

UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

**MODELOS DE DECISÃO PARA ALOCAÇÃO DE
RECURSOS HUMANOS EM PROJETOS DE SISTEMAS DE
INFORMAÇÃO**

DISSERTAÇÃO SUBMETIDA À UFPE
PARA OBTENÇÃO DE GRAU DE MESTRE
POR

LÚCIO CAMARA E SILVA

Orientador: Prof.^a Ana Paula Cabral Seixas Costa, D.Sc.

RECIFE, FEVEREIRO / 2009

S586m Silva, Lúcio Camara e

Modelos de decisão para alocação de recursos humanos em projetos de sistemas de informação / Lúcio Camara e Silva. – Recife: O Autor, 2009.

xi, 67 f.; il., figs., tabs.

Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Pernambuco. CTG. Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, 2009.

Inclui Referências Bibliográficas.

1. Engenharia de Produção. 2. Alocação de recursos humanos. 3. Programação matemática. 4. Gestão de projetos. I. Título.

658.5

CDD (22.ed.)

UFPE BCTG/2009-079



UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

PARECER DA COMISSÃO EXAMINADORA
DE DEFESA DE DISSERTAÇÃO DE
MESTRADO ACADÊMICO DE

LÚCIO CAMARA E SILVA

**“MODELOS DE DECISÃO PARA ALOCAÇÃO DE RECURSOS HUMANOS EM
PROJETOS DE SISTEMAS DE INFORMAÇÃO”**

ÁREA DE CONCENTRAÇÃO: PESQUISA OPERACIONAL

A comissão examinadora, composta pelos professores abaixo, sob a presidência do(a) primeiro(a), considera o candidato LÚCIO CAMARA E SILVA **APROVADO COM DISTINÇÃO**.

Recife, 19 de fevereiro de 2009.

Profª. ANA PAULA CABRAL SEIXAS COSTA, Doutor (UFPE)

Prof. ADIEL TEIXEIRA DE ALMEIDA, PhD (UFPE)

Prof. RUI FRANCISCO MARTINS MARÇAL, Doutor (UTFPR)

Aos meus pais, *Lúcio e Dorinha*,
com todo carinho e amor, pela intensa
dedicação, incentivo, apoio e
compreensão.

AGRADECIMENTOS

Esse é o momento que gostaria de agradecer a algumas pessoas que contribuíram para meu desenvolvimento acadêmico e que, de certa forma, colaboraram para a conclusão deste trabalho. Lúcio dos Santos e Silva, meu pai, pessoa que muito admiro e que sempre está presente em todos os momentos me ensinando que a vida é um eterno aprendizado. Maria Auxiliadora Dornelas Camara e Silva, minha mãe, sempre ao meu lado, me apoiando e incentivando na busca do crescimento. Meus irmãos, Gustavo, Alice e Taciana, pela paciência. Mariana Paiva Santos Gusmão, minha namorada, pelo companheirismo, apoio e incentivo. Todos os meus amigos, de colégio, da faculdade, do surfe, que sempre sabiam das dificuldades inerentes a realização deste trabalho, e por isso sentiram de fato, um pouco a minha ausência. Meu Tio e Padrinho, Renato Dornelas Camara, que sempre me apoiou para seguir a carreira acadêmica. Ao meu colega Yuri Gama, que desde o início do mestrado também me incentivou em seguir na carreira acadêmica.

Ana Paula, minha professora e orientadora, pela oportunidade de realizar este trabalho, pela paciência, dedicação, compreensão e incentivo. Pessoa esta que tenho grande admiração e respeito.

RESUMO

Este trabalho tem como objetivo propor dois modelos de programação matemática, baseado na programação dinâmica e na programação linear, para apoiar os gestores de projetos de SI na atividade de alocação de recursos humanos. Cada modelo leva em consideração uma característica específica. O primeiro baseado em programação dinâmica considera a complexidade de cada projeto e tem por objetivo minimizar o tempo de execução. O segundo baseado no problema de designação, leva em consideração as habilidades e o custo de alocação dos profissionais, sendo seu objetivo reduzir o custo.

Palavras-Chave: Alocação de Recursos, Programação Matemática, Gestão de Projetos

ABSTRACT

This work aims at propose two models of mathematical programming, based on dynamic programming and linear programming, in order to support the managers of IS projects in the allocation of human resources. Each model takes into account a specific feature. The first one, based on dynamic programming, considers the complexity of each project and aims at minimizing the execution time. The second one, based on the issue of designation, takes into account the professional's skills and allocation cost, with the objective of reducing the latter.

Key-words: Resource allocation, programming mathematics, project management

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	1
1.1.	Relevância do Estudo.....	2
1.2	Objetivos do Trabalho	2
1.2.1	Objetivo Geral	2
1.2.2	Objetivo Específico	3
1.3	Estrutura da Dissertação	3
2	BASE CONCEITUAL E REVISÃO DE LITERATURA.....	4
2.1.	Gestão de Projetos	4
2.2.	Gestão de Projetos de Sistemas de Informação	13
2.3.	Métricas de <i>Software</i>	17
2.4.	Sistemas para Avaliação de Ritmos.....	26
2.5.	Programação Dinâmica.....	28
2.6.	Problema de Designação.....	32
2.7	Alocação de Recursos Humanos em Projetos de SI	33
3.	MODELO DE ALOCAÇÃO DE RH EM PROJETOS DE SI – PROGRAMAÇÃO DINÂMICA.....	38
3.1.	Caracterização do Problema	38
3.2.	Características do Modelo	40
3.3.	Definição do Problema de Programação Dinâmica.....	46
3.4.	Resultado da aplicação do modelo proposto de Programação Dinâmica	49
3.5.	Discussão referente ao Modelo Proposto.....	51
4.	MODELO DE ALOCAÇÃO DE RH EM PROJETOS DE SI – PROGRAMAÇÃO LINEAR	53
4.1.	Caracterização do Problema	53
4.2.	Características do Modelo	53

4.2.1. Definição das Variáveis de Decisão do Modelo.....	54
4.3. Definição do Problema de Programação Linear	56
4.4. Resultado da aplicação do modelo proposto de Programação Linear	60
4.5. Discussão referente ao Modelo Proposto.....	60
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS	62
5.1. Conclusões	62
5.2. Proposta de Trabalhos Futuros	63
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	64

LISTA DE FIGURAS

<i>Figura 2-1 Nível de custo e pessoal ao longo do ciclo de vida do projeto (Fonte: PMBOK, 2004)</i>	10
<i>Figura 2-2 Influência das partes interessadas e o custo da mudança (Fonte: PMBOK, 2004)</i>	10
<i>Figura 2-3 Ciclo de vida do projeto (Fonte: adaptada de Vargas, 2005)</i>	11
<i>Figura 2-4 Áreas do conhecimento do PMBOK</i>	14
<i>Figura 2-5 Classificação das medições em software (Fonte: Adaptado de Fernandes, 1995)</i>	20
<i>Figura 2-6 Ciclo básico da gestão de projetos de software (Fonte: Adaptado de Fernandes, 1995)</i>	21
<i>Figura 2-7 O processo de planejamento de projetos (Fonte: Adaptado de Fernandes, 1995)</i>	21
<i>Figura 2-8 Estimativas de Desempenho (Fonte: Adaptado de Barnes(1982))</i>	27
<i>Figura 2-9 Caso genérico de T estágios discretos em série (Fonte: Adaptado de Colin, 2007)</i>	30
<i>Figura 2-10 Etapas do algoritmo seqüencial de alocação de recursos em modelos DEA Fonte: Adaptado de Mello, 2006)</i>	34
<i>Figura 2-11 Modelo de Otimização de Alocação de Desenvolvedores (Adaptado de Souza, 2007)</i>	36
<i>Figura 3-1 Margem de contribuição como um esforço de alocação para diferentes projetos</i>	49
<i>Figura 4-1 Relação capacidade do profissional com o projeto</i>	57

LISTA DE TABELAS

<i>Tabela 2-1 Cálculo dos pontos por função (Fonte: Adaptado de Pressman,(2002)</i>	<i>25</i>
<i>Tabela 2-2 Cálculo da variação do tempo em função da habilidade do profissional....</i>	<i>28</i>
<i>Tabela 3-1 Margem de contribuição como um esforço de alocação para diferentes projetos.....</i>	<i>41</i>
<i>Tabela 3-2 Multiplicadores de esforço - pesos para cada atributo.....</i>	<i>44</i>
<i>Tabela 3-3 Determinação dos pesos</i>	<i>45</i>
<i>Tabela 3-4 Quantidade de instruções-fontes por Projeto.....</i>	<i>46</i>
<i>Tabela 3-5 Características de cada Projeto de Software</i>	<i>47</i>
<i>Tabela 3-6 Legenda das cores de cada Projeto.....</i>	<i>47</i>
<i>Tabela 3-7 Estimativa do esforço por Projeto não ajustado</i>	<i>48</i>
<i>Tabela 3-8 Estimativa de esforço por Projeto ajustada</i>	<i>48</i>
<i>Tabela 3-9 Estimativa de prazo de execução dos projetos de acordo com a quantidade de desenvolvedores</i>	<i>49</i>
<i>Tabela 3-10 Alocação para o Projeto_1.....</i>	<i>50</i>
<i>Tabela 3-11 Alocação para o Projeto_2.....</i>	<i>50</i>
<i>Tabela 3-12 Alocação para o Projeto_3.....</i>	<i>51</i>
<i>Tabela 3-13 Resultado final da alocação</i>	<i>51</i>
<i>Tabela 4-1 Matriz de Eficiência do problema de designação</i>	<i>55</i>
<i>Tabela 4-2 Cálculo da variação do tempo em função da habilidade do profissional....</i>	<i>56</i>
<i>Tabela 4-3 Habilidades dos membros da equipe.....</i>	<i>58</i>
<i>Tabela 4-4 Tempo de execução dos Projetos (dias)</i>	<i>58</i>
<i>Tabela 4-5 Tempo de execução dos Projetos (dias) considerando as habilidades</i>	<i>59</i>
<i>Tabela 4-6 Custo de alocação por dia (R\$).....</i>	<i>59</i>
<i>Tabela 4-7 Custo (R\$) para alocar cada profissional para realização de cada Projeto</i>	<i>59</i>
<i>Tabela 4-8 Atribuição Final</i>	<i>60</i>

EQUAÇÕES

<i>Equação (2-1) Contagem de Pontos por Função</i>	<i>26</i>
<i>Equação (2-2) Recursão da Programação Dinâmica</i>	<i>29</i>
<i>Equação (2-3) Genérica do problema de Programação Dinâmica</i>	<i>30</i>
<i>Equação (2-4) Função objetivo</i>	<i>31</i>
<i>Equação (2-5) Algoritmo da Programação Dinâmica</i>	<i>32</i>
<i>Equação (2-6) Problema de Atribuição.....</i>	<i>33</i>
<i>Equação (3-1) Modelo de Distribuição de Esforço – Programação Dinâmica</i>	<i>42</i>
<i>Equação (3-2) Função objetivo do Modelo de Distribuição de Esforço.....</i>	<i>42</i>
<i>Equação (3-3) Cálculo do esforço(Adaptado de Fernandes, 1995).....</i>	<i>43</i>
<i>Equação (3-4) Cálculo do prazo(Adaptado de Fernandes, 1995).....</i>	<i>43</i>
<i>Equação (3-5) Cálculo do prazo considerando o valor do esforço (Adaptado de Fernandes, 1995).....</i>	<i>43</i>
<i>Equação (4-1) Modelo do Problema de Atribuição.....</i>	<i>54</i>
<i>Equação (4-2) Cálculo do Tempo de execução do projeto</i>	<i>55</i>
<i>Equação (4-3) Cálculo do Custo de execução do projeto</i>	<i>56</i>

1 INTRODUÇÃO

Em seu início, a computação era um mecanismo que possibilitava automatizar determinadas tarefas das empresas. Com o avanço tecnológico, as máquinas gigantes começaram a perder seu espaço para equipamentos cada vez menores e mais poderosos. A evolução das telecomunicações permitiu que, aos poucos, computadores passassem a se comunicar. Como consequência, tais máquinas deixaram de simplesmente automatizar tarefas e passaram a lidar com Informação.

A palavra informação vem do latim (*informare*), tendo em sua origem o significado de dar forma. Almeida & Ramos (2002) comentam que frequentemente os conceitos sobre informação são apresentados na literatura em contraposição aos dados, e acrescentam que os dados se referem aos fatos brutos. Os sistemas de informação têm cada vez mais destaque dentro da organização. A informação é um bem cada dia mais valioso. Sendo assim, sistemas de informação eficazes podem ter um impacto positivo na estratégia corporativa e no sucesso da empresa, propiciando melhores produtos e serviços.

A área de *Software* no mundo tem impressionado pelo seu dinamismo. Neste contexto, a sobrevivência de uma empresa de desenvolvimento de *softwares*, nos dias de hoje, requer de seus executivos ações rápidas, conseqüentes e coerentes, conforme Carvalho & Carvalho (2008).

Segundo Carvalho & Carvalho (2008), uma das alternativas gerenciais que nos últimos anos têm se mostrado bastante atraente como opção para os executivos das empresas é o gerenciamento de projetos. Ainda segundo os autores, no Brasil, as grandes empresas de tecnologia têm investido na formação de profissionais especializados em gestão de projetos.

Porém, um dos maiores entraves nos projetos de desenvolvimento de *Software* é a alocação de recursos humanos. O término de um produto de *Software* confiável dentro do seu tempo esperado representa um dos maiores problemas para as organizações de desenvolvimento de *Software* (OTERO *et al*, 2008). Segundo os autores, a maior causa para esse atraso é o tempo requerido pelos profissionais para adquirir habilidades específicas para a realização das tarefas.

Associado a esse contexto, o guia de boas práticas em Gerenciamento de Projetos – PMBOK - apresenta uma área específica para recursos humanos, chamada de “Gerenciamento de Recursos Humanos”. Nela, são descritos os processos que organizam e gerenciam a equipe

de projeto. Mais ainda, consiste no planejamento de recursos humanos, contratar ou mobilizar a equipe do projeto, desenvolver a equipe do projeto e por fim gerenciá-la.

Para auxiliar o processo de alocação de recursos humanos, esta dissertação sugere a utilização de modelos matemáticos específicos para esse problema.

1.1. Relevância do Estudo

No desenvolvimento de projetos de Sistemas de Informação (SI), são muitas as dificuldades envolvidas, dentre elas: identificar todos os recursos que serão necessários para o projeto e selecioná-los de modo que estejam disponíveis para realizar as atividades do projeto (VARGAS, 2005).

A alocação de recursos humanos é uma atividade importante e complexa na execução de projetos de SI. Normalmente é um processo não sistemático, uma vez que tipicamente se baseia em experiência pessoal sem o uso de modelos formais explícitos.

A literatura informa que, ainda hoje, um dos grandes entraves para o sucesso de um projeto, não apenas de sistema de informação como também qualquer outro tipo de projeto, se deve ao fato de que a alocação dos recursos humanos disponíveis não se dá de forma mais eficiente.

