | Atividade que consome menor esforço |
|-------------------------------------|-----------------------|------------------------------------|---------------------------------|---------------------------------------|------------------------------------|-------------------------------------|
| | Consome igual esforço | Consome moderadamente mais esforço | Consome fortemente mais esforço | Consome muito fortemente mais esforço | Consome absolutamente mais esforço | |
| Desenvolver estratégias | X | | | | | Documentar |
| Implantar | | | X | | | Desenvolver estratégias |
| Realizar testes | | | X | | | Desenvolver estratégias |
| Avaliar | | X | | | | Desenvolver estratégias |

b) Compare a atividade Documentar notas de versões com as demais

| Atividade que consome maior esforço | Julgamento | | | | | Atividade que consome menor esforço |
|-------------------------------------|-----------------------|------------------------------------|---------------------------------|---------------------------------------|------------------------------------|-------------------------------------|
| | Consome igual esforço | Consome moderadamente mais esforço | Consome fortemente mais esforço | Consome muito fortemente mais esforço | Consome absolutamente mais esforço | |
| Implantar | | | | X | | Documentar |
| Realizar testes | | | X | | | Documentar |
| Avaliar | | X | | | | Documentar |

c) Compare a atividade Implantar com as demais

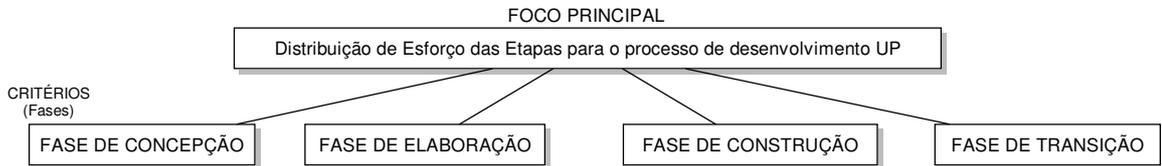
| Atividade que consome maior esforço | Julgamento | | | | | Atividade que consome menor esforço |
|-------------------------------------|-----------------------|------------------------------------|---------------------------------|---------------------------------------|------------------------------------|-------------------------------------|
| | Consome igual esforço | Consome moderadamente mais esforço | Consome fortemente mais esforço | Consome muito fortemente mais esforço | Consome absolutamente mais esforço | |
| Implantar | | | X | | | Realizar testes |
| Implantar | | | | X | | Avaliar |

d) Compare a atividade Realizar testes com as demais

| Atividade que consome maior esforço | Julgamento | | | | | Atividade que consome menor esforço |
|-------------------------------------|-----------------------|------------------------------------|---------------------------------|---------------------------------------|------------------------------------|-------------------------------------|
| | Consome igual esforço | Consome moderadamente mais esforço | Consome fortemente mais esforço | Consome muito fortemente mais esforço | Consome absolutamente mais esforço | |
| Realizar testes | | | | X | | Avaliar |

D.2. Julgamentos feitos pelo Avaliador B (analista de sistemas)

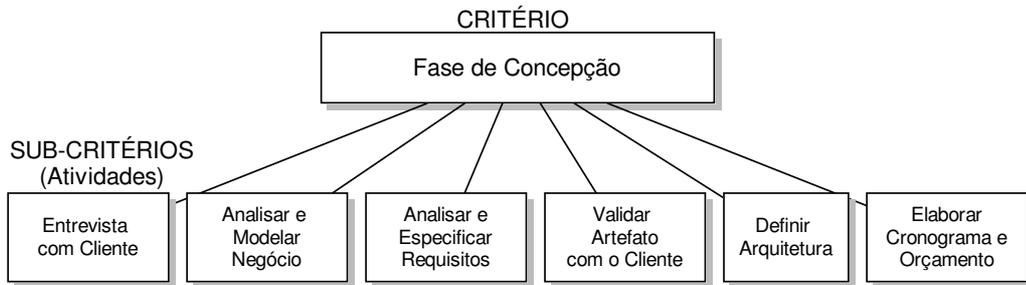
1º PARTE – Complete o questionário abaixo, julgando paritariamente o consumo de esforço das Fases entre si, à luz do Foco Principal:



| Fase que consome maior esforço | Julgamento | | | | | Fase que consome menor esforço |
|--------------------------------|-----------------------|------------------------------------|---------------------------------|---------------------------------------|------------------------------------|--------------------------------|
| | Consome igual esforço | Consome moderadamente mais esforço | Consome fortemente mais esforço | Consome muito fortemente mais esforço | Consome absolutamente mais esforço | |
| Elaboração | | X | | | | Concepção |
| Construção | | | | X | | Concepção |
| Transição | | X | | | | Concepção |
| Concepção | | | | X | | Elaboração |
| Elaboração | | X | | | | Transição |
| Construção | | | X | | | Transição |

2º PARTE – Complete o questionário abaixo, julgando paritariamente o consumo de esforço das Atividades entre si, à luz de cada uma das Fases:

FASE DE CONCEPÇÃO



a) Compare a atividade Entrevista com o cliente com as demais

| Atividade que consome maior esforço | Julgamento | | | | | Atividade que consome menor esforço |
|-------------------------------------|-----------------------|------------------------------------|---------------------------------|---------------------------------------|------------------------------------|-------------------------------------|
| | Consome igual esforço | Consome moderadamente mais esforço | Consome fortemente mais esforço | Consome muito fortemente mais esforço | Consome absolutamente mais esforço | |
| Analisar e modelar | X | | | | | Entrevista com cliente |
| Entrevista com cliente | | X | | | | Analisar e especificar |
| Validar artefato | | | X | | | Entrevista com cliente |
| Entrevista com cliente | | | | X | | Definir arquitetura |
| Entrevista com cliente | | | | X | | Elaborar cronograma |

b) Compare a atividade Analisar e modelar negócio com as demais

| Atividade que consome maior esforço | Julgamento | | | | | Atividade que consome menor esforço |
|-------------------------------------|-----------------------|------------------------------------|---------------------------------|---------------------------------------|------------------------------------|-------------------------------------|
| | Consome igual esforço | Consome moderadamente mais esforço | Consome fortemente mais esforço | Consome muito fortemente mais esforço | Consome absolutamente mais esforço | |
| Analisar e Modelar | | X | | | | Analisar e especificar |
| Analisar e Modelar | X | | | | | Validar artefato |
| Analisar e Modelar | | X | | | | Definir arquitetura |
| Analisar e Modelar | | | X | | | Elaborar cronograma |

c) Compare a atividade Analisar e especificar requisitos com as demais

| Atividade que consome maior esforço | Julgamento | | | | | Atividade que consome menor esforço |
|-------------------------------------|-----------------------|------------------------------------|---------------------------------|---------------------------------------|------------------------------------|-------------------------------------|
| | Consome igual esforço | Consome moderadamente mais esforço | Consome fortemente mais esforço | Consome muito fortemente mais esforço | Consome absolutamente mais esforço | |
| Validar artefato | | | X | | | Analisar e especificar |
| Analisar e especificar | | | X | | | Definir arquitetura |
| Analisar e especificar | | X | | | | Elaborar cronograma |

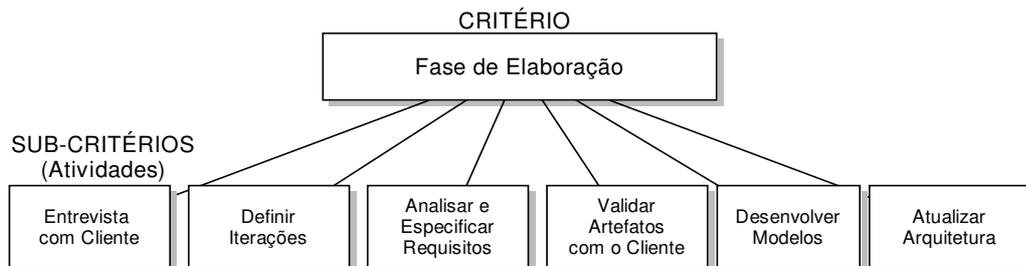
d) Compare a atividade Validar artefato com o cliente com as demais

| Atividade que consome maior esforço | Julgamento | | | | | Atividade que consome menor esforço |
|-------------------------------------|-----------------------|------------------------------------|---------------------------------|---------------------------------------|------------------------------------|-------------------------------------|
| | Consome igual esforço | Consome moderadamente mais esforço | Consome fortemente mais esforço | Consome muito fortemente mais esforço | Consome absolutamente mais esforço | |
| Validar artefato | | | X | | | Definir arquitetura |
| Validar artefato | | | X | | | Elaborar cronograma |

e) Compare a atividade Definir arquitetura com as demais

| Atividade que consome maior esforço | Julgamento | | | | | Atividade que consome menor esforço |
|-------------------------------------|-----------------------|------------------------------------|---------------------------------|---------------------------------------|------------------------------------|-------------------------------------|
| | Consome igual esforço | Consome moderadamente mais esforço | Consome fortemente mais esforço | Consome muito fortemente mais esforço | Consome absolutamente mais esforço | |
| Definir arquitetura | | X | | | | Elaborar cronograma |