Apoiado nessas idéias, o presente estudo objetivou demonstrar como a utilização de modelos matemáticos pode contribuir para auxiliar os gerentes de projeto na fase de alocação de recursos humanos, especificamente no contexto de projetos de SI.

Nesse sentido, o modelo apresentado nesse trabalho é relevante, à medida que fornece aos gerentes responsáveis pelo estudo do planejamento do projeto, uma ferramenta que possibilita aos mesmos uma tomada de decisão baseada na análise da alocação eficiente dos profissionais disponíveis, ao contrário das decisões equivocadas tomadas intuitivamente.

1.2 Objetivos do Trabalho

1.2.1 Objetivo Geral

O objetivo geral deste trabalho consiste na proposição de um modelo de programação dinâmica e de um modelo de programação linear para a alocação de recursos humanos em projetos de SI. Especificamente, os modelos fornecerão à organização,

mecanismos de apoio ao planejamento da alocação de recursos humanos, usando como base as habilidades dos profissionais, e, conseqüentemente, o tempo e o custo para realização da tarefa.

1.2.2 Objetivo Específico

Para alcançar o objetivo geral apresentado acima é necessário atingir os seguintes objetivos específicos:

- Caracterização do problema de alocação de recursos humanos em projetos de Sistemas de Informação.
- Avaliação de métricas / estimativas de *softwares* disponíveis para utilizá-las na modelagem do problema.
- Modelagem do problema de alocação de recursos humano nos projetos de SI, segundo os modelos de programação matemática dinâmico e linear.

1.3 Estrutura da Dissertação

Este trabalho encontra-se estruturado em cinco capítulos:

- O Capítulo 1 apresenta uma visão geral da proposta da dissertação. Define também o objetivo do estudo destacando sua relevância.
- O Capítulo 2 apresenta a base conceitual e uma revisão da literatura, onde são discutidas questões referentes à gestão de projetos, gestão de projetos de SI, métricas de *software*, sistemas para avaliação de ritmos, programação dinâmica e programação linear - problemas de designação.
- O Capítulo 3 apresenta o modelo de alocação de profissionais em projetos de SI baseado em programação dinâmica, bem como uma caracterização do problema, características do modelo, definição do problema e aplicação do modelo.
- O Capítulo 4 apresenta o modelo de alocação de profissionais em projetos de SI baseado em programação linear, bem como uma caracterização do problema, características do modelo, definição do problema e aplicação do modelo.
- Por fim, as conclusões do estudo e algumas recomendações para trabalhos futuros são apresentadas no Capítulo 5.

2 BASE CONCEITUAL E REVISÃO DE LITERATURA

O presente capítulo destina-se a apresentar os principais conceitos utilizados no trabalho: gestão de projetos, gestão de projetos em SI, métricas de *softwares*, programação dinâmica e programação linear. Além destes conceitos é apresentada uma revisão da literatura sobre o tema.

2.1. Gestão de Projetos

A área de gestão de projetos tem assumido maior importância nas empresas, que têm passado por um processo de transformação, organizando-se para poder dar respostas eficazes e ágeis às questões ambientais e organizacionais (Carvalho & Carvalho, 2008). O gerenciamento de projetos existe há muito tempo, pois desde o passado, os povos antigos já se preocupavam com a realização de grandes obras e projetos militares. Apesar de não conhecerem as ferramentas e técnicas atuais, já havia a preocupação com a alocação de recursos e gestão dos riscos envolvidos nos projetos. Ao longo do tempo, percebeu-se que o uso de técnicas de controle de custos e de tempo e gerenciamento de riscos poderiam ser aplicados aos projetos trazendo uma gama de benefícios. Em busca da eficácia no gerenciamento de projetos, é necessário promover um alinhamento estratégico, que pode ser atingido através da adequada gestão da carteira de projetos, da implementação de uma estrutura apropriada na forma de escritórios de projetos e da construção de competências e de maturidade em gestão de projetos em âmbito organizacional (Carvalho & Carvalho, 2008).

Segundo Vargas (2005), projeto é um empreendimento ou evento não repetitivo, caracterizado por uma seqüência clara e lógica de eventos, com início, meio e fim, que se destina a atingir um objetivo claro e definido, sendo conduzido por pessoas, dentro de parâmetros predefinidos de tempo, custo, recurso envolvido e qualidade. A partir da sua definição, podem-se entender algumas características inerentes a um projeto, como:

- Temporário: com início, meio e fim, ou seja, quando os objetivos são atingidos o projeto chega ao fim, ou quando não for mais necessário e o projeto for encerrado;
- Resultados exclusivos: cada projeto produz entregas singulares que, segundo Maximiano (2007), pode se dividir em três categorias principais: produtos

físicos (bens tangíveis), conceitos (são bens intangíveis: idéias, processos, teorias, etc.) e eventos (o projeto consiste na própria realização da atividade);

- **Elaboração progressiva:** é uma característica que integra os conceitos de temporário e exclusivo. O projeto se desenvolve através de uma seqüência clara e lógica de eventos, o escopo do projeto é desenvolvido de maneira geral no início e é progressivamente detalhado ao longo do projeto, além disso, é composto de atividades logicamente encadeadas que permita, durante sua execução, um acompanhamento e controle mais preciso.

Além das características citadas, os projetos também compartilham características comuns às operações: são realizados por pessoas, utilizam recursos limitados, como *hardware* ou *software*, e são planejados, executados e controlados.

Um conceito associado ao de Projetos é o de Operações. Estas são os serviços repetitivos dentro de uma organização. No entanto, os projetos e as operações diferem principalmente no fato de que as operações são contínuas e repetitivas, enquanto que os projetos são temporários e exclusivos (VIEIRA, 2007).

Outra característica bastante importante é a de que todo projeto necessita do estabelecimento de valores para prazo, custos, pessoas, material e equipamentos envolvidos, como também a qualidade desejada para o projeto.

Muitas vezes, os projetos são subdivididos em subprojetos para serem melhor gerenciados e controlados. Os subprojetos podem ser contratados por empresas terceirizadas e não tem sentido serem tratados de forma isolada. Os projetos também podem estar reunidos para serem gerenciados de forma coordenada com objetivo de obter benefícios que não existiriam se fossem tratados individualmente. Esse grupo de projetos é chamado de programa. Os projetos, programas e outros trabalhos também podem ser gerenciados através do gerenciamento de portfólio, que verifica a necessidade de alocar os recursos para atingir os objetivos negociais estratégicos.

O gerenciamento de projetos consiste na aplicação de conhecimentos, habilidades, ferramentas e técnicas na elaboração de atividades a fim de atingirem objetivos pré-definidos. Segundo Vargas (2005), o gerenciamento de projetos deve ser realizado através da aplicação e da integração dos seguintes processos de gerenciamento de projetos: iniciação, planejamento, execução, monitoramento e controle e encerramento.

Segundo Kerzner (2006), existem várias pressões que levam as companhias a adotarem gerenciamento de projetos como forma de realizarem seus negócios. São elas: concorrência –

clientes esperam por preços baixos; padrões de qualidade – clientes esperam alta qualidade e menos falhas e menos necessidade de manutenção; resultados financeiros – clientes esperam que os fornecedores aceitem margens de lucro mais baixas; fatores tecnológicos – os clientes esperam a mais moderna tecnologia com preços razoáveis; aspectos legais – deseja-se que os sistemas de gestão de projetos estejam dentro dos limites da lei; aspectos sociais – funcionários desejam sistemas que permitam realizar mais trabalho em menos tempo; fatores políticos; pressões econômicas – reduzir os custos e preocupações dos acionistas – os acionistas desejam crescimento interno e expansão externa mediante fusões e aquisições.

Já segundo Cleland (1999, *apud* Vargas, 2005), diversos critérios podem ser utilizados para a consideração do uso dos conceitos de gerenciamento de projetos: mudanças de mercado, tamanho do empreendimento, interdependência, importância do empreendimento, reputação da organização, compartilhamento de recursos e não-familiaridade com o esforço empreendido. Não é necessário que os sete fatores sejam favoráveis ao gerenciamento de projetos, basta um ser determinante para que um modelo de gerenciamento de projetos seja necessário.

Para o PMI (2004), gerenciar projetos inclui a identificação das necessidades; estabelecimento de objetivos claros e alcançáveis; balanceamento das demandas conflitantes de qualidade, escopo, tempo e custo e adaptação das especificações, dos planos e da abordagem às diferentes preocupações e expectativas das diversas partes interessadas.

O gerenciamento de projetos traz diversos benefícios para a organização e apresenta a vantagem de não ser restrito a projetos grandiosos. É eficaz para se obter os resultados com a qualidade esperada, dentro do prazo e do orçamento previsto. A utilização de técnicas e ferramentas de gestão de projetos aperfeiçoa a alocação de recursos; evita surpresas durante a execução do projeto através da gestão de riscos com planos de contingências; permite desenvolver um diferencial competitivo e novas técnicas, já que existe uma metodologia estruturada e agiliza as decisões e facilita as estimativas para projetos futuros uma vez que as informações estão documentadas e disponíveis.

Outro benefício estratégico da gestão de projetos, segundo Kerzner (2006), é que o sistema pode ser satisfatoriamente integrado com outras formas de gerenciamento como a engenharia simultânea, a gestão da qualidade total e a gestão da mudança.

A combinação da gestão de projetos com a engenharia simultânea leva a redução do refugo e retrabalho, ao aumento das vendas e do número de clientes. A utilização conjunta da gestão da qualidade total com a gestão de projetos produz benefícios como a maior qualidade

dos produtos, clientes mais satisfeitos e redução das falhas. E a junção com o gerenciamento da mudança permite que a organização reaja com rapidez às mudanças exigidas pelos clientes, redução do impacto das mudanças nos custos e a boa relação com os clientes.

O sucesso de um projeto consiste na sua realização conforme o planejado em termos de custos, prazo e no nível de qualidade preestabelecido. Apesar de os *stakeholders* muitas vezes avaliarem os projetos por questões como terminar antes do prazo previsto ou abaixo do orçamento planejado leva a uma falsa impressão de sucesso do projeto, mas esses fatos mostram apenas que houve um erro de percepção que levou a falhas no planejamento superestimando o tempo ou os recursos necessários.

De acordo com Kerzner (2006), a definição de sucesso como a realização dentro do prazo e do orçamento planejado e com o nível de qualidade desejado apenas apresenta indicadores internos. Ainda segundo o autor, a moderna definição de sucesso é mensurada em termos de fatores primários e secundários. Podem ser considerados como fatores primários os indicadores já citados – tempo, custo e qualidade; e os fatores secundários são a aceitação pelos clientes, sucesso financeiro, alinhamento estratégico, reputação da empresa, proteção ambiental, entre outros.

Segundo Vargas (2005), para estimular o sucesso do projeto, o gerente de projetos e seu time podem tomar várias ações no âmbito técnico, organizacional e até mesmo comportamental. Entre essas ações podemos citar: selecionar corretamente os membros-chave do time do projeto; desenvolver um senso de comprometimento em toda a equipe; coordenar e manter uma relação de respeito e cordialidade com o cliente, os fornecedores e outros envolvidos; determinar os processos que precisam de melhorias; desenvolver estimativas de custos, prazos e qualidade realistas; manter as modificações sob controle e evitar número excessivo de relatórios e análises.

Apesar dos grandes benefícios trazidos pelo projeto, muitas falhas acontecem e levam ao fracasso do projeto. As causas que levam ao fracasso podem ser evitadas, se forem do controle da organização, ou minimizadas, quando estão fora do controle da organização através de um gerenciamento eficiente dos riscos. A maioria dos insucessos dos projetos provém de falhas gerenciais que poderiam ser evitadas, como:

- Projeto baseado em dados insuficientes ou inadequados;
- Não conhecimento dos pontos-chave do projeto.

De acordo com Kerzner (2006), uma gestão de projetos bem sucedida exige planejamento e coordenação extensivos. Dessa forma, o fluxo de trabalho e a coordenação do

projeto devem ser administrados horizontalmente, o que favorece a interação permanente dos vários grupos funcionais, a coordenação e a comunicação entre os subordinados e seus gerentes.

No fluxo vertical de trabalho, que ocorria na gerência tradicional, os trabalhadores são organizados em cadeias de comando de cima para baixo, já o fluxo horizontal favorece, através da interação, a produtividade, eficiência e eficácia. Para os gerentes de projetos, que trabalham com uma cadeia de trabalho horizontal, existe uma facilidade de entender e aprender as operações das demais unidades funcionais. Esse conhecimento leva o gerente de projetos a estar apto a tomar decisões empresariais globais. Com isso, segundo Kerzner (2006), o ambiente empresarial está finalmente reconhecendo a importância da gerência de projetos e seu impacto na lucratividade da empresa.

Segundo Kerzner (2006), muitas empresas definem sucesso não apenas em termos de fatores críticos para o sucesso, mas igualmente pelos indicadores-chave de desempenho (KPI). Os fatores críticos de sucesso medem o resultado final percebido pelos clientes e identificam aqueles aspectos considerados essenciais para atendê-los, entre eles podemos citar: cumprimento da programação, atendimento do orçamento, concretização da qualidade e aditivos de contrato. Existem também os fatores críticos para o fracasso, que criam obstáculos ao eficaz gerenciamento de projetos, sendo uma informação tão útil quanto os fatores que levam ao sucesso.

Ainda segundo Kerzner (2006), os indicadores-chave de desempenho medem a qualidade do processo utilizado para alcançar os resultados finais, ou seja, são indicadores internos que podem ser modificados ao longo do ciclo de vida dos projetos. Alguns desses indicadores-chave são: utilização de metodologia de gestão de projetos, estabelecimento dos processos de controle, uso de indicadores, envolvimento do cliente e a qualidade dos recursos aplicados versus o planejado.

A cultura e o estilo organizacional exercem influência direta nos projetos e refletem nas normas, políticas, procedimentos, ética no trabalho, entre outros. A criação de uma cultura corporativa que favoreça a gestão de projetos é importante para se chegar a excelência. Segundo Kerzner (2006), culturas corporativas baseiam-se no comportamento organizacional e podem demorar para serem desenvolvidas, no entanto podem ser destruídas rapidamente. As culturas sólidas podem formar-se quando a gestão de projetos é vista como uma profissão. Além disso, a estrutura organizacional (funcional, matricial ou por projetos) também influencia o sucesso no gerenciamento de projetos.

A maioria das empresas modernas envolve todas as estruturas organizacionais ao mesmo tempo em seus organogramas, havendo desde setores onde a estrutura é totalmente funcional até departamentos inteiros com a estrutura voltada completamente para projetos, conforme Vargas (2005).

Historicamente a gestão de projetos era admitida apenas nos setores do mercado orientados para projetos. No entanto, houve um crescimento da aceitação da gestão de projetos nos últimos 10 anos e as organizações híbridas passaram a obter os benefícios de ambos os tipos de organização, a orientada por projetos e a tradicional (Kerzner, 2006).