FASE DE ELABORAÇÃO



a) Compare a atividade Entrevista com o cliente com as demais

| Atividade que consome maior esforço | Julgamento | | | | | Atividade que consome menor esforço |
|-------------------------------------|-----------------------|------------------------------------|---------------------------------|---------------------------------------|------------------------------------|-------------------------------------|
| | Consome igual esforço | Consome moderadamente mais esforço | Consome fortemente mais esforço | Consome muito fortemente mais esforço | Consome absolutamente mais esforço | |
| Definir iterações | | | X | | | Entrevista com cliente |
| Analisar e especificar | | | | X | | Entrevista com cliente |
| Validar artefato | | | | X | | Entrevista com cliente |
| Desenvolver modelos | | | | X | | Entrevista com cliente |
| Atualizar arquitetura | | | X | | | Entrevista com cliente |

b) Compare a atividade Definir iterações com as demais

| Atividade que consome maior esforço | Julgamento | | | | | Atividade que consome menor esforço |
|-------------------------------------|-----------------------|------------------------------------|---------------------------------|---------------------------------------|------------------------------------|-------------------------------------|
| | Consome igual esforço | Consome moderadamente mais esforço | Consome fortemente mais esforço | Consome muito fortemente mais esforço | Consome absolutamente mais esforço | |
| Analisar e especificar | X | | | | | Definir iterações |
| Validar artefato | | X | | | | Definir iterações |
| Desenvolver modelos | | | | X | | Definir iterações |
| Atualizar arquitetura | X | | | | | Atualizar arquitetura |

c) Compare a atividade Analisar e especificar requisitos com as demais

| Atividade que consome maior esforço | Julgamento | | | | | Atividade que consome menor esforço |
|-------------------------------------|-----------------------|------------------------------------|---------------------------------|---------------------------------------|------------------------------------|-------------------------------------|
| | Consome igual esforço | Consome moderadamente mais esforço | Consome fortemente mais esforço | Consome muito fortemente mais esforço | Consome absolutamente mais esforço | |
| Validar artefato | | X | | | | Analisar e especificar |
| Analisar e especificar | X | | | | | Desenvolver modelos |
| Analisar e especificar | | X | | | | Atualizar arquitetura |

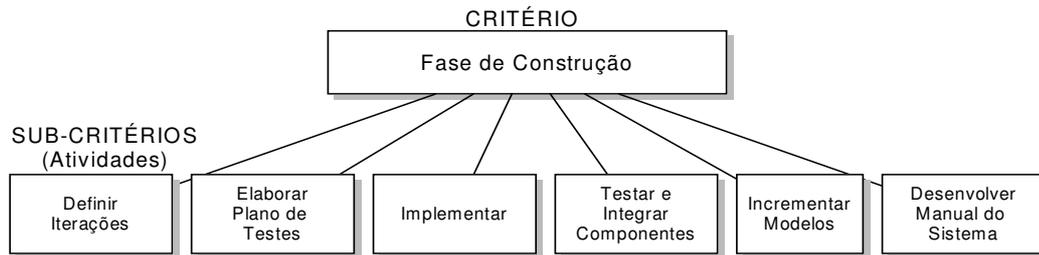
d) Compare a atividade Validar artefato com o cliente com as demais

| Atividade que consome maior esforço | Julgamento | | | | | Atividade que consome menor esforço |
|-------------------------------------|-----------------------|------------------------------------|---------------------------------|---------------------------------------|------------------------------------|-------------------------------------|
| | Consome igual esforço | Consome moderadamente mais esforço | Consome fortemente mais esforço | Consome muito fortemente mais esforço | Consome absolutamente mais esforço | |
| Validar artefato | X | | | | | Desenvolver modelos |
| Validar artefato | | X | | | | Atualizar arquitetura |

e) Compare a atividade Desenvolver modelos de análise e projeto com as demais

| Atividade que consome maior esforço | Julgamento | | | | | Atividade que consome menor esforço |
|-------------------------------------|-----------------------|------------------------------------|---------------------------------|---------------------------------------|------------------------------------|-------------------------------------|
| | Consome igual esforço | Consome moderadamente mais esforço | Consome fortemente mais esforço | Consome muito fortemente mais esforço | Consome absolutamente mais esforço | |
| Desenvolver modelos | | | | X | | Atualizar arquitetura |

FASE DE CONSTRUÇÃO



a) Compare a atividade Definir iterações com as demais

| Atividade que consome maior esforço | Julgamento | | | | | Atividade que consome menor esforço |
|-------------------------------------|-----------------------|------------------------------------|---------------------------------|---------------------------------------|------------------------------------|-------------------------------------|
| | Consome igual esforço | Consome moderadamente mais esforço | Consome fortemente mais esforço | Consome muito fortemente mais esforço | Consome absolutamente mais esforço | |
| Definir iterações | | X | | | | Elaborar plano de testes |
| Implementar | | | | X | | Definir iterações |
| Testar e Integrar | | | | X | | Definir iterações |
| Definir iterações | | | X | | | Incrementar modelos |
| Definir iterações | | | | | X | Desenvolver manual |

b) Compare a atividade Elaborar plano de testes com as demais

| Atividade que consome maior esforço | Julgamento | | | | | Atividade que consome menor esforço |
|-------------------------------------|-----------------------|------------------------------------|---------------------------------|---------------------------------------|------------------------------------|-------------------------------------|
| | Consome igual esforço | Consome moderadamente mais esforço | Consome fortemente mais esforço | Consome muito fortemente mais esforço | Consome absolutamente mais esforço | |
| Implementar | | | | X | | Elaborar plano de testes |
| Testar e Integrar | | | X | | | Elaborar plano de testes |
| Elaborar plano de testes | | X | | | | Incrementar modelos |
| Elaborar plano de testes | | | | X | | Desenvolver manual |

c) Compare a atividade Implementar com as demais

| Atividade que consome maior esforço | Julgamento | | | | | Atividade que consome menor esforço |
|-------------------------------------|-----------------------|------------------------------------|---------------------------------|---------------------------------------|------------------------------------|-------------------------------------|
| | Consome igual esforço | Consome moderadamente mais esforço | Consome fortemente mais esforço | Consome muito fortemente mais esforço | Consome absolutamente mais esforço | |
| Implementar | X | | | | | Testar e Integrar |
| Implementar | | | | X | | Incrementar modelos |
| Implementar | | | | | X | Desenvolver manual |

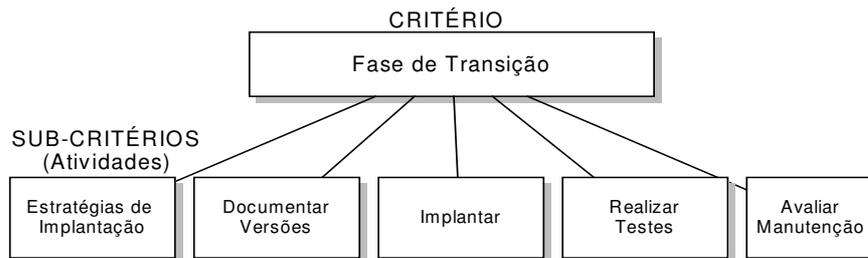
d) Compare a atividade Testar e integrar componentes com as demais

| Atividade que consome maior esforço | Julgamento | | | | | Atividade que consome menor esforço |
|-------------------------------------|-----------------------|------------------------------------|---------------------------------|---------------------------------------|------------------------------------|-------------------------------------|
| | Consome igual esforço | Consome moderadamente mais esforço | Consome fortemente mais esforço | Consome muito fortemente mais esforço | Consome absolutamente mais esforço | |
| Testar e Integrar | | | | X | | Incrementar modelos |
| Testar e Integrar | | | | | X | Desenvolver manual |

e) Compare a atividade Incrementar modelos com as demais

| Atividade que consome maior esforço | Julgamento | | | | | Atividade que consome menor esforço |
|-------------------------------------|-----------------------|------------------------------------|---------------------------------|---------------------------------------|------------------------------------|-------------------------------------|
| | Consome igual esforço | Consome moderadamente mais esforço | Consome fortemente mais esforço | Consome muito fortemente mais esforço | Consome absolutamente mais esforço | |
| Incrementar modelos | | | | X | | Desenvolver manual |

FASE DE TRANSIÇÃO



a) Compare a atividade Desenvolver estratégias de implantação com as demais

| Atividade que consome maior esforço | Julgamento | | | | | Atividade que consome menor esforço |
|-------------------------------------|-----------------------|------------------------------------|---------------------------------|---------------------------------------|------------------------------------|-------------------------------------|
| | Consome igual esforço | Consome moderadamente mais esforço | Consome fortemente mais esforço | Consome muito fortemente mais esforço | Consome absolutamente mais esforço | |
| Desenvolver estratégias | | | | X | | Documentar |
| Implantar | | | | X | | Desenvolver estratégias |
| Realizar testes | | | X | | | Desenvolver estratégias |
| Desenvolver estratégias | | X | | | | Avaliar |

b) Compare a atividade Documentar notas de versões com as demais

| Atividade que consome maior esforço | Julgamento | | | | | Atividade que consome menor esforço |
|-------------------------------------|-----------------------|------------------------------------|---------------------------------|---------------------------------------|------------------------------------|-------------------------------------|
| | Consome igual esforço | Consome moderadamente mais esforço | Consome fortemente mais esforço | Consome muito fortemente mais esforço | Consome absolutamente mais esforço | |
| Implantar | | | | X | | Documentar |
| Realizar testes | | | | X | | Documentar |
| Avaliar | | X | | | | Documentar |

c) Compare a atividade Implantar com as demais

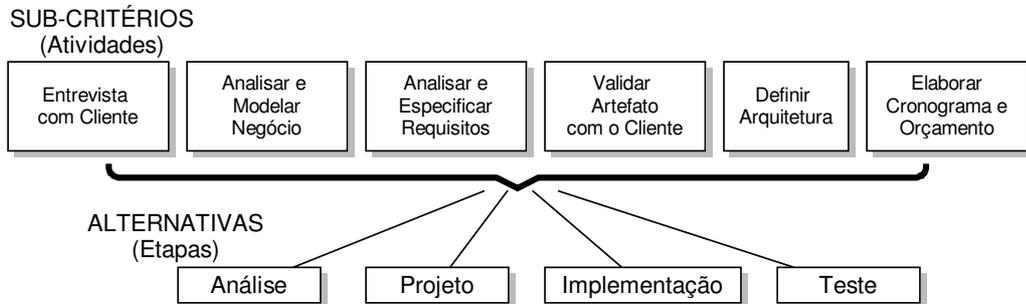
| Atividade que consome maior esforço | Julgamento | | | | | Atividade que consome menor esforço |
|-------------------------------------|-----------------------|------------------------------------|---------------------------------|---------------------------------------|------------------------------------|-------------------------------------|
| | Consome igual esforço | Consome moderadamente mais esforço | Consome fortemente mais esforço | Consome muito fortemente mais esforço | Consome absolutamente mais esforço | |
| Implantar | X | | | | | Realizar testes |
| Implantar | | | | X | | Avaliar |

d) Compare a atividade Realizar testes com as demais

| Atividade que consome maior esforço | Julgamento | | | | | Atividade que consome menor esforço |
|-------------------------------------|-----------------------|------------------------------------|---------------------------------|---------------------------------------|------------------------------------|-------------------------------------|
| | Consome igual esforço | Consome moderadamente mais esforço | Consome fortemente mais esforço | Consome muito fortemente mais esforço | Consome absolutamente mais esforço | |
| Realizar testes | | | X | | | Avaliar |

3º PARTE – Complete o questionário abaixo, julgando paritariamente o consumo de esforço das Etapas entre si, à luz de cada uma das Atividades:

FASE DE CONCEPÇÃO



a) Atividade Entrevista com o cliente

| Etapa que consome maior esforço | Julgamento | | | | | Etapa que consome menor esforço |
|---------------------------------|-----------------------|------------------------------------|---------------------------------|---------------------------------------|------------------------------------|---------------------------------|
| | Consome igual esforço | Consome moderadamente mais esforço | Consome fortemente mais esforço | Consome muito fortemente mais esforço | Consome absolutamente mais esforço | |
| Análise | | | | | X | Projeto |
| Análise | | | | | X | Implementação |
| Análise | | | | | X | Teste |
| Projeto | X | | | | | Implementação |
| Projeto | X | | | | | Teste |
| Implementação | X | | | | | Teste |

b) Atividade Analisar e modelar negócio

| Etapa que consome maior esforço | Julgamento | | | | | Etapa que consome menor esforço |
|---------------------------------|-----------------------|------------------------------------|---------------------------------|---------------------------------------|------------------------------------|---------------------------------|
| | Consome igual esforço | Consome moderadamente mais esforço | Consome fortemente mais esforço | Consome muito fortemente mais esforço | Consome absolutamente mais esforço | |
| Análise | | | | | X | Projeto |
| Análise | | | | | X | Implementação |
| Análise | | | | | X | Teste |
| Projeto | X | | | | | Implementação |
| Projeto | X | | | | | Teste |
| Implementação | X | | | | | Teste |

c) Atividade Analisar e especificar requisitos

| Etapa que consome maior esforço | Julgamento | | | | | Etapa que consome menor esforço |
|---------------------------------|-----------------------|------------------------------------|---------------------------------|---------------------------------------|------------------------------------|---------------------------------|
| | Consome igual esforço | Consome moderadamente mais esforço | Consome fortemente mais esforço | Consome muito fortemente mais esforço | Consome absolutamente mais esforço | |
| Análise | | | | | X | Projeto |
| Análise | | | | | X | Implementação |
| Análise | | | | | X | Teste |
| Projeto | | | X | | | Implementação |
| Projeto | | | X | | | Teste |
| Implementação | X | | | | | Teste |

d) Atividade Validar artefato com o cliente

| Etapa que consome maior esforço | Julgamento | | | | | Etapa que consome menor esforço |
|---------------------------------|-----------------------|------------------------------------|---------------------------------|---------------------------------------|------------------------------------|---------------------------------|
| | Consome igual esforço | Consome moderadamente mais esforço | Consome fortemente mais esforço | Consome muito fortemente mais esforço | Consome absolutamente mais esforço | |
| Análise | | | | X | | Projeto |
| Análise | | | | | X | Implementação |
| Análise | | | | | X | Teste |
| Projeto | | | | | X | Implementação |
| Projeto | | | | | X | Teste |
| Implementação | X | | | | | Teste |

e) Atividade Definir arquitetura

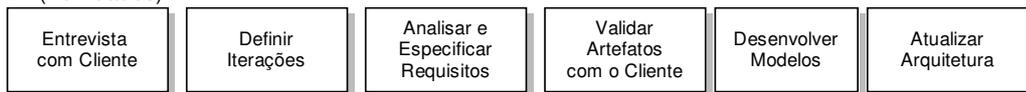
| Etapa que consome maior esforço | Julgamento | | | | | Etapa que consome menor esforço |
|---------------------------------|-----------------------|------------------------------------|---------------------------------|---------------------------------------|------------------------------------|---------------------------------|
| | Consome igual esforço | Consome moderadamente mais esforço | Consome fortemente mais esforço | Consome muito fortemente mais esforço | Consome absolutamente mais esforço | |
| Projeto | | | | X | | Análise |
| Implementação | | X | | | | Análise |
| Análise | X | | | | | Teste |
| Projeto | | | | X | | Implementação |
| Projeto | | | | | X | Teste |
| Implementação | | | | X | | Teste |

f) Atividade Elaborar cronograma e orçamento

| Etapa que consome maior esforço | Julgamento | | | | | Etapa que consome menor esforço |
|---------------------------------|-----------------------|------------------------------------|---------------------------------|---------------------------------------|------------------------------------|---------------------------------|
| | Consome igual esforço | Consome moderadamente mais esforço | Consome fortemente mais esforço | Consome muito fortemente mais esforço | Consome absolutamente mais esforço | |
| Análise | | | X | | | Projeto |
| Análise | | | X | | | Implementação |
| Análise | | | | | X | Teste |
| Projeto | | | X | | | Implementação |
| Projeto | | | | | X | Teste |
| Implementação | | | | X | | Teste |

FASE DE ELABORAÇÃO

SUB-CRITÉRIOS (Atividades)



ALTERNATIVAS (Etapas)



a) Atividade Entrevista com o cliente

| Etapa que consome maior esforço | Julgamento | | | | | Etapa que consome menor esforço |
|---------------------------------|-----------------------|------------------------------------|---------------------------------|---------------------------------------|------------------------------------|---------------------------------|
| | Consome igual esforço | Consome moderadamente mais esforço | Consome fortemente mais esforço | Consome muito fortemente mais esforço | Consome absolutamente mais esforço | |
| Análise | X | | | | | Projeto |
| Análise | | | X | | | Implementação |
| Análise | | | | | X | Teste |
| Projeto | | | | X | | Implementação |
| Projeto | | | | | X | Teste |
| Implementação | X | | | | | Teste |

b) Atividade Definir iterações

| Etapa que consome maior esforço | Julgamento | | | | | Etapa que consome menor esforço |
|---------------------------------|-----------------------|------------------------------------|---------------------------------|---------------------------------------|------------------------------------|---------------------------------|
| | Consome igual esforço | Consome moderadamente mais esforço | Consome fortemente mais esforço | Consome muito fortemente mais esforço | Consome absolutamente mais esforço | |
| Análise | X | | | | | Projeto |
| Análise | | | | X | | Implementação |
| Análise | | | | | X | Teste |
| Projeto | | | | X | | Implementação |
| Projeto | | | | | X | Teste |
| Implementação | X | | | | | Teste |