Para serem bem gerenciados e controlados, os projetos são divididos em fases. Segundo a literatura, essas fases são chamadas de ciclo de vida do projeto, que conecta o início do projeto ao seu final. Em um projeto, a transferência de uma fase para outra é marcada por uma entrega ou transferência técnica, que devem ser revisadas para que os riscos envolvidos na próxima fase sejam minimizados.

O ciclo de vida do projeto permite identificar uma série de características que são comuns em todos os projetos, e o conhecimento das fases do ciclo de vida proporciona benefícios para o projeto como a possibilidade de avaliar a progressão do mesmo. De acordo com o PMI (2004), os ciclos de vida do projeto geralmente definem que trabalho técnico será realizado em cada fase, quando as entregas serão geradas e como cada entrega é revisada, verificada e validada, quem está envolvido em cada fase e como controlar e aprovar cada fase.

Para Meredith *apud* Vargas (2005), a velocidade de desenvolvimento de um projeto pode ser mostrada por uma curva “S”, início lento, seguido por um progresso acelerado até atingir um pico e, em seguida, um desaceleramento até atingir seu término.

Quanto ao esforço empreendido no projeto, pessoas envolvidas, dispêndio de trabalho e dinheiro, o nível inicia-se muito baixo e cresce até atingir um máximo nas fases intermediárias e, após esse ponto, reduz-se bruscamente representando o fim do projeto. Esse fato pode ser observado na figura 2.1 abaixo:

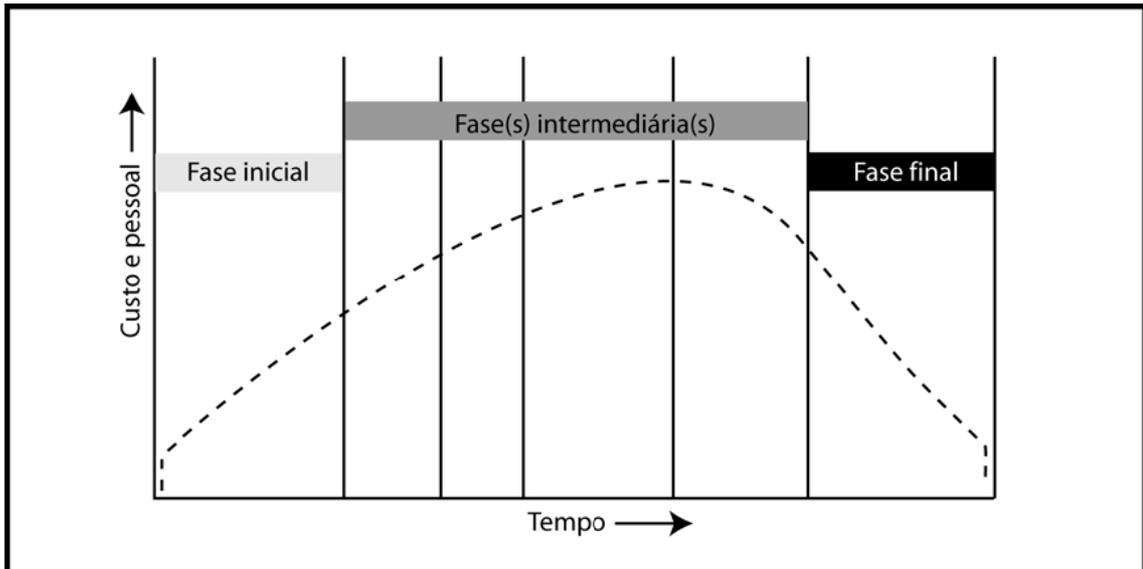


Figura 2-1 Nível de custo e pessoal ao longo do ciclo de vida do projeto (Fonte: PMBOK, 2004)

Outra característica do ciclo de vida do projeto é o potencial de adicionar valor ao projeto, que é muito mais alto no início, quando se está planejando, e cai quando o projeto vai sendo realizado e chega ao seu fim. Já o custo de promover mudanças no projeto é menor no início e cresce exponencialmente ao longo do seu desenvolvimento.

O nível de incertezas em um projeto é maior no início, pois o risco é maior de não atingir os objetivos desejados, e decresce quando o projeto vai se realizando. Outra característica importante do ciclo de vida do projeto é a capacidade dos *stakeholders* de influenciarem no projeto e os custos das mudanças, que podem ser vistos na Figura 2.2:

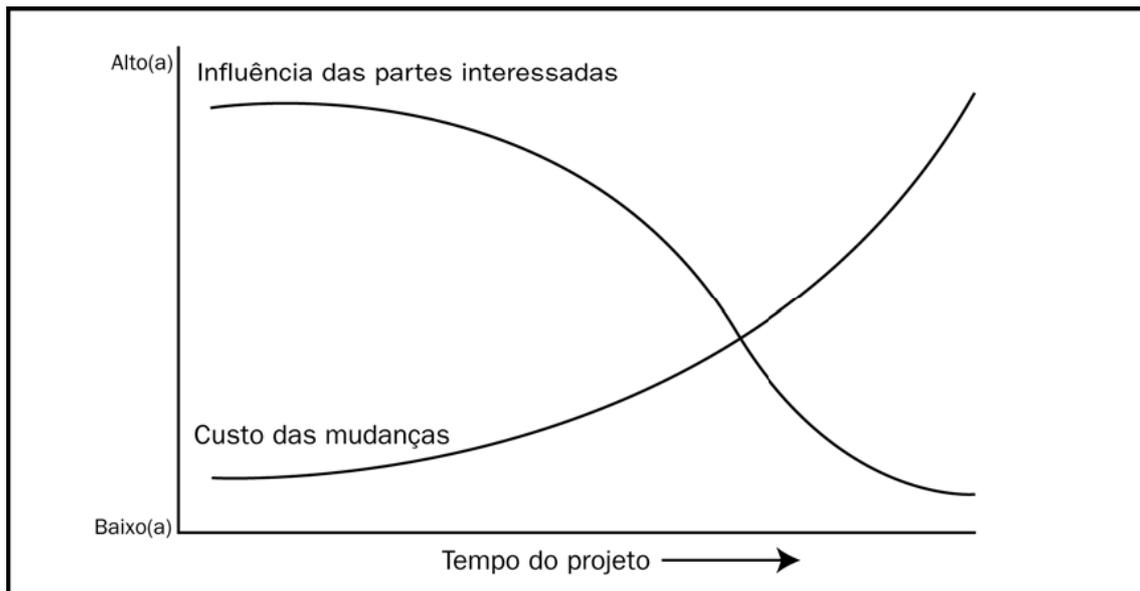


Figura 2-2 Influência das partes interessadas e o custo da mudança (Fonte: PMBOK, 2004)

Apesar de as fases do ciclo de vida do projeto não serem iguais para todos os projetos por estarem ligadas a sua natureza, pode-se definir um ciclo de vida genérico dividido em cinco fases, conforme mostrado abaixo na Figura 2.3:

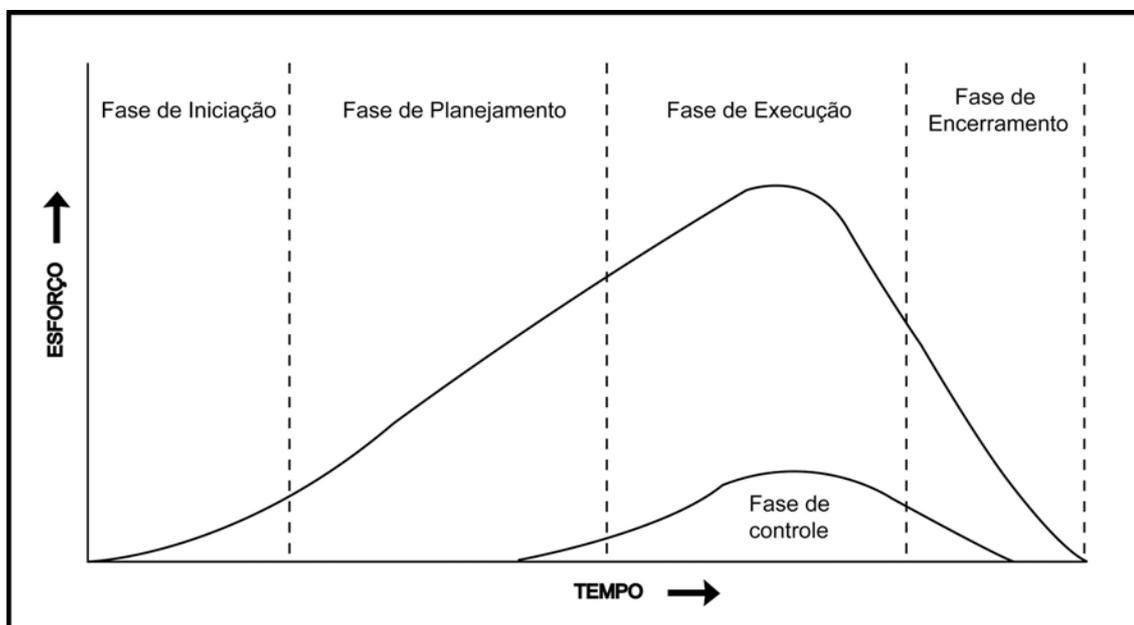


Figura 2-3 Ciclo de vida do projeto (Fonte: adaptada de Vargas, 2005)

Cada fase apresentada tem características próprias. A fase da Iniciação consiste na identificação de uma necessidade e sua transformação em um problema bem estruturado, nessa fase o projeto é autorizado. A fase de Planejamento é quando acontece o detalhamento do que será realizado, através de planos de gerenciamento, de forma que o projeto possa ser executado sem problemas. A fase de Execução é a realização do que foi planejado anteriormente. A fase de Controle acontece em paralelo à execução e ao planejamento, e tem como função comparar o que está sendo realizado com o previsto e adotar ações corretivas em caso de necessidade. A fase de Encerramento ou Finalização é quando o projeto é entregue e passa por auditorias para ser aceito.

O gerenciamento de projetos também pode ser definido segundo um ciclo de vida que agrega os processos em cinco grupos. Este ciclo pode ser comparado com o ciclo PDCA (*Plan, Do, Check, Act* – Planejar, Fazer, Verificar, Agir), definido por Shewhart e modificado por Deming (PMI 2004). O grupo de processos de planejamento é equivalente com o Planejar do ciclo PDCA, os processo de execução correspondem ao Fazer e o grupo de processos de monitoramento e controle corresponde a Verificar e Agir. Como o projeto possui a

característica de ser um esforço temporário, existe o grupo de processos de iniciação e o grupo de processos de encerramento.

De acordo com o PMI (2004), o gerenciamento de projetos deve ser realizado em nove áreas do conhecimento que são relevantes. Gerenciamento da integração é onde o plano gerenciamento do projeto é elaborado e suas atividades são identificadas, definidas, unificadas e coordenadas. São características do gerenciamento da integração a unificação, consolidação e articulação das ações necessárias para a conclusão do projeto. Também são de responsabilidades do gerenciamento da integração alocar os recursos onde são necessários conciliar objetivos conflitantes e se antecipar a possíveis problemas.

O gerenciamento do escopo do projeto trata planejamento, execução e modificação do que está incluído no projeto. Durante o planejamento do escopo do projeto é desenvolvida a estrutura analítica do projeto (EAP), que irá definir as entregas do projeto e dividir o trabalho em partes menores que são mais facilmente gerenciáveis.

Outra área definida pelo PMI (2004) é o gerenciamento do tempo, que inclui os processos necessários para que o projeto termine no prazo. Dentro desses processos estão a definição das atividades, o seqüenciamento, as estimativas de duração e recursos das atividades. Também é elaborado e controlado o cronograma do projeto.

O gerenciamento dos custos, segundo o PMI (2004), inclui os processos envolvidos em planejamento, estimativa, orçamentação e controle de custos, de modo que seja possível terminar o projeto dentro do orçamento aprovado.

O gerenciamento da qualidade consiste em determinar as responsabilidades, os objetivos e as políticas da qualidade de modo a garantir que tudo saia conforme o planejado. Os processos envolvidos são planejamento, garantia e controle da qualidade, através do conceito de melhoria contínua.

A área de gerenciamento de recursos humanos está preocupada em planejar os recursos humanos e contratar, desenvolver e gerenciar a equipe do projeto.

O gerenciamento das comunicações preocupa-se em garantir que as informações são colhidas, distribuídas e armazenadas atingindo adequadamente o objetivo a que se destina. Os processos do gerenciamento das comunicações buscam ligar as pessoas às informações para que a comunicação seja bem sucedida.

O gerenciamento de riscos dos projetos é uma área de grande importância para a gestão do projeto. É através dela que podemos diminuir ou mitigar a probabilidade e impactos de problemas no projeto e aumentar a probabilidade de ocorrências e aproveitamento das

oportunidades. Os processos do gerenciamento de riscos buscam identificar, analisar, desenvolver respostas, monitorar e controlar os riscos envolvidos no projeto.

O gerenciamento das aquisições do projeto tem como função administrar os contratos e controlá-los, com o objetivo de comprar ou adquirir serviços, produtos ou resultados necessários.

2.2. Gestão de Projetos de Sistemas de Informação

De uma maneira geral, a tecnologia da informação é uma coleção de sistema de computação utilizada por uma empresa. Um dos seus objetivos é fornecer apoio às operações das organizações, facilitando então as atividades empresariais. Ela atua em todos os setores da empresa, sejam, finanças, contabilidade, gerenciamento de recursos humanos, gerenciamento de projetos, de forma que possa auxiliar na tomada de decisão.

Não obstante, o processo de planejamento dos sistemas de informação é uma das principais preocupações da gerência do departamento de SI. De acordo com Turban (2005), o planejamento dos SI trata das seguintes questões gerais:

- Alinhar o projeto de SI com o plano de negócio da empresa;
- Alocar de forma eficiente os recursos operacionais e de desenvolvimento de sistemas de informação;
- Planejamento eficaz para conclusão do projeto no custo e prazo previsto;
- Desenhar uma arquitetura de SI integrando os usuários, os aplicativos e os bancos de dados da empresa.

A etapa de priorização de sistemas de informação vem logo em seguida. De acordo com Ahituv & Neumann (1983, *apud* Almeida & Ramos, 2002), a priorização pode ser realizada tendo como base dois aspectos: a análise das características (atributos) dos sistemas de informação e a análise custo-benefício associada aos sistemas. Ainda segundo os autores, a análise dos atributos pode ser realizada sob quatro enfoques distintos: oportunidade (necessidade da informação num dado momento), conteúdo (significado da informação para o usuário), formato (forma de apresentação da informação) e custo (disponibilidade financeira). Por fim, esta etapa caracteriza-se por um problema de apoio a decisão multicritério.

Após priorizados os Sistemas de Informação, que serão efetivamente desenvolvidos, o gerenciamento destes projetos de Sistemas de Informação podem ser relacionados com as nove áreas de conhecimento do PMBOK.

Conforme já mencionado no item anterior, as nove áreas de conhecimento do PMBOK são, conforme Figura 2.4.