c) Atividade Analisar e especificar requisitos

| Etapa que consome maior esforço | Julgamento | | | | | Etapa que consome menor esforço |
|---------------------------------|-----------------------|------------------------------------|---------------------------------|---------------------------------------|------------------------------------|---------------------------------|
| | Consome igual esforço | Consome moderadamente mais esforço | Consome fortemente mais esforço | Consome muito fortemente mais esforço | Consome absolutamente mais esforço | |
| Análise | X | | | | | Projeto |
| Análise | | | X | | | Implementação |
| Análise | | | | X | | Teste |
| Projeto | | | X | | | Implementação |
| Projeto | | | X | | | Teste |
| Implementação | X | | | | | Teste |

d) Atividade Validar artefato com o cliente

| Etapa que consome maior esforço | Julgamento | | | | | Etapa que consome menor esforço |
|---------------------------------|-----------------------|------------------------------------|---------------------------------|---------------------------------------|------------------------------------|---------------------------------|
| | Consome igual esforço | Consome moderadamente mais esforço | Consome fortemente mais esforço | Consome muito fortemente mais esforço | Consome absolutamente mais esforço | |
| Análise | X | | | | | Projeto |
| Análise | | | | X | | Implementação |
| Análise | | | | X | | Teste |
| Projeto | | | X | | | Implementação |
| Projeto | | | X | | | Teste |
| Implementação | X | | | | | Teste |

e) Atividade Desenvolver modelos de análise e projeto

| Etapa que consome maior esforço | Julgamento | | | | | Etapa que consome menor esforço |
|---------------------------------|-----------------------|------------------------------------|---------------------------------|---------------------------------------|------------------------------------|---------------------------------|
| | Consome igual esforço | Consome moderadamente mais esforço | Consome fortemente mais esforço | Consome muito fortemente mais esforço | Consome absolutamente mais esforço | |
| Análise | X | | | | | Projeto |
| Análise | | | | X | | Implementação |
| Análise | | | | X | | Teste |
| Projeto | | | | X | | Implementação |
| Projeto | | | | | X | Teste |
| Implementação | X | | | | | Teste |

f) Atividade Atualizar arquitetura

| Etapa que consome maior esforço | Julgamento | | | | | Etapa que consome menor esforço |
|---------------------------------|-----------------------|------------------------------------|---------------------------------|---------------------------------------|------------------------------------|---------------------------------|
| | Consome igual esforço | Consome moderadamente mais esforço | Consome fortemente mais esforço | Consome muito fortemente mais esforço | Consome absolutamente mais esforço | |
| Análise | X | | | | | Projeto |
| Análise | | | | | X | Implementação |
| Análise | | | | | X | Teste |
| Projeto | | | | | X | Implementação |
| Projeto | | | | | X | Teste |
| Implementação | X | | | | | Teste |

FASE DE CONSTRUÇÃO

SUB-CRITÉRIOS (Atividades)



ALTERNATIVAS (Etapas)



a) Atividade Definir iterações

| Etapa que consome maior esforço | Julgamento | | | | | Etapa que consome menor esforço |
|---------------------------------|-----------------------|------------------------------------|---------------------------------|---------------------------------------|------------------------------------|---------------------------------|
| | Consome igual esforço | Consome moderadamente mais esforço | Consome fortemente mais esforço | Consome muito fortemente mais esforço | Consome absolutamente mais esforço | |
| Projeto | | | X | | | Análise |
| Análise | | | X | | | Implementação |
| Análise | | | X | | | Teste |
| Projeto | | | X | | | Implementação |
| Projeto | | | X | | | Teste |
| Implementação | | X | | | | Teste |

b) Atividade Elaborar plano de testes

| Etapa que consome maior esforço | Julgamento | | | | | Etapa que consome menor esforço |
|---------------------------------|-----------------------|------------------------------------|---------------------------------|---------------------------------------|------------------------------------|---------------------------------|
| | Consome igual esforço | Consome moderadamente mais esforço | Consome fortemente mais esforço | Consome muito fortemente mais esforço | Consome absolutamente mais esforço | |
| Projeto | | X | | | | Análise |
| Análise | | | | X | | Implementação |
| Análise | | | | X | | Teste |
| Projeto | | | X | | | Implementação |
| Projeto | | | X | | | Teste |
| Implementação | | X | | | | Teste |

c) Atividade Implementar

| Etapa que consome maior esforço | Julgamento | | | | | Etapa que consome menor esforço |
|---------------------------------|-----------------------|------------------------------------|---------------------------------|---------------------------------------|------------------------------------|---------------------------------|
| | Consome igual esforço | Consome moderadamente mais esforço | Consome fortemente mais esforço | Consome muito fortemente mais esforço | Consome absolutamente mais esforço | |
| Projeto | X | | | | | Análise |
| Implementação | | | | | X | Análise |
| Teste | | | | X | | Análise |
| Implementação | | | | | X | Projeto |
| Teste | | | | X | | Projeto |
| Implementação | X | | | | | Teste |

d) Atividade Testar e integrar componentes

| Etapa que consome maior esforço | Julgamento | | | | | Etapa que consome menor esforço |
|---------------------------------|-----------------------|------------------------------------|---------------------------------|---------------------------------------|------------------------------------|---------------------------------|
| | Consome igual esforço | Consome moderadamente mais esforço | Consome fortemente mais esforço | Consome muito fortemente mais esforço | Consome absolutamente mais esforço | |
| Projeto | X | | | | | Análise |
| Implementação | | | X | | | Análise |
| Teste | | | | | X | Análise |
| Implementação | | | X | | | Projeto |
| Teste | | | | | X | Projeto |
| Teste | | | X | | | Implementação |

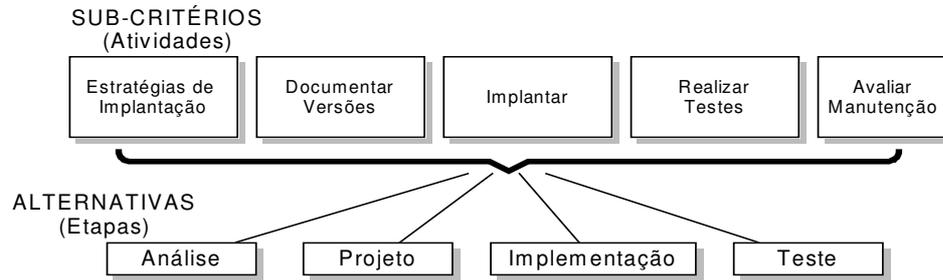
e) Atividade Incrementar modelos

| Etapa que consome maior esforço | Julgamento | | | | | Etapa que consome menor esforço |
|---------------------------------|-----------------------|------------------------------------|---------------------------------|---------------------------------------|------------------------------------|---------------------------------|
| | Consome igual esforço | Consome moderadamente mais esforço | Consome fortemente mais esforço | Consome muito fortemente mais esforço | Consome absolutamente mais esforço | |
| Análise | X | | | | | Projeto |
| Análise | | | X | | | Implementação |
| Análise | | | | X | | Teste |
| Projeto | | | | X | | Implementação |
| Projeto | | | | X | | Teste |
| Implementação | X | | | | | Teste |

f) Atividade Desenvolver manual do sistema

| Etapa que consome maior esforço | Julgamento | | | | | Etapa que consome menor esforço |
|---------------------------------|-----------------------|------------------------------------|---------------------------------|---------------------------------------|------------------------------------|---------------------------------|
| | Consome igual esforço | Consome moderadamente mais esforço | Consome fortemente mais esforço | Consome muito fortemente mais esforço | Consome absolutamente mais esforço | |
| Análise | X | | | | | Projeto |
| Análise | | | X | | | Implementação |
| Análise | | | | X | | Teste |
| Implementação | | X | | | | Projeto |
| Projeto | | | X | | | Teste |
| Implementação | X | | | | | Teste |

FASE DE TRANSIÇÃO



a) Atividade Desenvolver estratégias de implantação

| Etapa que consome maior esforço | Julgamento | | | | | Etapa que consome menor esforço |
|---------------------------------|-----------------------|------------------------------------|---------------------------------|---------------------------------------|------------------------------------|---------------------------------|
| | Consome igual esforço | Consome moderadamente mais esforço | Consome fortemente mais esforço | Consome muito fortemente mais esforço | Consome absolutamente mais esforço | |
| Análise | | | X | | | Projeto |
| Análise | | | | | X | Implementação |
| Análise | | | | | X | Teste |
| Projeto | | | | X | | Implementação |
| Projeto | | | | X | | Teste |
| Implementação | X | | | | | Teste |

b) Atividade Documentar notas de versões

| Etapa que consome maior esforço | Julgamento | | | | | Etapa que consome menor esforço |
|---------------------------------|-----------------------|------------------------------------|---------------------------------|---------------------------------------|------------------------------------|---------------------------------|
| | Consome igual esforço | Consome moderadamente mais esforço | Consome fortemente mais esforço | Consome muito fortemente mais esforço | Consome absolutamente mais esforço | |
| Análise | X | | | | | Projeto |
| Implementação | | X | | | | Análise |
| Teste | | X | | | | Análise |
| Implementação | | X | | | | Projeto |
| Teste | | X | | | | Projeto |
| Teste | | X | | | | Implementação |

c) Atividade Implantar

| Etapa que consome maior esforço | Julgamento | | | | | Etapa que consome menor esforço |
|---------------------------------|-----------------------|------------------------------------|---------------------------------|---------------------------------------|------------------------------------|---------------------------------|
| | Consome igual esforço | Consome moderadamente mais esforço | Consome fortemente mais esforço | Consome muito fortemente mais esforço | Consome absolutamente mais esforço | |
| Análise | X | | | | | Projeto |
| Análise | X | | | | | Implementação |
| Teste | | X | | | | Análise |
| Implementação | | | X | | | Projeto |
| Teste | | | X | | | Projeto |
| Implementação | X | | | | | Teste |

d) Atividade Realizar testes

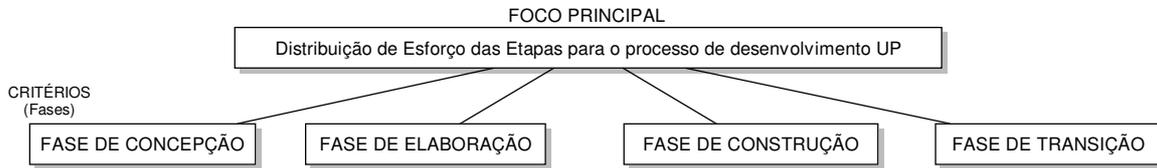
| Etapa que consome maior esforço | Julgamento | | | | | Etapa que consome menor esforço |
|---------------------------------|-----------------------|------------------------------------|---------------------------------|---------------------------------------|------------------------------------|---------------------------------|
| | Consome igual esforço | Consome moderadamente mais esforço | Consome fortemente mais esforço | Consome muito fortemente mais esforço | Consome absolutamente mais esforço | |
| Análise | X | | | | | Projeto |
| Implementação | | | X | | | Análise |
| Teste | | | | | X | Análise |
| Implementação | | X | | | | Projeto |
| Teste | | | | | X | Projeto |
| Teste | | | X | | | Implementação |

e) Atividade Avaliar manutenção

| Etapa que consome maior esforço | Julgamento | | | | | Etapa que consome menor esforço |
|---------------------------------|-----------------------|------------------------------------|---------------------------------|---------------------------------------|------------------------------------|---------------------------------|
| | Consome igual esforço | Consome moderadamente mais esforço | Consome fortemente mais esforço | Consome muito fortemente mais esforço | Consome absolutamente mais esforço | |
| Análise | | X | | | | Projeto |
| Análise | | X | | | | Implementação |
| Análise | | | | X | | Teste |
| Projeto | | X | | | | Implementação |
| Projeto | | | X | | | Teste |
| Implementação | X | | | | | Teste |

D.3. Julgamentos feitos pelo Avaliador C (programador)

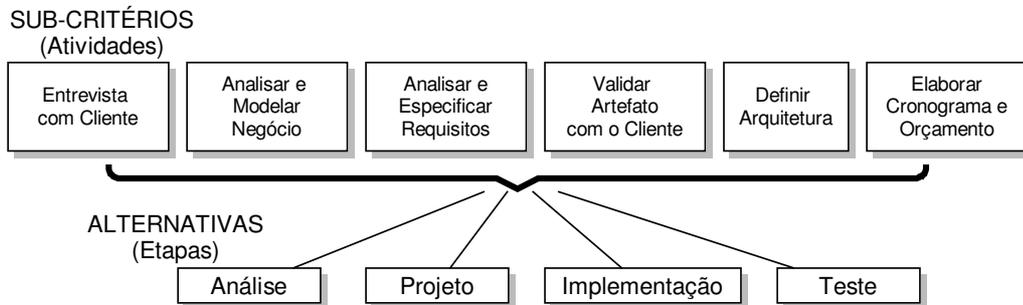
1º PARTE - Complete o questionário abaixo, julgando paritariamente o consumo de esforço das Fases entre si, à luz do Foco Principal:



| Fase que consome maior esforço | Julgamento | | | | | Fase que consome menor esforço |
|--------------------------------|-----------------------|------------------------------------|---------------------------------|---------------------------------------|------------------------------------|--------------------------------|
| | Consome igual esforço | Consome moderadamente mais esforço | Consome fortemente mais esforço | Consome muito fortemente mais esforço | Consome absolutamente mais esforço | |
| Elaboração | | X | | | | Concepção |
| Construção | | | X | | | Concepção |
| Transição | | | X | | | Concepção |
| Construção | | X | | | | Elaboração |
| Transição | | X | | | | Elaboração |
| Construção | X | | | | | Transição |

3º PARTE – Complete o questionário abaixo, julgando paritariamente o consumo de esforço das Etapas entre si, à luz de cada uma das Atividades:

FASE DE CONCEPÇÃO



a) Atividade Entrevista com o cliente

| Etapa que consome maior esforço | Julgamento | | | | | Etapa que consome menor esforço |
|---------------------------------|-----------------------|------------------------------------|---------------------------------|---------------------------------------|------------------------------------|---------------------------------|
| | Consome igual esforço | Consome moderadamente mais esforço | Consome fortemente mais esforço | Consome muito fortemente mais esforço | Consome absolutamente mais esforço | |
| Análise | | | X | | | Projeto |
| Análise | | | X | | | Implementação |
| Análise | | | | X | | Teste |
| Projeto | | X | | | | Implementação |
| Projeto | | | X | | | Teste |
| Implementação | | X | | | | Teste |

b) Atividade Analisar e modelar negócio

| Etapa que consome maior esforço | Julgamento | | | | | Etapa que consome menor esforço |
|---------------------------------|-----------------------|------------------------------------|---------------------------------|---------------------------------------|------------------------------------|---------------------------------|
| | Consome igual esforço | Consome moderadamente mais esforço | Consome fortemente mais esforço | Consome muito fortemente mais esforço | Consome absolutamente mais esforço | |
| Projeto | | | | X | | Análise |
| Análise | | | | X | | Implementação |
| Análise | | | | X | | Teste |
| Projeto | | | X | | | Implementação |
| Projeto | | | | X | | Teste |
| Implementação | | X | | | | Teste |

c) Atividade Analisar e especificar requisitos

| Etapa que consome maior esforço | Julgamento | | | | | Etapa que consome menor esforço |
|---------------------------------|-----------------------|------------------------------------|---------------------------------|---------------------------------------|------------------------------------|---------------------------------|
| | Consome igual esforço | Consome moderadamente mais esforço | Consome fortemente mais esforço | Consome muito fortemente mais esforço | Consome absolutamente mais esforço | |
| Projeto | | X | | | | Análise |
| Implementação | | | X | | | Análise |
| Análise | | X | | | | Teste |
| Projeto | | | | X | | Implementação |
| Projeto | | X | | | | Teste |
| Implementação | | X | | | | Teste |

d) Atividade Validar artefato com o cliente

| Etapa que consome maior esforço | Julgamento | | | | | Etapa que consome menor esforço |
|---------------------------------|-----------------------|------------------------------------|---------------------------------|---------------------------------------|------------------------------------|---------------------------------|
| | Consome igual esforço | Consome moderadamente mais esforço | Consome fortemente mais esforço | Consome muito fortemente mais esforço | Consome absolutamente mais esforço | |
| Projeto | | X | | | | Análise |
| Implementação | | X | | | | Análise |
| Teste | | X | | | | Análise |
| Implementação | | X | | | | Projeto |
| Projeto | | X | | | | Teste |
| Implementação | | X | | | | Teste |

e) Atividade Definir arquitetura

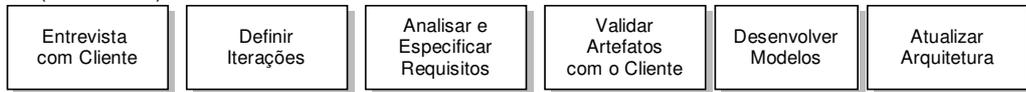
| Etapa que consome maior esforço | Julgamento | | | | | Etapa que consome menor esforço |
|---------------------------------|-----------------------|------------------------------------|---------------------------------|---------------------------------------|------------------------------------|---------------------------------|
| | Consome igual esforço | Consome moderadamente mais esforço | Consome fortemente mais esforço | Consome muito fortemente mais esforço | Consome absolutamente mais esforço | |
| Projeto | | X | | | | Análise |
| Implementação | | | X | | | Análise |
| Teste | | | X | | | Análise |
| Implementação | | | X | | | Projeto |
| Teste | | | X | | | Projeto |
| Implementação | | X | | | | Teste |

f) Atividade Elaborar cronograma e orçamento

| Etapa que consome maior esforço | Julgamento | | | | | Etapa que consome menor esforço |
|---------------------------------|-----------------------|------------------------------------|---------------------------------|---------------------------------------|------------------------------------|---------------------------------|
| | Consome igual esforço | Consome moderadamente mais esforço | Consome fortemente mais esforço | Consome muito fortemente mais esforço | Consome absolutamente mais esforço | |
| Projeto | | | X | | | Análise |
| Implementação | | | X | | | Análise |
| Teste | | X | | | | Análise |
| Implementação | | | X | | | Projeto |
| Teste | | X | | | | Projeto |
| Implementação | | X | | | | Teste |