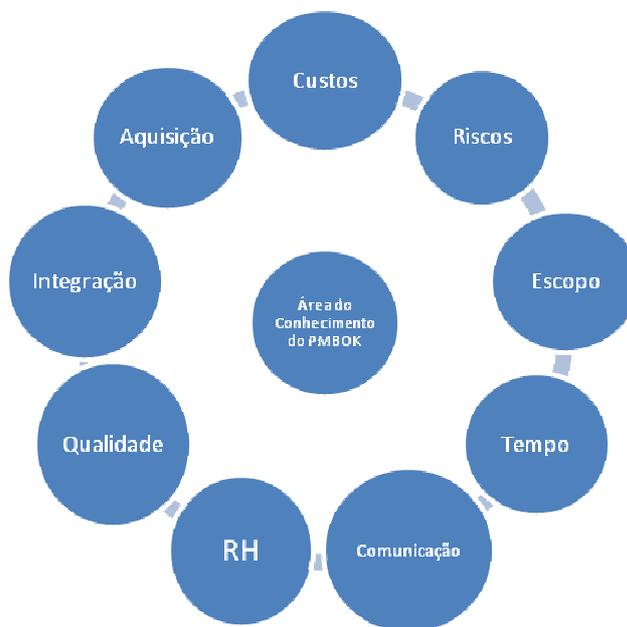


Figura 2-4 Áreas do conhecimento do PMBOK

De acordo com Vieira (2007), as nove áreas de conhecimento do PMBOK estão associadas aos projetos de Tecnologia da Informação (TI)/Sistemas de Informação (SI) da seguinte forma:

- Gerenciamento da integração em projetos de TI

Segundo o autor, essa etapa envolve a coordenação de todas as interfaces e os processos das outras áreas de conhecimento através do ciclo de vida do projeto. Devido ao dinamismo e incerteza existentes em projetos de *Software* fazem com que essa etapa seja um pouco mais complexa do que em relação a outros tipos de projetos.

Para que a integração seja feita de forma eficiente (alinhada com os objetivos estratégicos de negócio da organização), é necessário no início do projeto de TI que o gerente saiba do comprometimento da organização e o suporte dos executivos. Estes, porém, devem atribuir os poderes e responsabilidades para os gerentes de projeto.

- Gerenciamento do escopo em projetos de TI
Essa etapa é considerada por muitos como um dos mais importantes aspectos da gerência de projetos, visto que, escopo está relacionado com todo o trabalho envolvido na criação dos produtos do projeto. Antes de iniciar um projeto, todos os envolvidos devem saber o que e como será produzido através de um documento formalizado.
Em projetos de TI têm-se uma visão errônea de que é fácil mudar algo que não estava previsto no escopo, como por exemplo, implementar uma nova funcionalidade. Além disso, devido à abrangência de tecnologia, deve-se fazer um questionamento ao usuário para documentar aquilo que realmente é necessário.
- Gerenciamento do tempo em projetos de TI
Vários projetos de TI não obtêm sucesso por causa de problemas nas estimativas de tempo, que geralmente acontece devido a uma falta de entendimento dos requisitos do usuário.
Já que, geralmente em projetos de TI, o ciclo de vida de um produto é relativamente curto, entregar um projeto no prazo é o principal desejo do cliente.
- Gerenciamento dos custos em projetos de TI
Essa etapa, especificamente em projetos de TI, é muito crítica, principalmente se for baseada em estimativas de custos em que os requisitos e o escopo ainda não estão claros.
- Gerenciamento da qualidade em projetos de TI
A qualidade dos projetos de TI está intimamente ligada ao entendimento perfeito dos requisitos do usuário e à definição do escopo do projeto. Além disso, um dos aspectos considerados como de maior qualidade em projetos de TI é a entrega do projeto dentro do prazo e de acordo com o orçamento estimado.
- Gerenciamento dos recursos humanos em projetos de TI
O sucesso dos projetos e também das organizações é determinado pelas atitudes profissionais das pessoas. Afinal, recursos humanos fazem parte dos principais ativos das organizações.
Alguns aspectos importantes a serem considerados pelos gerentes de projeto são: processo de desmobilização da equipe ao término do projeto, armazenamento

das lições aprendidas de todas as atividades realizadas pela equipe de projeto para que possam ser repassadas para outras pessoas, manutenção dos profissionais altamente qualificados.

Devido ao dinamismo no mercado de tecnologia da informação é de suma importância que os gerentes promovam para seus funcionários treinamentos de novas tecnologias, planos de cargos e salários e incentivos de certificações.

Por fim, o sucesso no planejamento de projetos requer investimentos e entendimento da importância do gerenciamento de recursos humanos para que possa fazer o uso efetivo dos funcionários.

- Gerenciamento das comunicações em projetos de TI

Um dos maiores entraves para o sucesso dos projetos, principalmente em tecnologia da informação, se deve a falha de comunicação. Dentre os fatores que geram falhas, têm-se: não envolvimento dos usuários em todas as etapas ou fases do projeto, falta de apoio dos altos executivos e levantamento de requisitos inconsistentes. Além disso, também segundo o mesmo autor, projetos envolvendo tecnologia da informação não são realizados apenas para os departamentos de TI das organizações, e isso pode gerar falha nas comunicações devido ao vocabulário e uso de jargões técnicos por parte dos profissionais de TI.

Por fim, é de suma importância que os profissionais de TI possuam não só habilidades técnicas, como também, habilidades de comunicação, escrita, audição, liderança, dentre outras.

- Gerenciamento dos riscos em projetos de TI

A literatura mostra que projetos em tecnologia da informação compartilham alguns riscos em comum. Os riscos mais comuns em projetos de tecnologia da informação são:

- Riscos de mercado.

É preciso que a organização, ao desenvolver o projeto de TI, faça uma pesquisa de mercado para saber se o produto / serviço já existe, se outra empresa está fazendo o mesmo, de forma mais rápido, e mais barato.

- Risco financeiro.

A organização tem condições de patrocinar o projeto? O mesmo trará retorno dos investimentos? É viável continuar com o projeto?

- Risco de tecnologia.

A tecnologia pode tornar-se obsoleta antes de o produto completo ser produzido? Software, hardware e rede estão integrados?

- Gerenciamento das aquisições em projetos de TI

Aquisição significa adquirir bens e serviços de uma fonte externa, portanto como a terceirização está num constante crescimento, é importante que o gerente de projeto entenda a importância do gerenciamento de aquisições do projeto.

A intenção das organizações em terceirizar serviços / bens deve, pois: reduzir custos fixos e recorrentes, manter o foco da organização no negócio principal, flexibilidade da equipe, obter acesso a habilidades e novas tecnologias através de contratação de consultores terceirizados com larga experiência.

Porém, terceirizar nem sempre é o caminho mais viável, visto que, pode não ter o controle suficiente do aspecto do projeto, que somente os fornecedores possuem, a empresa passe a depender fortemente de alguns fornecedores; outra questão é a possibilidade de vazar informações estratégicas do projeto.

Portanto, segundo o autor, a gerência de projetos deve considerar os aspectos envolvidos nas aquisições do projeto de tecnologia da informação e tomar decisões sábias baseadas nas necessidades únicas dos projetos e das prioridades de negócio das organizações.

Portanto, conforme foi visto, todas as etapas têm relação com o bom entendimento das necessidades do cliente. Requisitos interpretados de forma errada podem causar grandes impactos nas estimativas do projeto. Por isso, antes de começar qualquer projeto, deve-se realizar reuniões para esclarecimento de quaisquer dúvidas. Dentre essas reuniões, sessões de *brainstorming* se encaixam perfeitamente.

2.3. Métricas de Software

De acordo com Pressman (2002), métricas de projeto de *software* são medidas quantitativas que possibilitam a equipe de projeto de *software* ter uma noção básica da eficiência do processo de desenvolvimento de *software*. Além disso, são usadas para detectar áreas de problema, de modo que possam obter soluções para resolvê-las, e que o processo de desenvolvimento de *software* possa ser melhorado.

Ainda segundo Pressman (2002), métricas são analisadas e avaliadas por gerentes de *software*. As medidas são geralmente coletadas por engenheiros de *software*. Essa coleta

envolve dados básicos de qualidade e produtividade. Após esses dados serem coletados, eles são analisados para poder serem comparados com medidas anteriores e desse modo promover melhoria de qualidade e produtividade.

Com a medição então, as tendências podem ser detectadas e assim melhores estimativas podem ser feitas e aperfeiçoadas ao longo do tempo.

Existem quatro razões pelas quais se mede processos, produtos e recursos de softwares, segundo Pressman (2002, apud Park *et al*, 1996), que são para caracterizar, para avaliar, para prever e para aperfeiçoar. Caracteriza-se por ter entendimento do processo, para assim poder fazer comparações com futuras avaliações. Avalia-se para determinar o status como referência aos planos, para verificar o cumprimento de metas de qualidade e para verificar os impactos de melhoramento de tecnologia e de processos, nos produtos e processos. Prever-se para poder planejar. Por fim, mede-se para poder aperfeiçoar quando se devem coletar informações quantitativas para ajudar a identificar bloqueios, causas fundamentais, ineficiência e outras oportunidades, para melhorar a qualidade do produto e o desempenho do processo.

Segundo Fernandes (1995), métricas servem para medir o processo, no caso para melhoria, ou medir o produto, no caso para maior qualidade. A literatura afirma que o padrão é medir para depois administrar, e não o contrário.

Ainda segundo Fernandes (1995), uma métrica é a medição de um atributo (propriedades ou características) de uma determinada entidade (produto, processo ou recursos). Exemplos:

- Tamanho do produto de *software* (ex: Número de Linhas de código);
- Número de pessoas necessárias para programar um caso de uso;
- Número de defeitos encontrados por fase de desenvolvimento;
- Esforço para a realização de uma tarefa.

Portanto, na literatura surgem algumas questões que estão relacionadas com métricas, dentre elas:

- Que métricas utilizar?
 - Para o processo
 - Para o produto

- O que fazer com os dados coletados?
- É justo utilizar medições para comparar produtos, processos e pessoas?

Então qual o motivo para medir *software*?

- Indicar a qualidade do produto
- Avaliar a produtividade dos desenvolvedores
- Avaliar benefícios de novos métodos e ferramentas de desenvolvimento
- Ajudar a justificar o pedido de novas ferramentas e treinamento
- Melhorar o processo de desenvolvimento

Segundo Fernandes (1995), as métricas são qualificadas de acordo com as seguintes características:

- Entendimento: Devido às várias audiências, as métricas devem ser simples de entender e de serem utilizadas para o atingimento de objetivos e para auxiliar o processo de tomada de decisão.
- Objetividade: As métricas devem ser objetivas, de modo que possam diminuir a subjetividade do julgamento do decisor na coleta, cálculo e análise.
- Eficiência: As métricas devem ser eficientes no custo em função da maturidade do ambiente de desenvolvimento que se encontra a empresa no contexto de uma estratégia de melhoria contínua.
- Informativas: As métricas devem disponibilizar informações que permitam avaliar acertos de decisões e ações realizadas anteriormente, bem como prever a possibilidade de ocorrência de eventos futuros.

No que diz respeito ao uso dos softwares da empresa, segundo Fernandes (1995), as métricas podem servir à Gestão Estratégica, Tática e Operacional. No caso da Gestão Estratégica, deve possibilitar a realização de *benchmarking*, melhoria contínua, no que se refere à qualidade de métodos de planejamento de projetos, e avaliação econômica do ativo software. As medições táticas se referem ao gerenciamento do ambiente de software em termos do impacto da introdução de novas ferramentas, treinamento de pessoal, análise de tendências da produtividade. Já as medições operacionais, ocorrem ao nível de cada projeto

apoiando seu planejamento, como também a gestão do processo de desenvolvimento e a própria gestão do produto. As medições estratégicas podem ser observadas na Figura 2.5.

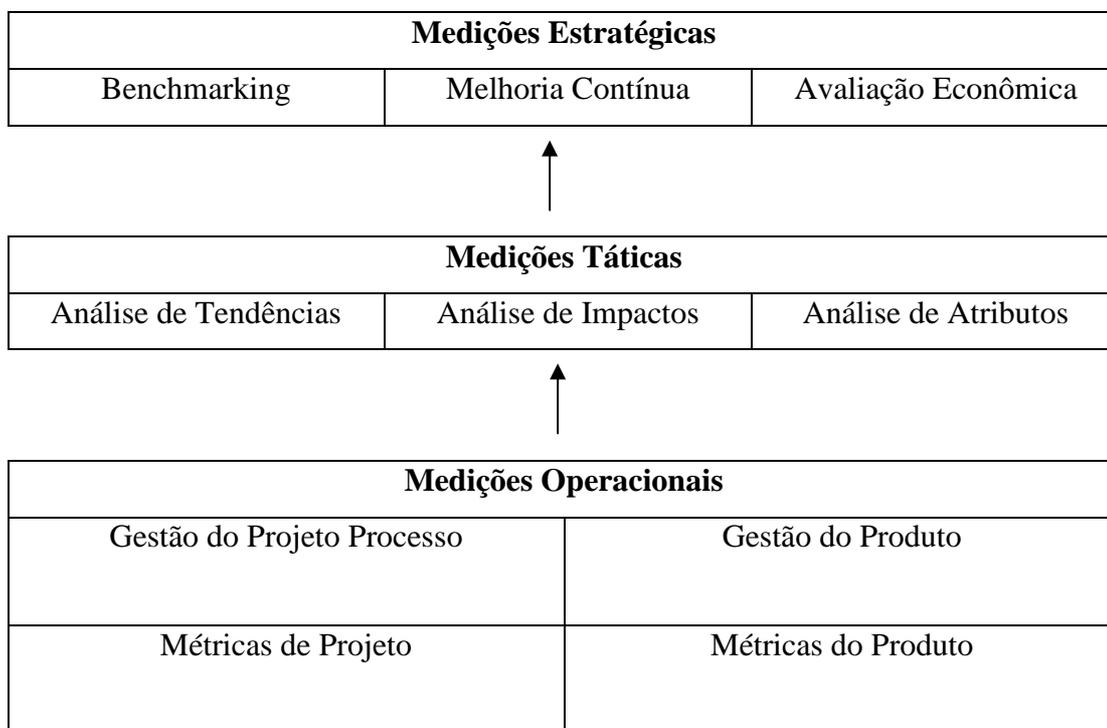


Figura 2-5 Classificação das medições em software (Fonte: Adaptado de Fernandes, 1995)

O principal objetivo para aplicar medições na fase de planejamento do projeto está relacionado principalmente em estimar além do tamanho previsto do software, o esforço e o custo. Para que isso se torne possível, faz-se necessário elaborar um planejamento do projeto que permita além de elaborar estimativas confiáveis, controlar e monitorar o desenvolvimento, visando manter a produtividade nos níveis previstos e remover defeitos introduzidos no projeto, reduzindo ou mesmo eliminando o esforço de trabalho e conseqüentemente mantendo o orçamento sob controle (FERNANDES, 1995).