FASE DE ELABORAÇÃO

SUB-CRITÉRIOS (Atividades)



ALTERNATIVAS (Etapas)



a) Atividade Entrevista com o cliente

| Etapa que consome maior esforço | Julgamento | | | | | Etapa que consome menor esforço |
|---------------------------------|-----------------------|------------------------------------|---------------------------------|---------------------------------------|------------------------------------|---------------------------------|
| | Consome igual esforço | Consome moderadamente mais esforço | Consome fortemente mais esforço | Consome muito fortemente mais esforço | Consome absolutamente mais esforço | |
| Análise | | | X | | | Projeto |
| Análise | | | X | | | Implementação |
| Análise | | | X | | | Teste |
| Projeto | | | X | | | Implementação |
| Projeto | | | X | | | Teste |
| Implementação | | | X | | | Teste |

b) Atividade Definir iterações

| Etapa que consome maior esforço | Julgamento | | | | | Etapa que consome menor esforço |
|---------------------------------|-----------------------|------------------------------------|---------------------------------|---------------------------------------|------------------------------------|---------------------------------|
| | Consome igual esforço | Consome moderadamente mais esforço | Consome fortemente mais esforço | Consome muito fortemente mais esforço | Consome absolutamente mais esforço | |
| Projeto | | X | | | | Análise |
| Análise | | X | | | | Implementação |
| Análise | X | | | | | Teste |
| Projeto | | | X | | | Implementação |
| Projeto | | | X | | | Teste |
| Implementação | | X | | | | Teste |

c) Atividade Analisar e especificar requisitos

| Etapa que consome maior esforço | Julgamento | | | | | Etapa que consome menor esforço |
|---------------------------------|-----------------------|------------------------------------|---------------------------------|---------------------------------------|------------------------------------|---------------------------------|
| | Consome igual esforço | Consome moderadamente mais esforço | Consome fortemente mais esforço | Consome muito fortemente mais esforço | Consome absolutamente mais esforço | |
| Projeto | | | X | | | Análise |
| Implementação | | X | | | | Análise |
| Análise | | | X | | | Teste |
| Projeto | | | X | | | Implementação |
| Projeto | | | X | | | Teste |
| Implementação | | X | | | | Teste |

d) Atividade Validar artefato com o cliente

| Etapa que consome maior esforço | Julgamento | | | | | Etapa que consome menor esforço |
|---------------------------------|-----------------------|------------------------------------|---------------------------------|---------------------------------------|------------------------------------|---------------------------------|
| | Consome igual esforço | Consome moderadamente mais esforço | Consome fortemente mais esforço | Consome muito fortemente mais esforço | Consome absolutamente mais esforço | |
| Projeto | | X | | | | Análise |
| Implementação | | X | | | | Análise |
| Análise | | X | | | | Teste |
| Implementação | | X | | | | Projeto |
| Projeto | | X | | | | Teste |
| Implementação | | X | | | | Teste |

e) Atividade Desenvolver modelos de análise e projeto

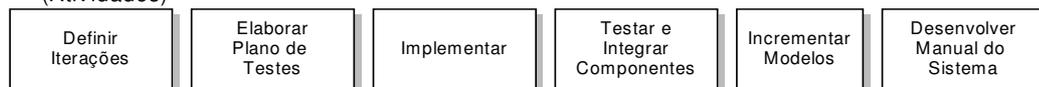
| Etapa que consome maior esforço | Julgamento | | | | | Etapa que consome menor esforço |
|---------------------------------|-----------------------|------------------------------------|---------------------------------|---------------------------------------|------------------------------------|---------------------------------|
| | Consome igual esforço | Consome moderadamente mais esforço | Consome fortemente mais esforço | Consome muito fortemente mais esforço | Consome absolutamente mais esforço | |
| Projeto | | | X | | | Análise |
| Implementação | | X | | | | Análise |
| Teste | X | | | | | Análise |
| Projeto | | X | | | | Implementação |
| Projeto | | X | | | | Teste |
| Implementação | | X | | | | Teste |

f) Atividade Atualizar arquitetura

| Etapa que consome maior esforço | Julgamento | | | | | Etapa que consome menor esforço |
|---------------------------------|-----------------------|------------------------------------|---------------------------------|---------------------------------------|------------------------------------|---------------------------------|
| | Consome igual esforço | Consome moderadamente mais esforço | Consome fortemente mais esforço | Consome muito fortemente mais esforço | Consome absolutamente mais esforço | |
| Projeto | | X | | | | Análise |
| Implementação | | | X | | | Análise |
| Teste | | X | | | | Análise |
| Projeto | | | X | | | Implementação |
| Projeto | | | X | | | Teste |
| Implementação | | X | | | | Teste |

FASE DE CONSTRUÇÃO

SUB-CRITÉRIOS (Atividades)



ALTERNATIVAS (Etapas)



a) Atividade Definir iterações

| Etapa que consome maior esforço | Julgamento | | | | | Etapa que consome menor esforço |
|---------------------------------|-----------------------|------------------------------------|---------------------------------|---------------------------------------|------------------------------------|---------------------------------|
| | Consome igual esforço | Consome moderadamente mais esforço | Consome fortemente mais esforço | Consome muito fortemente mais esforço | Consome absolutamente mais esforço | |
| Projeto | | X | | | | Análise |
| Implementação | | X | | | | Análise |
| Análise | | X | | | | Teste |
| Implementação | | X | | | | Projeto |
| Projeto | | X | | | | Teste |
| Implementação | | X | | | | Teste |

b) Atividade Elaborar plano de testes

| Etapa que consome maior esforço | Julgamento | | | | | Etapa que consome menor esforço |
|---------------------------------|-----------------------|------------------------------------|---------------------------------|---------------------------------------|------------------------------------|---------------------------------|
| | Consome igual esforço | Consome moderadamente mais esforço | Consome fortemente mais esforço | Consome muito fortemente mais esforço | Consome absolutamente mais esforço | |
| Projeto | | X | | | | Análise |
| Implementação | | | X | | | Análise |
| Análise | | X | | | | Teste |
| Implementação | | X | | | | Projeto |
| Projeto | | | X | | | Teste |
| Implementação | | | X | | | Teste |

c) Atividade Implementar

| Etapa que consome maior esforço | Julgamento | | | | | Etapa que consome menor esforço |
|---------------------------------|-----------------------|------------------------------------|---------------------------------|---------------------------------------|------------------------------------|---------------------------------|
| | Consome igual esforço | Consome moderadamente mais esforço | Consome fortemente mais esforço | Consome muito fortemente mais esforço | Consome absolutamente mais esforço | |
| Projeto | | | X | | | Análise |
| Implementação | | | X | | | Análise |
| Análise | | X | | | | Teste |
| Implementação | | | X | | | Projeto |
| Projeto | | | X | | | Teste |
| Implementação | | | X | | | Teste |

d) Atividade Testar e integrar componentes

| Etapa que consome maior esforço | Julgamento | | | | | Etapa que consome menor esforço |
|---------------------------------|-----------------------|------------------------------------|---------------------------------|---------------------------------------|------------------------------------|---------------------------------|
| | Consome igual esforço | Consome moderadamente mais esforço | Consome fortemente mais esforço | Consome muito fortemente mais esforço | Consome absolutamente mais esforço | |
| Projeto | | X | | | | Análise |
| Implementação | | | X | | | Análise |
| Teste | | X | | | | Análise |
| Implementação | | | X | | | Projeto |
| Projeto | | | X | | | Teste |
| Implementação | | | X | | | Teste |

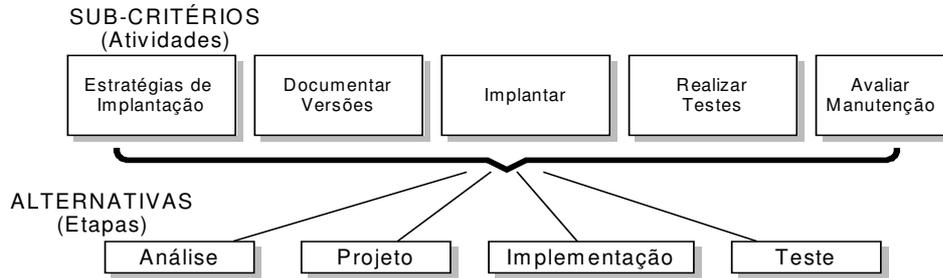
e) Atividade Incrementar modelos

| Etapa que consome maior esforço | Julgamento | | | | | Etapa que consome menor esforço |
|---------------------------------|-----------------------|------------------------------------|---------------------------------|---------------------------------------|------------------------------------|---------------------------------|
| | Consome igual esforço | Consome moderadamente mais esforço | Consome fortemente mais esforço | Consome muito fortemente mais esforço | Consome absolutamente mais esforço | |
| Projeto | | X | | | | Análise |
| Implementação | | | X | | | Análise |
| Teste | | X | | | | Análise |
| Implementação | | | X | | | Projeto |
| Projeto | | X | | | | Teste |
| Implementação | | | X | | | Teste |

f) Atividade Desenvolver manual do sistema

| Etapa que consome maior esforço | Julgamento | | | | | Etapa que consome menor esforço |
|---------------------------------|-----------------------|------------------------------------|---------------------------------|---------------------------------------|------------------------------------|---------------------------------|
| | Consome igual esforço | Consome moderadamente mais esforço | Consome fortemente mais esforço | Consome muito fortemente mais esforço | Consome absolutamente mais esforço | |
| Projeto | | X | | | | Análise |
| Implementação | | | X | | | Análise |
| Análise | X | | | | | Teste |
| Implementação | | X | | | | Projeto |
| Projeto | | | X | | | Teste |
| Implementação | | | X | | | Teste |

FASE DE TRANSIÇÃO



a) Atividade Desenvolver estratégias de implantação

| Etapa que consome maior esforço | Julgamento | | | | | Etapa que consome menor esforço |
|---------------------------------|-----------------------|------------------------------------|---------------------------------|---------------------------------------|------------------------------------|---------------------------------|
| | Consome igual esforço | Consome moderadamente mais esforço | Consome fortemente mais esforço | Consome muito fortemente mais esforço | Consome absolutamente mais esforço | |
| Projeto | | X | | | | Análise |
| Implementação | | | X | | | Análise |
| Teste | | X | | | | Análise |
| Implementação | | | X | | | Projeto |
| Teste | | X | | | | Projeto |
| Implementação | | X | | | | Teste |

b) Atividade Documentar notas de versões

| Etapa que consome maior esforço | Julgamento | | | | | Etapa que consome menor esforço |
|---------------------------------|-----------------------|------------------------------------|---------------------------------|---------------------------------------|------------------------------------|---------------------------------|
| | Consome igual esforço | Consome moderadamente mais esforço | Consome fortemente mais esforço | Consome muito fortemente mais esforço | Consome absolutamente mais esforço | |
| Projeto | | X | | | | Análise |
| Implementação | | X | | | | Análise |
| Análise | X | | | | | Teste |
| Implementação | | X | | | | Projeto |
| Projeto | | X | | | | Teste |
| Implementação | | X | | | | Teste |

c) Atividade Implantar

| Etapa que consome maior esforço | Julgamento | | | | | Etapa que consome menor esforço |
|---------------------------------|-----------------------|------------------------------------|---------------------------------|---------------------------------------|------------------------------------|---------------------------------|
| | Consome igual esforço | Consome moderadamente mais esforço | Consome fortemente mais esforço | Consome muito fortemente mais esforço | Consome absolutamente mais esforço | |
| Projeto | | X | | | | Análise |
| Implementação | | | X | | | Análise |
| Teste | | X | | | | Análise |
| Implementação | | | X | | | Projeto |
| Projeto | | X | | | | Teste |
| Implementação | | | X | | | Teste |

d) Atividade Realizar testes

| Etapa que consome maior esforço | Julgamento | | | | | Etapa que consome menor esforço |
|---------------------------------|-----------------------|------------------------------------|---------------------------------|---------------------------------------|------------------------------------|---------------------------------|
| | Consome igual esforço | Consome moderadamente mais esforço | Consome fortemente mais esforço | Consome muito fortemente mais esforço | Consome absolutamente mais esforço | |
| Projeto | | X | | | | Análise |
| Implementação | | | X | | | Análise |
| Teste | | | X | | | Análise |
| Implementação | | X | | | | Projeto |
| Teste | | | X | | | Projeto |
| Teste | | X | | | | Implementação |

e) Atividade Avaliar manutenção

| Etapa que consome maior esforço | Julgamento | | | | | Etapa que consome menor esforço |
|---------------------------------|-----------------------|------------------------------------|---------------------------------|---------------------------------------|------------------------------------|---------------------------------|
| | Consome igual esforço | Consome moderadamente mais esforço | Consome fortemente mais esforço | Consome muito fortemente mais esforço | Consome absolutamente mais esforço | |
| Projeto | | X | | | | Análise |
| Implementação | | X | | | | Análise |
| Análise | X | | | | | Teste |
| Implementação | | X | | | | Projeto |
| Projeto | X | | | | | Teste |
| Implementação | | X | | | | Teste |

APÊNDICE E
Questionários de Avaliação dos Julgamentos Arbitrários do Experimento

E.1. Julgamentos feitos pelo Avaliador A (gerente de projeto)

QUESTIONÁRIO DE AVALIAÇÃO
Julgamentos arbitrários

1. Avalie a distribuição de esforço das Fases em relação ao Modelo UP:

| FASES | Concepção | Elaboração | Construção | Transição |
|--------------|-----------|------------|------------|-----------|
| % | 20 | 10 | 30 | 40 |

2. Avalie a distribuição de esforço das Etapas em cada Fase do modelo UP:

| FASES | ETAPAS | | | |
|--------------|----------------|----------------|----------------------|--------------|
| | Análise | Projeto | Implementação | Teste |
| Concepção | 70 | 30 | 0 | 0 |
| Elaboração | 50 | 20 | 15 | 15 |
| Construção | 10 | 10 | 40 | 40 |
| Transição | 5 | 5 | 40 | 50 |

3. Avalie a distribuição de esforço das Etapas no modelo UP:

| ETAPAS | Análise | Projeto | Implementação | Teste |
|---------------|---------|---------|---------------|-------|
| % | 10 | 10 | 30 | 50 |

4. Avalie a distribuição de esforço das Atividades em cada uma das Fases do modelo UP:

| FASE DE CONCEPÇÃO | | FASE DE ELABORAÇÃO | |
|-----------------------------------|----------|--|----------|
| | % | | % |
| Entrevista com o cliente | 20 | Entrevista com o cliente | 10 |
| Analisar e modelar o negócio | 20 | Definir iterações | 10 |
| Analisar e especificar requisitos | 20 | Analisar e especificar requisitos | 20 |
| Validar artefatos com o cliente | 30 | Validar artefatos com o cliente | 30 |
| Definir arquitetura do software | 5 | Desenvolver modelos de análise e projeto | 20 |
| Elaborar cronograma e orçamento | 5 | Atualizar arquitetura | 10 |
| FASE DE CONSTRUÇÃO | | FASE DE TRANSIÇÃO | |
| | % | | % |
| Definir iterações | 5 | Desenvolver estratégias de implantação | 10 |
| Elaborar plano de testes | 5 | Documentar notas de versões | 10 |
| Implementar | 30 | Implantar | 30 |
| Testar e integrar componentes | 40 | Realizar testes | 40 |
| Incrementar modelos | 10 | Avaliar manutenção | 10 |
| Desenvolver manual do sistema | 10 | | |

5. Avalie a distribuição de esforço das Etapas em cada Atividade do modelo UP:

| ATIVIDADES | ETAPAS | | | |
|--|----------------|----------------|----------------------|--------------|
| FASE DE CONCEPÇÃO | Análise | Projeto | Implementação | Teste |
| Entrevista com o cliente | 80 | 20 | 0 | 0 |
| Analisar e modelar o negócio | 70 | 30 | 0 | 0 |
| Analisar e especificar requisitos | 80 | 20 | 0 | 0 |
| Validar artefatos com o cliente | 90 | 10 | 0 | 0 |
| Definir arquitetura do software | 80 | 20 | 0 | 0 |
| Elaborar cronograma e orçamento | 80 | 20 | 0 | 0 |
| FASE DE ELABORAÇÃO | Análise | Projeto | Implementação | Teste |
| Entrevista com o cliente | 60 | 40 | 0 | 0 |
| Definir iterações | 50 | 50 | 0 | 0 |
| Analisar e especificar requisitos | 50 | 50 | 0 | 0 |
| Validar artefatos com o cliente | 60 | 30 | 10 | 0 |
| Desenvolver modelos de análise e projeto | 30 | 70 | 0 | 0 |
| Atualizar arquitetura | 40 | 60 | 0 | 0 |
| FASE DE CONSTRUÇÃO | Análise | Projeto | Implementação | Teste |
| Definir iterações | 20 | 80 | 0 | 0 |
| Elaborar plano de testes | 30 | 70 | 0 | 0 |
| Implementar | 0 | 0 | 80 | 20 |
| Testar e integrar componentes | 0 | 0 | 20 | 80 |
| Incrementar modelos | 0 | 30 | 50 | 20 |
| Desenvolver manual do sistema | 50 | 50 | 0 | 0 |
| FASE DE TRANSIÇÃO | Análise | Projeto | Implementação | Teste |
| Desenvolver estratégias de implantação | 30 | 70 | 0 | 0 |
| Documentar notas de versões | 80 | 20 | 0 | 0 |
| Implantar | 0 | 0 | 10 | 90 |
| Realizar testes | 0 | 0 | 10 | 90 |
| Avaliar manutenção | 10 | 0 | 10 | 80 |