A figura 2.6 a seguir, ilustra o ciclo básico de gestão de projetos. De acordo com Fernandes (1995), esta representação mostra que o controle deve atuar tanto sobre o planejamento como sobre o desenvolvimento e os desvios são determinados a partir do controle que gera ações para atuar sobre os desvios observados. Ainda segundo o autor, a avaliação ao final do projeto realimenta o planejamento de novos projetos e assim prossegue num ciclo indefinido.

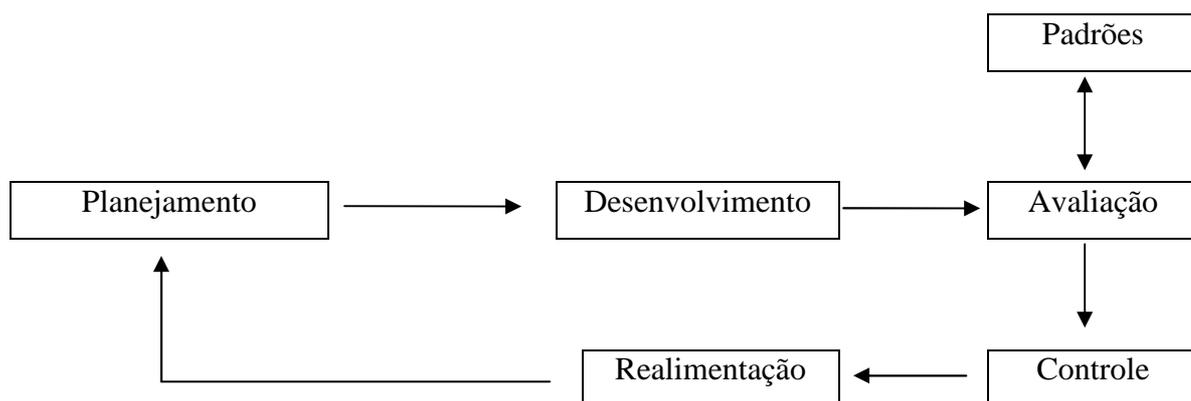


Figura 2-6 Ciclo básico da gestão de projetos de software (Fonte: Adaptado de Fernandes, 1995)

O processo de planejamento de Projetos, conforme mostrado na Figura 2.7 a seguir, é composto de nove etapas. Dentre essas etapas, as que serão abordadas no contexto deste projeto de dissertação serão selecionar os perfis de pessoal, que segundo Fernandes (1995), consiste na determinação das habilidades técnicas e gerencias necessárias para o projeto em função da natureza e características da solução e do processo definido. Além do perfil, elaborar estimativas, que será o principal foco, e segundo Fernandes (1995), consiste na elaboração de estimativas de prazo, esforço e custo do projeto.

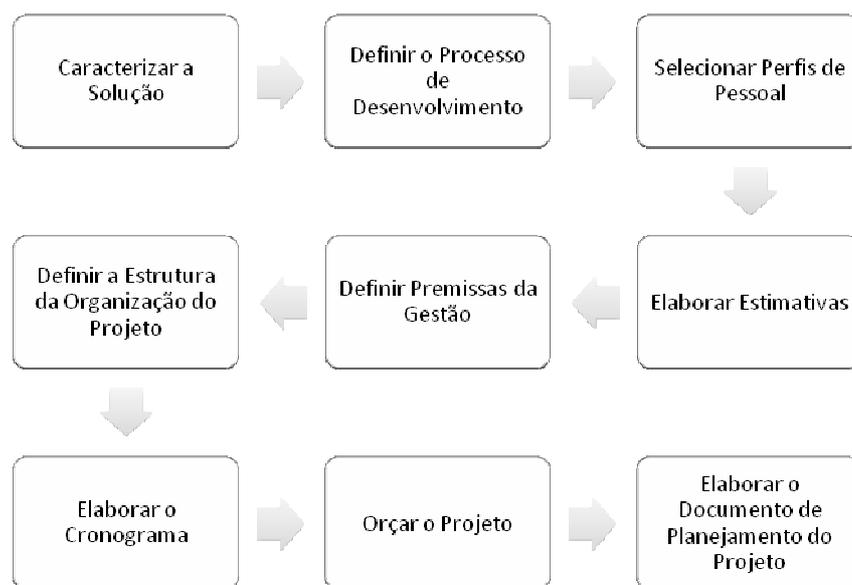


Figura 2-7 O processo de planejamento de projetos (Fonte: Adaptado de Fernandes, 1995)

De acordo com Fenton (1998), os principais modelos de predição para software foram desenvolvidos a partir de uma análise no contexto de um *Data Set* específico. Ainda segundo Fenton (1998), para utilização do modelo de estimativas, é necessário calibrá-lo conforme a realidade da organização. Realidade tal que, constitui uma série histórica com as observações acerca de prazos, esforço, custo, tamanho do software e de outros atributos referentes a cada projeto.

Métricas de *Software* podem ser categorizadas de forma semelhante às medições no mundo físico. Tais medições podem ser: Diretas (o peso de um carro) e Indiretas (qualidade do carro produzido).

A fim de diferenciar medidas diretas e indiretas, Pressman (2002) categorizou-as da seguinte maneira:

- Medidas diretas do processo de engenharia de *software* incluem custo e esforço aplicados. Enquanto que medidas indiretas do produto incluem linhas de código (*lines of code*, LOC) produzidas.
- Medidas indiretas do produto incluem funcionalidade, qualidade, eficiência, dentre outras mais.

Estabelecidas, antecipadamente, convenções específicas, o custo e o esforço necessários para construir o software são relativamente mais fáceis de coletar.

Segundo o mesmo autor, existem diferentes tipos de medição de *software*, dentre eles:

- Métricas orientadas ao tamanho: são originadas pela normalização das medidas de qualidade e/ou produtividade, considerando o tamanho do *software* que foi produzido. Um exemplo para um valor de normalização seria “Linhas de Código”. E a partir desse parâmetro poderia desenvolver outras métricas.
- Métricas orientadas a função: usam uma medida da funcionalidade entregue pela aplicação como valor de normalização. Como “funcionalidade” não pode ser medida diretamente, deve ser originada indiretamente usando outras medidas diretas. Inicialmente chamada de Pontos por Função, pois usa uma relação empírica baseada em medidas de contagem (direta) do domínio de informação e avaliação da complexidade do *software*.

A literatura afirma que métricas orientadas ao tamanho não são universalmente aceitas como sendo a melhor maneira de medir o processo de desenvolvimento de software.

Apesar de LOC ser uma medida chave para essa técnica, o número de LOC varia conforme a linguagem utilizada e existe a dificuldade de estimá-lo o número de LOC antes de terminar a análise e projeto (PRESSMAN, 2002).

Portanto, alguns problemas podem surgir com relação às métricas de *Software*, dentre eles:

- Comparando-se a produtividade de engenheiros em termos de linha de código
 - Está sendo utilizada a mesma unidade de medida?
 - O que é uma linha de código válida?
 - O contexto considerado é o mesmo?
 - Todos os engenheiros são familiarizados com a linguagem de programação?
 - O que se quer realmente é o tamanho do código?
 - E a qualidade do código?

Desenvolver estimativas exatas da duração e do esforço de um projeto de desenvolvimento de software é uma atividade crítica para os Gerentes de Projetos. Várias técnicas têm sido utilizadas para solucionar esse problema, dentre elas, julgamentos dos especialistas, analogia e alguns modelos paramétricos. Dentre esses modelos, podemos destacar: COCOMO, Análise de Pontos por Função e SLIM.

O modelo COCOMO (*Constructive Cost Model*), proposto por Barry Boehm, 1981 *apud* Kemeres *et al*, 1987, pode ser considerado como um modelo composto, uma vez que ele proporciona uma combinação de formas funcionais que tornam acessíveis ao usuário de uma maneira estruturada. Sua finalidade é prever o esforço e a duração total do projeto, não sendo uma estimativa do tamanho, desde que os principais fatores no modelo são os números estimados de instruções fonte fornecidos. Uma versão simplificada da equação da estimativa do esforço é da seguinte forma:

$$MM = C \times (KDSI)^k,$$

Onde, MM – número de homens/mês, C – constante, KDSI – milhões de instruções fonte, k – constante.

Boehm, 1981 *apud* Kemerer *et al*, 1987, definiu DSI como instruções do programa criadas pelo pessoal de projeto que são entregues como parte do produto final. Eles excluem comentários e utilitários de software inalterados e incluem o emprego de uma linguagem de controle, padrão de formato e declaração de dados.

SLIM é um outro modelo composto, proposto por Putnam, 1978 *apud* J.Hill *et al*, 2000, e também é baseado em linhas de código, porém utilizando curvas de Rayleigh para modificar estimativas.

Análise de Pontos por Função foi desenvolvida por Albrecht, 1979 *apud* Kemerer *et al*, 1987, para quantificar o tamanho do sistema de software em aplicações de negócios. Pontos por função é uma alternativa para as linhas de código fonte em medir o tamanho de um sistema, capturando coisas como número de entradas ou relatórios a serem avaliados. Por fim, existem 2 passos envolvidos na contagem de pontos por função: 1- contagem das funções dos usuários. 2- ajuste para processamento da complexidade. Existem cinco categorias de funções do usuário: tipo de entrada externa, tipo de saída externa, tipo de arquivo lógico interno, tipo de arquivo de interface externa e tipo de inquérito externo. Portanto, o cálculo dos pontos por função é realizado completando a tabela 2.1 a seguir:

Tabela 2-1 Cálculo dos pontos por função (Fonte: Adaptado de Pressman,(2002)

Fator de Peso					
Parâmetro de Medição	Contagem	Simples	Médio	Complexo	Total
Quantidade de entradas do usuário	<input type="text"/> ×	3	4	6	<input type="text"/>
Quantidades de saídas do usuário	<input type="text"/> ×	4	5	7	<input type="text"/>
Quantidade de consultas do usuário	<input type="text"/> ×	3	4	6	<input type="text"/>
Número de arquivos	<input type="text"/> ×	7	10	15	<input type="text"/>
Quantidade de interfaces externas	<input type="text"/> ×	5	7	10	<input type="text"/>
Contagem Total	—————→				<input type="text"/>

Albrecht, 1979 *apud* Kemerer *et al*, 1987 reconheceu que o esforço requerido para prover um dado nível de funcionalidade pode depender do ambiente. Portanto, ele criou uma lista de 14 características de processamento complexo que precisam ser atribuídos numa escala de 0 (sem influência) a 5 (forte influência).

1. O sistema requer salvamento e recuperação?
2. Comunicações de dados são necessárias?
3. Há funções de processamentos distribuídos?
4. O desempenho é crítico?
5. O sistema operacional vai ser executado em um ambiente operacional existente, intensamente utilizado?
6. O sistema requer entrada de dados *online*?

7. A entrada de dados online exige que a transação de entrada seja construída através de várias telas ou operações?
8. Arquivos mestre são atualizados online?
9. As entradas, saídas, arquivos ou consultas são complexos?
10. O processamento interno é complexo?
11. O código é projetado para ser reusado?
12. A conversão e a instalação estão incluídas no projeto?
13. O sistema está projetado para instalações múltiplas em diferentes organizações?
14. A aplicação está projetada para facilitar modificações e para facilidade de uso pelo usuário?

O próximo passo consiste em somar todos os pontos complexos processados atribuídos.

$$PCA = 0,65 + 0,01 \sum_{i=1}^{14} c_i$$

(2-1)

Onde, PCA é o ajustamento da complexidade ($0,65 \leq PCA \leq 1,35$) e c_i é um fator de complexidade ($0 \leq c_i \leq 5$). Esse fator é usado então para a equação final:

$$FP = FC (PCA)$$

Onde, FP é pontos por função e FC é a contagem de função computada previamente. O resultado final é que Pontos por Função pode variar de aproximadamente 30% da contagem de função original (FC).

2.4. Sistemas para Avaliação de Ritmos

Dada a importância das pessoas na execução de diversas tarefas, como por exemplo, no desenvolvimento de *software*, alguns estudos têm sido feitos para avaliar a eficiência da alocação dos profissionais nas suas respectivas atividades. Nesta seção, são apresentadas algumas pesquisas que buscam avaliar tal eficiência.

Existem alguns sistemas que são úteis para avaliar o ritmo. A avaliação de ritmo, segundo Barnes (1982), é um processo durante o qual o analista de estudos de tempos compara o ritmo do profissional em observação com o seu próprio conceito de ritmo normal. Então, o tempo normal para execução da tarefa é obtido aplicando-se o fator de ritmo ao tempo selecionado.

Sistema *Westinghouse* para avaliação de ritmo: Conforme visto em Barnes (1982), esse sistema, que possui 4 fatores para estimativas da eficiência do profissional foi desenvolvido na *Westinghouse*. Tais fatores são: habilidade, esforço, condições e consistência. O sistema fornece uma tabela com os valores numéricos para cada fator e o tempo selecionado obtido através do estudo de tempos é normalizado pela aplicação da soma das avaliações para os quatro fatores, conforme mostra a figura 2.8 a seguir.

	HABILIDADE			ESFORÇO	
+0,15	A1	Super-hábil	+0,13	A1	Excessivo
+0,13	A2		+0,12	A2	
+0,11	B1	Excelente	+0,10	B1	Excelente
+0,08	B2		+0,08	B2	
+0,06	C1	Bom	+0,05	C1	Bom
+0,03	C2		+0,02	C2	
0,00	D	Médio	0,00	D	Médio
-0,05	E1	Regular	-0,04	E1	Regular
-0,10	E2		-0,08	E2	
-0,16	F1	Fraco	-0,12	F1	Fraco
-0,22	F2		-0,17	F2	
	CONDIÇÕES			CONSISTÊNCIA	
+0,06	A	Ideal	+0,04	A	Perfeita
+0,04	B	Excelente	+0,03	B	Excelente
+0,02	C	Boa	+0,01	C	Boa
0,00	D	Média	0,00	D	Média
-0,03	E	Regular	-0,02	E	Regular
-0,07	F	Fraca	-0,04	F	Fraca

Figura 2-8 Estimativas de Desempenho (Fonte: Adaptado de Barnes(1982))

De acordo com Acuña *et al* (2006), os níveis das habilidades de cada profissional em relação a cada projeto dependem diretamente dos seus perfis. Segundo o autor, o perfil dos profissionais, bem como suas habilidades em cada projeto, depende de algumas capacidades, tais como:

- Intrapessoal: análise, capacidade de decisão, independência, inovação, capacidade crítica, persistência e tolerância a stress;
- Organizacional: Auto-organização, gerenciamento de riscos, conhecimento do ambiente, disciplina e orientação ambiental;

- Interpessoal: serviço ao cliente, habilidade de negociação, empatia, sociabilidade e trabalho em equipe;
- Gerenciamento: Auxílio no trabalho, liderança em grupo e planejamento e organização.

De acordo com Silva (2001), o cálculo do tempo de execução que um profissional levará para executar sua tarefa pode ser baseado nos níveis de habilidades dos mesmos com as respectivas tarefas. A tabela 2-2 a seguir, define o percentual de acréscimo ou decréscimo no tempo previsto com relação aos níveis de habilidade do profissional.