E.2. Julgamentos feitos pelo Avaliador B (analista de sistemas)

QUESTIONÁRIO DE AVALIAÇÃO Julgamentos arbitrários

1. Avalie a distribuição de esforço das Fases em relação ao Modelo UP:

| FASES | Concepção | Elaboração | Construção | Transição |
|--------------|-----------|------------|------------|-----------|
| % | 20 | 20 | 40 | 20 |

2. Avalie a distribuição de esforço das Etapas em cada Fase do modelo UP:

| FASES | ETAPAS | | | |
|--------------|---------------|---------|---------------|-------|
| | Análise | Projeto | Implementação | Teste |
| Concepção | 50 | 45 | 5 | 0 |
| Elaboração | 30 | 50 | 15 | 5 |
| Construção | 5 | 5 | 50 | 40 |
| Transição | 5 | 5 | 10 | 80 |

3. Avalie a distribuição de esforço das Etapas no modelo UP:

| ETAPAS | Análise | Projeto | Implementação | Teste |
|---------------|---------|---------|---------------|-------|
| % | 10 | 25 | 50 | 15 |

4. Avalie a distribuição de esforço das Atividades em cada uma das Fases do modelo UP:

| FASE DE CONCEPÇÃO | % | FASE DE ELABORAÇÃO | % |
|-----------------------------------|----|--|----|
| Entrevista com o cliente | 30 | Entrevista com o cliente | 10 |
| Analisar e modelar o negócio | 30 | Definir iterações | 25 |
| Analisar e especificar requisitos | 20 | Analisar e especificar requisitos | 15 |
| Validar artefatos com o cliente | 10 | Validar artefatos com o cliente | 15 |
| Definir arquitetura do software | 5 | Desenvolver modelos de análise e projeto | 30 |
| Elaborar cronograma e orçamento | 5 | Atualizar arquitetura | 5 |
| FASE DE CONSTRUÇÃO | % | FASE DE TRANSIÇÃO | % |
| Definir iterações | 10 | Desenvolver estratégias de implantação | 10 |
| Elaborar plano de testes | 10 | Documentar notas de versões | 5 |
| Implementar | 40 | Implantar | 50 |
| Testar e integrar componentes | 30 | Realizar testes | 30 |
| Incrementar modelos | 5 | Avaliar manutenção | 5 |
| Desenvolver manual do sistema | 5 | | |

5. Avalie a distribuição de esforço das Etapas em cada Atividade do modelo UP:

| ATIVIDADES | ETAPAS | | | |
|--|----------------|----------------|----------------------|--------------|
| FASE DE CONCEPÇÃO | Análise | Projeto | Implementação | Teste |
| Entrevista com o cliente | 80 | 20 | 0 | 0 |
| Analisar e modelar o negócio | 70 | 30 | 0 | 0 |
| Analisar e especificar requisitos | 50 | 50 | 0 | 0 |
| Validar artefatos com o cliente | 50 | 40 | 10 | 0 |
| Definir arquitetura do software | 20 | 70 | 5 | 5 |
| Elaborar cronograma e orçamento | 70 | 30 | 0 | 0 |
| FASE DE ELABORAÇÃO | Análise | Projeto | Implementação | Teste |
| Entrevista com o cliente | 30 | 70 | 0 | 0 |
| Definir iterações | 20 | 80 | 0 | 0 |
| Analisar e especificar requisitos | 10 | 90 | 0 | 0 |
| Validar artefatos com o cliente | 20 | 80 | 10 | 0 |
| Desenvolver modelos de análise e projeto | 10 | 80 | 10 | 0 |
| Atualizar arquitetura | 10 | 90 | 0 | 0 |
| FASE DE CONSTRUÇÃO | Análise | Projeto | Implementação | Teste |
| Definir iterações | 10 | 90 | 0 | 0 |
| Elaborar plano de testes | 10 | 90 | 0 | 0 |
| Implementar | 10 | 10 | 60 | 20 |
| Testar e integrar componentes | 0 | 10 | 20 | 70 |
| Incrementar modelos | 10 | 60 | 15 | 15 |
| Desenvolver manual do sistema | 50 | 50 | 0 | 0 |
| FASE DE TRANSIÇÃO | Análise | Projeto | Implementação | Teste |
| Desenvolver estratégias de implantação | 50 | 40 | 0 | 10 |
| Documentar notas de versões | 20 | 50 | 30 | 0 |
| Implantar | 10 | 10 | 0 | 80 |
| Realizar testes | 0 | 0 | 10 | 90 |
| Avaliar manutenção | 50 | 50 | 0 | 0 |

E.3. Julgamentos feitos pelo Avaliador C (programador)

QUESTIONÁRIO DE AVALIAÇÃO Julgamentos arbitrários

1. Avalie a distribuição de esforço das Fases em relação ao Modelo UP:

| FASES | Concepção | Elaboração | Construção | Transição |
|--------------|-----------|------------|------------|-----------|
| % | 20 | 20 | 30 | 30 |

2. Avalie a distribuição de esforço das Etapas em cada Fase do modelo UP:

| FASES | ETAPAS | | | |
|--------------|---------------|---------|---------------|-------|
| | Análise | Projeto | Implementação | Teste |
| Concepção | 20 | 50 | 15 | 15 |
| Elaboração | 10 | 40 | 25 | 25 |
| Construção | 10 | 25 | 50 | 15 |
| Transição | 10 | 10 | 30 | 50 |

3. Avalie a distribuição de esforço das Etapas no modelo UP:

| ETAPAS | Análise | Projeto | Implementação | Teste |
|---------------|---------|---------|---------------|-------|
| % | 20 | 20 | 40 | 20 |

4. Avalie a distribuição de esforço das Atividades em cada uma das Fases do modelo UP:

| FASE DE CONCEPÇÃO | % | FASE DE ELABORAÇÃO | % |
|-----------------------------------|----------|--|----------|
| Entrevista com o cliente | 10 | Entrevista com o cliente | 10 |
| Analisar e modelar o negócio | 10 | Definir iterações | 15 |
| Analisar e especificar requisitos | 30 | Analisar e especificar requisitos | 25 |
| Validar artefatos com o cliente | 10 | Validar artefatos com o cliente | 10 |
| Definir arquitetura do software | 20 | Desenvolver modelos de análise e projeto | 30 |
| Elaborar cronograma e orçamento | 20 | Atualizar arquitetura | 10 |
| FASE DE CONSTRUÇÃO | % | FASE DE TRANSIÇÃO | % |
| Definir iterações | 10 | Desenvolver estratégias de implantação | 10 |
| Elaborar plano de testes | 10 | Documentar notas de versões | 10 |
| Implementar | 35 | Implantar | 40 |
| Testar e integrar componentes | 20 | Realizar testes | 25 |
| Incrementar modelos | 15 | Avaliar manutenção | 15 |
| Desenvolver manual do sistema | 10 | | |

5. Avalie a distribuição de esforço das Etapas em cada Atividade do modelo UP:

| ATIVIDADES | ETAPAS | | | |
|--|----------------|----------------|----------------------|--------------|
| FASE DE CONCEPÇÃO | Análise | Projeto | Implementação | Teste |
| Entrevista com o cliente | 80 | 10 | 10 | 0 |
| Analisar e modelar o negócio | 70 | 10 | 10 | 10 |
| Analisar e especificar requisitos | 80 | 10 | 10 | 0 |
| Validar artefatos com o cliente | 40 | 30 | 20 | 10 |
| Definir arquitetura do software | 40 | 60 | 0 | 0 |
| Elaborar cronograma e orçamento | 60 | 40 | 0 | 0 |
| FASE DE ELABORAÇÃO | Análise | Projeto | Implementação | Teste |
| Entrevista com o cliente | 60 | 40 | 0 | 0 |
| Definir iterações | 80 | 20 | 0 | 0 |
| Analisar e especificar requisitos | 60 | 30 | 10 | 0 |
| Validar artefatos com o cliente | 30 | 40 | 20 | 10 |
| Desenvolver modelos de análise e projeto | 50 | 50 | 0 | 0 |
| Atualizar arquitetura | 20 | 50 | 30 | 0 |
| FASE DE CONSTRUÇÃO | Análise | Projeto | Implementação | Teste |
| Definir iterações | 50 | 50 | 0 | 0 |
| Elaborar plano de testes | 40 | 40 | 20 | 0 |
| Implementar | 10 | 40 | 40 | 10 |
| Testar e integrar componentes | 0 | 0 | 60 | 40 |
| Incrementar modelos | 0 | 10 | 60 | 30 |
| Desenvolver manual do sistema | 20 | 20 | 40 | 20 |
| FASE DE TRANSIÇÃO | Análise | Projeto | Implementação | Teste |
| Desenvolver estratégias de implantação | 0 | 10 | 30 | 60 |
| Documentar notas de versões | 0 | 10 | 80 | 10 |
| Implantar | 0 | 0 | 20 | 80 |
| Realizar testes | 0 | 0 | 20 | 80 |
| Avaliar manutenção | 0 | 0 | 10 | 90 |