Tabela 2-2 Cálculo da variação do tempo em função da habilidade do profissional

Habilidade Geral do Profissional	Alteração no tempo previsto
hab ≤ 0,3	Acréscimo de 30%
hab > 0,3 & hab ≤ 0,4	Acréscimo de 20%
hab > 0,4 & hab ≤ 0,5	Acréscimo de 10%
hab > 0,5 & hab ≤ 0,6	Tempo igual ao previsto
hab > 0,6 & hab ≤ 0,7	Decréscimo de 10%
hab > 0,7 & hab ≤ 0,8	Decréscimo de 20%
hab > 0,8 & hab ≤ 1,0	Decréscimo de 30%

(Fonte: Silva, 2001)

2.5. Programação Dinâmica

Segundo Wagner (1986), a abordagem da programação dinâmica ataca um problema de otimização com múltiplas restrições e muitas variáveis, dividindo o problema numa seqüência de estágios nos quais se faz uma otimização de dimensão mais baixa. Diferentemente da programação dinâmica, a maioria das abordagens de programação linear tentam resolver tais problemas considerando todas as restrições simultaneamente. Richard Bellman, que realizou diversos estudos sobre o assunto, comenta que: “Uma solução de um problema de programação dinâmica não é simplesmente um conjunto de funções ou números, mas sim uma regra que diz ao tomador de decisão o que fazer”.

A abordagem da programação dinâmica molda um problema dentro da seguinte estrutura (WAGNER, 1986)

- As variáveis de decisão com suas restrições correspondentes são agrupadas em estágios e os estágios são considerados sequencialmente.
- As únicas informações sobre os estágios anteriores que são relevantes para selecionar valores ótimos para as variáveis de decisão correntes são condensadas em uma variável chamada de estado, que pode ser n-dimensional.
- A decisão corrente, dado o estado presente do sistema, tem uma influência previsível sobre o estado do próximo estágio.
- A otimidade da decisão corrente é julgada em termos de seu impacto econômico previsto sobre o estágio atual e todos os estágios subseqüentes.

Ainda segundo o autor, a característica comum de todos os modelos de programação dinâmica é expressar o problema de decisão por meio de uma formulação recursiva. Então uma forma comum para uma recursão de programação dinâmica é

$$f_n(s) = \text{ótimo}_{d_n \in D_n(s)} \{R_n(s, d_n) + f_{n-1}[T_n(s, d_n)]\} \text{ para todo } s \text{ em } S_n \quad (2-2)$$

onde,

- *ótimo* significa o máximo ou mínimo, dependendo do contexto.
- s é o estado do sistema
- S_n é o conjunto de todos os estados possíveis do estágio n .
- d_n é a decisão tomada no estágio n
- $D_n(s)$ designa todos os valores viáveis para d_n dado que o sistema esteja no estado s .
- $R_n(s, d_n)$ é o retorno econômico imediato da decisão d_n
- $T_n(s, d_n)$ é o estado transformado do sistema no estágio $(n-1)$

De acordo com Colin (2007), a programação dinâmica é uma técnica extremamente versátil, pois pode ser utilizada para resolver problemas com variáveis inteiras ou contínuas, problemas lineares ou não-lineares, problemas com horizonte de tomada de decisão finito ou infinito, ou ainda uma combinação desses tipos de problemas.

Ela fornece um procedimento sistemático para determinar a combinação de decisões ótimas. Além disso, é utilizada para otimização de processos de decisões multiestágios.

Para o caso genérico de um estágio t qualquer, segundo Colin (2007), considere que haja:

- Um estado de entrada S_{t-1} ;
- Um estado de saída S_t ;
- Uma variável de decisão X_t , que influencia a saída e o custo;
- O retorno do estágio $f_t(s_{t-1}, x_t)$ que mede a eficiência com que as entradas (s_{t-1} e x_t) são transformadas em saídas;
- A transformação do estágio t , denominada ϕ_t que expressa as saídas como uma função das entradas, ou seja, $s_t = \phi_t(s_{t-1}, x_t)$.

A figura 2.9 apresenta esquematicamente as variáveis descritas anteriormente, porém generalizando para o caso de haver T estágios de decisão e em série.

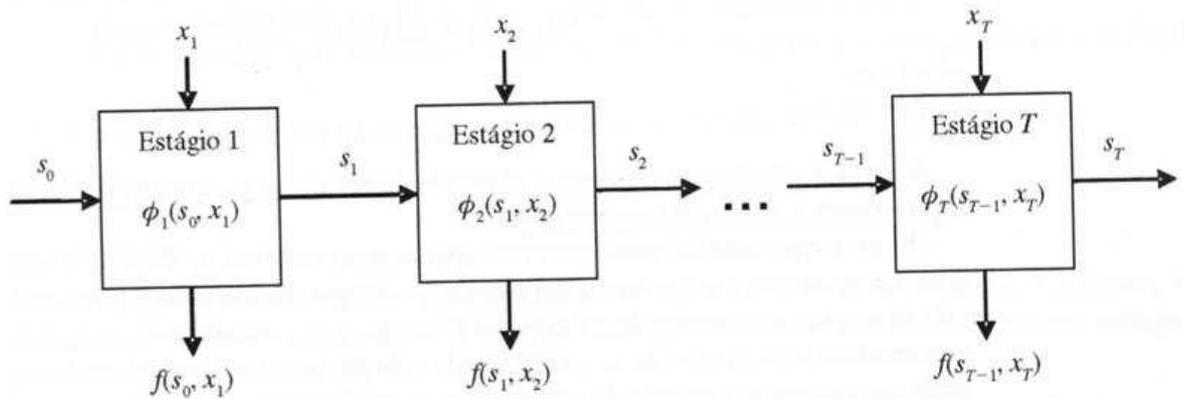


Figura 2-9 Caso genérico de T estágios discretos em série (Fonte: Adaptado de Colin, 2007)

As variáveis s_0, s_1, \dots, s_t são denominadas estados. Um estado qualquer s_t depende unicamente do estado inicial s_0 e das variáveis de decisão que precederam o estado atual, ou seja, x_1, x_2, \dots, x_{t-1} . O interesse é maximizar o retorno total ou minimizar o custo total, os quais são definidos pelo somatório dos retornos e custos de cada um dos estágios. A formulação genérica do problema de programação dinâmica é feita da seguinte forma (COLIN, 2007):

$$z = \max \sum_{t=1}^T f_t(s_{t-1}, x_t) \tag{2-3}$$

Sujeito a: $s_t = \phi_t(s_{t-1}, x_t)$ para $t = 1, 2, \dots, T - 1$

s_0 é um parâmetro conhecido, e f_t, ϕ_t podem ter qualquer formato.

Vários problemas podem ser resolvidos de acordo com a formulação descrita anteriormente. Porém, nem todos os problemas, modelados conforme a formulação anterior podem ser resolvidos. Uma condição necessária para que o problema possa ser resolvido por meio da programação dinâmica é a satisfação do princípio da otimalidade de Bellman, que diz o seguinte:

“Uma estratégia ótima tem a propriedade de que, quaisquer que sejam os estados e as decisões iniciais, as decisões remanescentes devem constituir uma política ótima com relação ao estado resultante da primeira decisão.”

Uma definição alternativa, segundo Colin (2007) é a que:

“Para um dado estado, em um dado estágio t , a solução ótima do restante de problema nos estágios $t, t+1, \dots, T$ é independente das decisões feitas nos estágios anteriores $1, 2, \dots, t-1$.”

Portanto, caso o princípio da otimalidade não seja aplicado a um determinado problema, a programação dinâmica não pode ser usada.

De acordo com Colin (2007), considere um problema com T variáveis de decisão, $T-1$ variáveis de estado e $T-1$ restrições. Aplicando-se o princípio da otimalidade o problema original pode ser transformado numa seqüência de T subproblemas, em que o t -ésimo subproblema é definido como:

$$z_t(s_{t-1}) = \max \{f_t(s_{t-1}, x_t) + z_{t+1}(s_t)\} \quad (2-4)$$

Sujeito a:

$$s_t = \Phi_t(s_{t-1}, x_t) \text{ e } z_{T+1}(s_T) = 0$$

A equação da função objetivo acima é chamada de recursiva, de acordo com Colin (2007), por que depende dela mesma, ou seja, sua solução requer análise de recorrências.

Conforme dito anteriormente que, aplicando-se o princípio da otimalidade o problema original pode ser transformado numa seqüência de T subproblemas, para que essa decomposição possa ser feita, de acordo com Colin (2007), duas propriedades são necessárias: separabilidade e monotonicidade.

Segundo Colin (2007), um algoritmo simplificado para resolução de problemas de programação dinâmica é descrito como:

1. Defina os estágios, as variáveis de decisão e os estados do problema em consideração;

2. Determine as funções de recorrência para cada um dos estágios;
3. Ache z_1 como função de x_1 para o valor conhecido de entrada s_0 ;
4. Ache:

$$z_2 = f_2 + z_1$$

(2-5)

Avalie o resultado para os diversos valores de s_1 e selecione o maior de todos, de modo que z_2 seja encontrado.

5. Repita o passo 4 para os outros estágios até que todos eles estejam resolvidos.

Na literatura, através da programação dinâmica, é possível encontrar vários modelos dinâmicos de otimização determinísticos que têm uma grande abrangência de aplicação em problemas organizacionais, dentre eles pode-se citar: modelo elementar de estoque, modelo de distribuição de esforço e modelo de substituição de equipamentos (WAGNER, 1996).

2.6. Problema de Designação

De acordo com Colin (2007), o problema de designação é um tipo especial de problema de programação linear. Nele, os designados são determinados para a execução de tarefas específicas. No contexto do presente trabalho, os designados são os recursos humanos (empregados) que recebem designações de trabalho (projetos ou tarefas).

Segundo Wagner (1986), para adequar a definição do problema de designação, a alocação de recursos humanos precisa ser formulada de maneira que satisfaça as seguintes hipóteses:

- O número de agentes e o número de tarefas são o mesmo. Número este, representado por “ n ”.
- Deve-se atribuir a cada agente exatamente uma tarefa.
- Há um custo “ c_{ij} ” associado ao agente i ($i = 1, 2, \dots, n$) executando a tarefa j ($j = 1, 2, \dots, n$).
- O objetivo é determinar como todas as n designações deve ser feitas de modo que minimize o custo total.

Modelo para o problema de Designação

De acordo com Wagner (1986), para formular o problema de designação em termos de programação matemática, é preciso definir as variáveis de atividade como

$$x_{ij} = \begin{cases} 1 & \text{se a Tarefa } i \text{ for executada pelo Agente } j \\ 0 & \text{c.c.} \end{cases}$$

para $i = 1, 2, \dots, n$ e $j = 1, 2, \dots, n$,

fazendo c_{ij} ser o custo correspondente.

Então, sabendo que o objetivo, conforme já mencionado anteriormente, é minimizar o custo total, o modelo de otimização é:

$$\text{minimize } \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n c_{ij} x_{ij}$$

(2-6)

Sujeito a:

$$\sum_{j=1}^n x_{ij} = 1 \quad \text{para } i = 1, 2, \dots, n$$

$$\sum_{i=1}^n x_{ij} = 1 \quad \text{para } j = 1, 2, \dots, n$$

$$x_{ij} \gg 0, \quad \text{para todo } i \text{ e } j$$

2.7 Alocação de Recursos Humanos em Projetos de SI

A alocação de recursos é um dos problemas clássicos abordados pela Pesquisa Operacional. Portanto, existem na literatura vários artigos que apresentam diferentes abordagens para o problema da alocação de recursos.

De acordo com Mello *et al* (2006), que tratou do problema de distribuição de vagas de docentes aos departamentos de ensino do Centro Tecnológico da Universidade Federal Fluminense (UFF), a inserção de modelos de Análise de Envoltória de Dados (DEA), no contexto da alocação de recursos, traz novas possibilidades de estudo, principalmente quando combinada com o uso de programação inteira. Nessa pesquisa, ele então apresenta um algoritmo para distribuição de recursos discretos usando modelos DEA de forma seqüencial.

Ainda segundo Mello *et al* (2006), o DEA tem por objetivo medir a eficiência das unidades tomadoras de decisão, designadas por DMUs (*Decision Making Units*), na presença de múltiplos *inputs* (entradas, recursos) e múltiplos *outputs* (saídas e produtos). Essa medida

de eficiência pode ser considerada como um índice de aproveitamento de recursos, e, sendo assim, pode ser usado para alocação e re-alocação de recursos. No seu trabalho, o autor considera que o excesso de recursos a ser distribuído tem soma constante. Portanto, sua proposta foi desenvolver um algoritmo, seqüencial, que distribua novos recursos discretos entre as unidades, com base nas suas eficiências, conforme já comentado anteriormente. As etapas do algoritmo, proposto pelo autor pode ser vista na Figura 2.10.

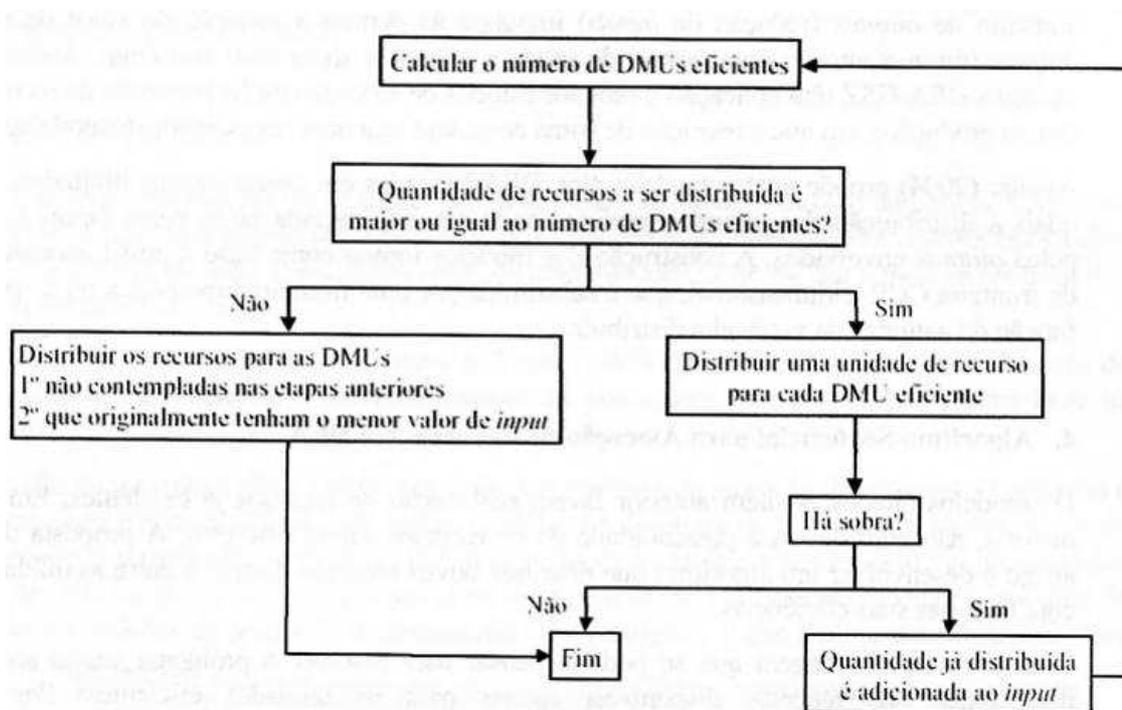


Figura 2-10 Etapas do algoritmo seqüencial de alocação de recursos em modelos DEA

Fonte: Adaptado de Mello, 2006)

Seguindo essa linha de pesquisa em alocação de recursos, Korhonen & Syrjänen (2001), desenvolveu uma abordagem formal interativa baseada no DEA e na programação linear multiobjetivo (PLMO) para descobrir o plano de alocação mais preferido. Conforme já comentado anteriormente, o propósito é que o total de saídas de cada unidade seja maximizado.

Segundo os autores, o modelo DEA apresenta algumas limitações em relação à alocação de recursos, dentre as quais pode-se citar:

- Não leva em consideração as preferências do tomador de decisão;
- Analisa uma unidade por período em relação às outras unidades.

O uso do modelo de PLMO, no trabalho de Korhonen & Syrjänen (2001), favoreceu o tomador de decisão a achar a melhor solução para alocação de recursos, tentando maximizar os diversos objetivos simultaneamente. Nesse contexto, considerando o ambiente do decisor, a combinação do DEA com PLMO forneceu uma ferramenta que proveu ao tomador de decisão a possibilidade de incorporar informações de preferências com respeito à importância relativa das entradas e saídas em análise. Ainda nesse contexto, no modelo do PLMO, as saídas são os objetivos e as entradas às restrições.

Korhonen & Syrjänen (2001, *apud* Athanassopoulos (1995 e 1998)) apresentaram dois modelos de alocação de recursos. O primeiro modelo, formulado em 1995, foi baseado na programação objetivo (*goal programming*) e no DEA. No modelo chamado *Go-DEA*, uma fronteira eficiente é caracterizada como um envoltório em Modelo DEA. O segundo modelo, formulado em 1998, o conjunto de possibilidades de produção é apresentado com restrições, o que lembra o modelo DEA dos multiplicadores.

Segundo Otero *et al* (2008), pesquisas de técnicas de alocação de recursos humanos para desenvolvimento de software são ainda um pouco limitadas. De acordo com Kan (1995, *apud* Otero *et al*, 2008) existem vários aspectos específicos que tornam a designação de um engenheiro de software a uma tarefa uma situação única. Uma característica específica em projetos de software é que as tarefas não são, geralmente, aceleradas pela adição de recursos extras (Plekhanova, 1999, *apud* Otero *et al*, 2008), desde que exista um *overhead* de tempo requerido para treinamento e comunicação para os recursos se familiarizarem com as tarefas (Abdel-Hamid, 1989, *apud* Otero *et al*, 2008). Outra importante característica em projetos de software é que o tempo estimado para duração das tarefas é muito impreciso, desde que ele dependa de uma série de fatores que são difíceis de estimar, tal como as capacidades dos desenvolvedores, conforme Plekhanova (1999, *apud* Otero *et al*, 2008).

De acordo com Otero *et al* (2008), o término de um produto de software confiável dentro do tempo esperado representa um dos principais problemas para as empresas de desenvolvimento de software. Ainda segundo o autor, o principal problema para o atraso é tempo de treinamento requerido pelos engenheiros de software e outras pessoas às habilidades necessárias para desenvolver as tarefas. Portanto, em seu trabalho, Otero *et al* (2008) apresentou uma metodologia para designar recursos para tarefas quando um conjunto de habilidades ótimas não está disponível.

Essa metodologia, chamada BFR (*Best-Fitted Resource*), é uma abordagem sistemática para determinar a adequação entre um conjunto de habilidades dos candidatos a as

habilidades requeridas para as tarefas. Essa metodologia incorpora tabelas de relacionamento-habilidade para descrever como conhecimento prévio em várias habilidades contribui para o aprendizado em outras habilidades.

Outros autores ainda trabalham com níveis de habilidades dos recursos estimados como uma média do número de linhas de código de um *software* (SLOC – *Software lines of code*).

Souza (2007) propôs um modelo de tratamento das habilidades e afinidades dos Agentes de Simulação. Esses agentes representam os colaboradores da organização e possuem diversas características particulares, tais como personalidade, humor, habilidades e afinidades, que podem ou não influenciar na execução de suas atividades em ambientes de desenvolvimento de *software*. Nesse modelo, as habilidades e afinidades são definidas em níveis de zero a um, representando respectivamente, o menor e o maior nível de habilidades / afinidades. Portanto, o presente autor, propôs uma função de alocação que é baseada nos níveis de habilidade e afinidade. Desta maneira, para cada agente é verificado o seu nível com relação à habilidade do recurso definido para a atividade, cujo valor ainda é somado com uma média das afinidades do agente em questão com os demais agentes já alocados para a atividade. Caso a atividade não seja cooperativa, a média das afinidades não influenciará no cálculo da função de alocação, e, portanto, o agente que apresentar o maior valor da função de alocação, será o mais apto para executar a tarefa (SOUZA, 2007).

A Figura 2.11 a seguir ilustra o modelo de otimização de alocação de desenvolvedores definida por Souza (2007).

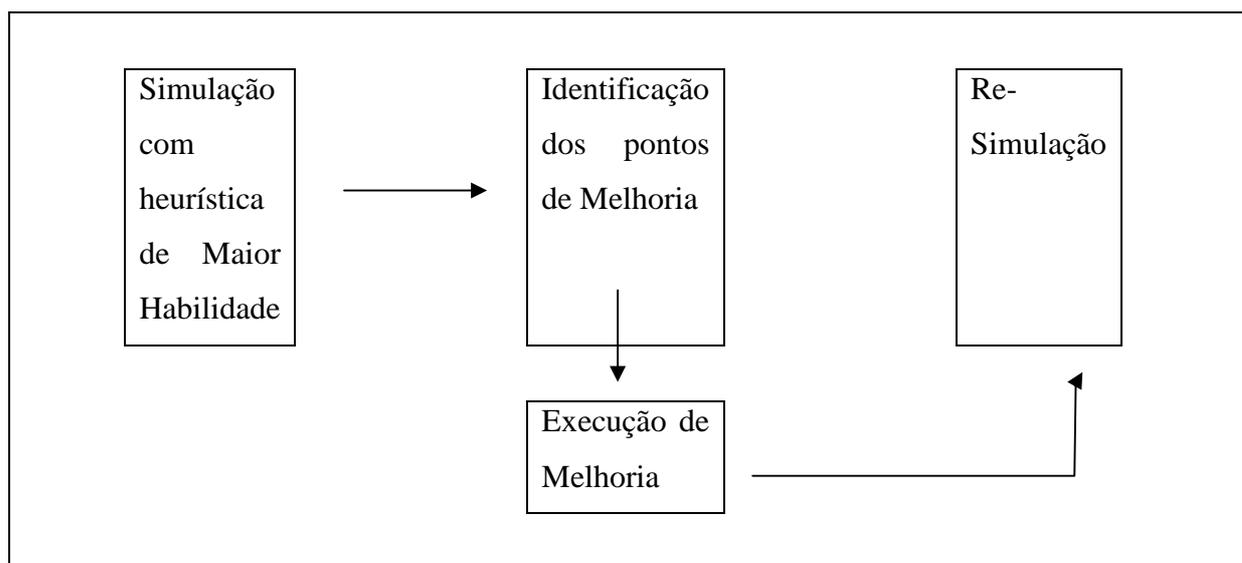


Figura 2-11 Modelo de Otimização de Alocação de Desenvolvedores (Adaptado de Souza, 2007)

Para finalizar essa sessão, outro importante estudo foi realizado por Tsai (2002).

Nesse trabalho, Tsai (2002), propôs um método computacional eficiente e integrado, baseado no *design* de experimentos para resolver o problema de seleção de recursos, no qual o diagrama de recursos críticos (CRD – *Critical Resource Diagram*) foi primeiramente utilizado para os inter-relacionamentos entre os recursos humanos e suas tarefas, seguido então pela implementação da abordagem do “*Taguchi’s parameter design*” para selecionar o recurso humano apropriado. Nessa abordagem, os recursos humanos são identificados como fatores controláveis, enquanto que as tarefas, que geralmente são imprevisíveis, são consideradas como fatores incontroláveis.

Neste Capítulo foram apresentados alguns conceitos relevantes para o entendimento dos modelos que serão propostos neste trabalho. Entre estes, os conceitos de gerenciamento de projetos, gerenciamento de projetos de software especificamente, e modelos matemáticos que podem ser aplicados ao problema de alocação de recursos humanos em projetos, tais como o modelo da programação matemática dinâmica e o modelo linear de designação, que serão utilizados no próximo Capítulo.

3. MODELO DE ALOCAÇÃO DE RH EM PROJETOS DE SI – PROGRAMAÇÃO DINÂMICA

Nesta seção será proposto um modelo que tem como objetivo otimizar a alocação de recursos humanos nos projetos de SI baseada no problema de Programação Dinâmica – Modelo de Distribuição de Esforço

3.1. Caracterização do Problema

Muitas melhorias têm sido identificadas com o objetivo de maximizar o sucesso nos projetos de SI. Mesmo assim, ainda há muito a ser feito para aumentar o número de projetos bem sucedidos, isto é, concluídos no prazo, no orçamento, com as funcionalidades e a qualidade desejadas.

De acordo com Acuña *et al* (2006), pessoas são questões críticas no processo de desenvolvimento de *software*, e a dimensão humana pode se tornar mais importante que a técnica. Uma atividade a ser priorizada é a alocação dos recursos humanos aos projetos. Esta, quando inadequada, pode gerar diversos problemas influenciando de maneira negativa o sucesso dos projetos. A alocação de recursos humanos é uma atividade não só de suma importância para projetos de SI, como também uma atividade que apresenta certo grau de complexidade, pois geralmente é baseada na experiência do gerente e não há o uso de um modelo matemático.

Os processos considerados pelo PMBOK no gerenciamento de recursos humanos, segundo Carvalho & Carvalho (2008), são:

- Planejamento Organizacional: identifica, documenta e atribui funções e responsabilidades dos envolvidos no projeto;
- Formação de equipe: buscar os recursos humanos necessários para o projeto;
- Desenvolvimento da equipe: desenvolvimento das aptidões das equipes de projetos;
- Administração das equipes: avaliação do desempenho das equipes de projetos.

Além dos processos, existem vários fatores que podem influenciar a alocação de profissionais em projetos de SI, dentre eles pode-se citar:

- Quantidade de profissionais necessários;

- Quantidade de profissionais disponíveis;
- A possibilidade de um profissional exercer mais de uma função;
- A possibilidade de alocar um profissional a vários projetos em paralelo;
- A possibilidade de alocar vários profissionais a vários projetos.

A montagem da equipe do projeto envolve conseguir que os recursos humanos necessários sejam alocados ao projeto. O projeto está com sua equipe formada, quando as pessoas tiverem sido realmente designadas para trabalhar nele. A alocação pode ser efetuada em tempo integral, tempo parcial, ou variável, dependendo das necessidades do projeto, (PMBOK, 2000).

Segundo Carvalho & Carvalho (2008), para iniciar o gerenciamento de equipes de projetos o gerente deverá identificar as funções e trabalhos a serem executados durante a realização do projeto, portanto faz-se necessária a estruturação das equipes de projetos de acordo com a definição dos papéis e suas respectivas responsabilidades. Essa estruturação é apoiada pela Matriz de Responsabilidades, que relaciona as pessoas (quem) com o trabalho (faz o quê).

Na atividade de alocação de recursos humanos aos projetos de SI em organizações, algumas decisões precisam ser tomadas pelo gerente de projetos. Entre elas, o gerente deve decidir quem alocar a cada projeto. Os gerentes de projetos devem assegurar que o projeto receba apropriadamente o pessoal competente no momento adequado. Para isso, é preciso buscar na organização quais são os profissionais com o perfil necessário e que estejam disponíveis no momento e, finalmente, atribuir da melhor forma possível os profissionais para os projetos que estão sendo executados. Essa tarefa não é simples, uma vez que geralmente há uma série de diferentes possibilidades de alocação. Assim, é interessante que o gerente seja apoiado nessa complexa atividade, de forma a otimizar o seu resultado, seja minimizando o tempo de execução do projeto, minimizando o custo para realização do mesmo ou mesmo maximizando a produtividade.

Uma vez que as pessoas representam um fator tão determinante nos processos de desenvolvimento de projetos, atribuir profissionais adequados aos projetos é de grande importância para que os mesmos possam atingir os níveis de produtividade e qualidade desejados. Atribuir pessoas com perfis diferentes que os exigidos pelo projeto podem fazer com que o projeto não seja bem sucedido, como também atribuir pessoas fora dos períodos solicitados pelos projetos, pode dificultar sua execução.

Nesse sentido, para auxiliar o processo de alocação, uma empresa pode recorrer a vários recursos, dentre eles um modelo de apoio a decisão que seja capaz de mapear os recursos e alocá-los aos respectivos projetos.

Portanto, o presente trabalho, baseado em programação matemática, apresenta dois modelos que podem ser úteis às organizações para fazer o mapeamento e alocação dos profissionais aos projetos de SI. Esses modelos, baseados na programação dinâmica e no problema de designação, apresentam uma solução otimizada para o problema de alocação de recursos humanos. Especificamente, os modelos fornecem à organização, mecanismos de apoio ao planejamento de alocação de recursos humanos, usando como base as habilidades dos profissionais, o tempo de execução e retornando a melhor alocação possível.

No modelo que será apresentado neste capítulo, considera-se a seguinte situação: tem-se um número específico de profissionais a serem alocados a vários projetos, neste caso supõem-se habilidades idênticas para os profissionais. Deseja-se com a alocação minimizar o tempo total de execução de todos os projetos, portanto, neste caso a complexidade dos projetos é considerada para avaliar quantos profissionais, do total disponível, deve ser alocado a cada projeto.

3.2. Características do Modelo

O modelo proposto busca a melhor distribuição desses profissionais, atendendo as seguintes restrições:

- a. **Vários profissionais alocados a vários projetos.** A alocação deve ser definida de acordo com o menor tempo de término do projeto (baseado numa estimativa de prazo).
- b. **Os profissionais são homogêneos.** Isso significa que eles possuem as mesmas habilidades (simplificação).
- c. **Pelo menos um profissional deve ser alocado a cada projeto.** Não pode acontecer que um projeto não tenha profissional alocado.
- d. **Não se podem alocar todos os profissionais num só projeto.** Restrição imposta pelo modelo de programação dinâmica, e que resulta numa solução ótima.

O modelo proposto para esse problema baseia-se no modelo de programação dinâmica de distribuição de esforço. Nesse contexto, uma empresa possui “j” diferentes projetos (P_1, P_2, \dots

P_j). A empresa possui um número Y de profissionais, e está interessada em saber quais os projetos deveriam ser executados junto aos profissionais, sabendo que o tempo de execução é diferente para cada projeto. Ou seja, para cada projeto, conhece-se o tempo de execução de acordo com um número específico de profissionais alocados. Conforme dito anteriormente, e pelo fato que se deseja minimizar o tempo total de execução, não se devem alocar todos os profissionais num mesmo projeto.

A tabela 3-1 a seguir ilustra um exemplo desse contexto:

Tabela 3-1 Margem de contribuição como um esforço de alocação para diferentes projetos

Nº de profissionais	Projeto 1	Projeto 2	...	Projeto j
1	$T_{1,1}$	$T_{1,2}$		$T_{1,j}$
2				
3				
4				
...				
y	$T_{y,1}$	$T_{y,2}$		$T_{y,j}$

Nesse caso, $T_{1,1}$ seria uma estimativa de tempo prevista para o término do projeto 1 sendo executado por apenas 1 profissional.

Na verdade este problema de alocação de profissionais como descrito, não é um problema de programação dinâmica, mas pode ser modelado como se fosse, uma vez que é possível definir todos os elementos de um problema de programação dinâmica, sendo eles:

- estágios do problema – decisão adotada para alocação de profissionais aos projetos 1, 2, ..., j.
- estados – $s_0, s_1, s_2, \dots, s_j$, referindo-se ao número de profissionais ainda não alocados aos projetos.
- variáveis de decisão – y_1, y_2, \dots, y_j , referindo-se ao número de profissionais alocados a cada um dos “j” projetos.
- função objetivo – conforme mostrada na equação a seguir

O modelo matemático utilizado para resolver esse problema é uma adaptação do problema de distribuição de esforço e nesse caso, tem-se o interesse em minimizar o tempo de execução, portanto o modelo pode ser apresentado da seguinte forma:

$$\text{Min} \sum_{j=1}^s R_j(y_j) \quad (3-1)$$

$$\text{s/ a } \sum_{j=1}^s y_j = n, \quad y_j = 0,1,2,\dots \text{ para cada } j.$$

Em que:

y_j – número de profissionais alocados ao Projeto j

$R_j(y)$ – tempo de término do Projeto j quando $y_j = y$.

A Solução ou relação de recursão:

$$g_j(n) = \min_y [R_j(y) + g_{j-1}(n - y)] \quad (3-2)$$

para $j = 1,2,\dots,s$

$g_0(n) \equiv 0$ para $j=0, n=0,1,\dots,n$

O fator preponderante desse problema é estimar o tempo de execução do projeto através da quantidade de profissionais alocados. Conforme visto em Fernandes (1995), existem vários tipos de estimativas, e dentre elas, usar-se-á nesse modelo o COCOMO. Mais precisamente, no contexto desse trabalho, será utilizado o modelo COCOMO Básico, visto que, o mesmo trata da grande maioria de projetos de *software*, variando de pequeno a médio, em relação ao tamanho, e desenvolvidos *in-house*. Além disso, segundo o mesmo autor, o COCOMO categoriza os projetos de *software* em três tipos fundamentais e o utilizado no presente trabalho será o Modo Orgânico (Convencional), visto que o mesmo está associado à equipe relativamente pequena e a maior parte das pessoas tem experiências prévias similares (pressuposto do modelo proposto).

Segundo Fernandes (1995), o COCOMO propicia três equações para determinar o esforço previsto para o projeto, porém, conforme o modo que será abordado neste trabalho, a equação que representa o esforço é:

$$H/M = 2,4 \times (KDSI)^{1,05} \quad (3-3)$$

onde, H/M significa homem/mês, KDSI significa milhares de instruções-fontes entregues. Portanto, sabendo que prazo é definido da seguinte maneira:

$$Prazo = \frac{\text{Esforço}}{\text{Quantidade de profissionais}} \quad (3-4)$$

, e substituindo-se o valor do esforço pela representação da equação 3-6, tem-se que:

$$Prazo = \frac{2,4 \times (KDSI)^{1,05}}{\text{Quantidade de profissionais}} \quad (3-5)$$

Dependendo das características do projeto de software pode-se haver um ajustamento do esforço através da escolha de multiplicadores, que variam de projeto para projeto. Os fatores são classificados por atributos do projeto, atributos do produto, atributos computacionais ou atributos da equipe (FERNANDES, 1995).

Atributos do produto

- RELY – Confiabilidade requerida pelo *software*
- DATA – Tamanho da base de dados
- CPLX – Complexidade do *software*

Atributos Computacionais

- TIME – Restrições de execução (tempo de máquina)
- STOR – Restrições quanto ao uso de memória principal
- VIRT – Mudanças do ambiente de *software*
- TURN – Tempo de resposta

Atributos da Equipe

- ACAP – Capacidade dos analistas
- AEXP – Experiência na aplicação
- LEXP – Experiência na linguagem de programação
- PCAP – Capacidade dos programadores

- VEXP – Experiência no ambiente de *hardware*

Atributos do Projeto

- MODP – Técnicas modernas de programação
- TOOL – Uso de ferramentas
- SCED – Prazo requerido para desenvolvimento

Na tabela 3.2 a seguir, são mostrados os pesos para cada um dos atributos.

Tabela 3-2 Multiplicadores de esforço - pesos para cada atributo

Atributos	Muito Baixo	Baixo	Nominal	Alto	Muito Alto	Extra Alto
RELY	0,75	0,88	1,00	1,15	1,40	
DATA		0,94	1,00	1,08	1,16	
CPLX	0,70	0,85	1,00	1,15	1,30	1,65
TIME			1,00	1,11	1,30	1,66
STOR			1,00	1,06	1,21	1,56
VIRT		0,87	1,00	1,15	1,30	
TURN		0,87	1,00	1,07	1,15	
ACAP	1,46	1,19	1,00	0,86	0,71	
AEXP	1,29	1,13	1,00	0,91	0,82	
PCAP	1,42	1,17	1,00	0,86	0,70	
VEXP	1,21	1,10	1,00	0,90		
LEXP	1,14	1,07	1,00	0,95		
MODP	1,24	1,10	1,00	0,91	0,82	
TOOL	1,24	1,10	1,00	0,91	0,83	
SCED	1,23	1,08	1,00	1,04	1,10	

(Fonte: Adaptado de Fernandes, 1995)

A determinação dos pesos aplicáveis ao projeto é dada pela tabela 3.3, a seguir:

Tabela 3-3 Determinação dos pesos

Atributos	Muito Baixo	Baixo	Nominal	Alto	Muito Alto	Extra Alto
RELY	Inconveniência	Perdas facilmente recuperadas	Perdas moderadas	Altas perdas financeiras	Risco à vida humana	
DATA		DB bytes / n° instruções fontes < 10	$10 \leq \frac{DB}{IF} \leq 100$	$100 \leq \frac{DB}{IF} \leq$	$\frac{DB}{IF} \geq$	
CPLX	Vide tabela					
TIME			≤ 50% de disponibilidade de tempo de execução	70%	85%	95%
STOR			≤ 50% de uso de memória disponível	70%	85%	95%
VIRT		Principais mudanças a cada 12 meses	6 meses	2 meses	2 semanas	
TURN		Interativo	< 4 horas	4 – 12 horas	Mais que 12 horas	
ACAP	15° percentil	35° percentil	55° percentil	75° percentil	90° percentil	
AEXP	≤ 4 meses de experiência	1 ano	3 anos	6 anos	12 anos	
PCAP	15° percentil	35° percentil	55° percentil	75° percentil	90° percentil	
VEXP	≤ 1 mês de experiência	4 meses	1 ano	3 anos		
LEXP	≤ 1 mês de experiência	4 meses	1 ano	3 anos		
MODP	Não utiliza	Iniciado	Algum uso	Uso generalizado	Uso rotineiro	
TOOL	Ferramentas básicas em micro	Ferramentas em minicomputadores	Ferramentas básicas de mainframe	Ferramentas de programação e teste	Ferramentas para análise, projetos, gerência	
SCED	75% do nominal	85%	100%	130%	160%	

(Fonte: Adaptado de Fernandes, 1995)

Após determinar o esforço não ajustado e as características do *software*, faz-se o produto dos multiplicadores pelo esforço não ajustado, de modo que se ajusta para mais ou para menos as estimativas iniciais.

3.3. Definição do Problema de Programação Dinâmica

O problema consiste em determinar a alocação otimizada de desenvolvedores de *softwares*, considerando demandas de alocação de recursos humanos para 3 (três) projetos de desenvolvimento de *software*. Conforme mencionado anteriormente, essa alocação deverá ser feita entre 10 (dez) profissionais que possuem as mesmas habilidades técnicas, porém sabendo *a priori* da quantidade de instruções-fontes a serem desenvolvidas em cada projeto (estimativa). Nessa alocação, o ideal é achar uma solução ótima que minimize o tempo de execução dos três projetos, dado em função do tempo de execução de cada projeto por determinadas quantidades de desenvolvedores.

O primeiro passo consiste em estabelecer uma média da quantidade de instruções-fontes de cada projeto (dado que o projeto seja considerado do modo Orgânico). Conforme o próprio Fernandes (1995) diz, esta é uma limitação do método. A tabela 3-4 a seguir, estima a quantidade de instruções-fontes de cada projeto.

Tabela 3-4 Quantidade de instruções-fontes por Projeto

Projeto	Quantidade de instruções-fontes (KDSI)
Projeto 1	50 KDSI
Projeto 2	65 KDSI
Projeto 3	60 KDSI

Após saber a quantidade de instruções-fontes de cada projeto, o próximo passo consiste em atribuir os pesos dos fatores (através das tabelas 3.5 e 3.6) para cada um dos projetos. A tabela 4-5 a seguir, ilustra as características de cada um dos três projetos.

Tabela 3-5 Características de cada Projeto de Software

Multiplicadores	Pesos					
	Muito Baixo	Baixo	Nominal	Alto	Muito Alto	Extra Alto
RELY	0,75	0,88	1,00	1,15	1,40	
DATA		0,94	1,00	1,08	1,16	
CPLX	0,70	0,85	1,00	1,15	1,30	1,65
TIME			1,00	1,11	1,30	1,66
STOR			1,00	1,06	1,21	1,56
VIRT		0,87	1,00	1,15	1,30	
TURN		0,87	1,00	1,07	1,15	
ACAP	1,46	1,19	1,00	0,86	0,71	
AEXP	1,29	1,13	1,00	0,91	0,82	
PCAP	1,42	1,17	1,00	0,86	0,70	
VEXP	1,21	1,10	1,00	0,90		
LEXP	1,14	1,07	1,00	0,95		
MODP	1,24	1,10	1,00	0,91	0,82	
TOOL	1,24	1,10	1,00	0,91	0,83	
SCED	1,23	1,08	1,00	1,04	1,10	

(Fonte: Adaptado de Fernandes, 1995)

Tabela 3-6 Legenda das cores de cada Projeto

Projeto	Cor / Referência
Comum aos três projetos	
Projeto 1	
Projeto 2	
Projeto 3	

Dado que um dos pré-requisitos é que todos os desenvolvedores tenham a mesma habilidade, então todos os atributos da equipe, em relação aos três projetos são iguais, conforme mostra a tabela anterior.

Dado que já se possui as quantidades das instruções-fontes de cada projeto, o próximo passo consiste em calcular o esforço não ajustado, através da equação 3.3. A tabela 3.7, a seguir, ilustra esses valores. Vale ressaltar que esses valores foram aproximados.

Tabela 3-7 Estimativa do esforço por Projeto não ajustado

Projeto	Estimativa de Esforço – COCOMO (H/M)
Projeto 1	146
Projeto 2	192
Projeto 3	177

Após obter o esforço (homem/mês) de cada projeto, o próximo passo é multiplicar cada estimativa pelos respectivos pesos dos fatores relacionados a cada projeto (de acordo com a tabela 3-5). Então, após o ajustamento obtêm-se os seguintes valores (já aproximados):

Tabela 3-8 Estimativa de esforço por Projeto ajustada

Projeto	Estimativa de Esforço – COCOMO (H/M)
Projeto 1	89
Projeto 2	76
Projeto 3	265

Por fim, o último passo consiste em calcular os tempos de execução dos projetos em dias para determinadas quantidades de desenvolvedores, respectivamente. Para isso, faz-se o uso da equação 3.5, dado que o esforço já foi ajustado. Portanto, o resultado final está de acordo com a tabela 3.9 a seguir.

Tabela 3-9 Estimativa de prazo de execução dos projetos de acordo com a quantidade de desenvolvedores

Número de desenvolvedores	Projeto 1 (meses)	Projeto 2 (meses)	Projeto 3 (meses)
1	89	76	265
2	44,5	38	132,50
3	29,67	25,33	88,33
4	22,25	19	66,25
5	17,8	15,2	53
6	14,84	12,67	44,17
7	12,71	10,86	37,86
8	11,13	9,50	33,16
9	9,89	8,44	29,44
10	8,90	7,60	26,50

3.4. Resultado da aplicação do modelo proposto de Programação Dinâmica

A partir da tabela 3.9 foram efetuados os cálculos referentes às equações anteriormente descritas para o modelo da programação dinâmica.

As margens de contribuição de todos os recursos humanos são denominados f_1 , f_2 e f_3 , para o projeto 1, projeto 2 e projeto 3, respectivamente. O diagrama de fluxo é apresentado na figura 3.1 a seguir.

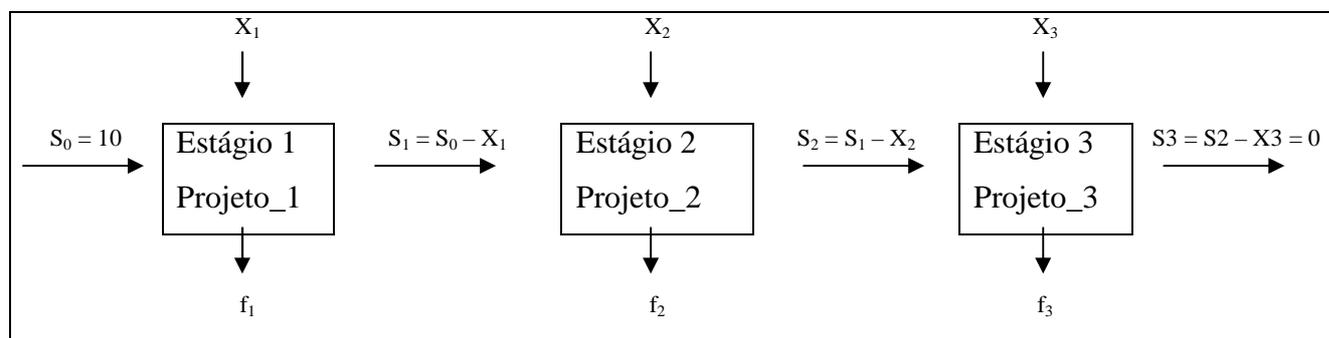


Figura 3-1 Margem de contribuição como um esforço de alocação para diferentes projetos

Portanto, aplicando a relação de recursão do modelo de distribuição de esforço, através da tabela 3.9, e sabendo que $j = 1, 2$ e 3 , Projeto 1, 2 e 3, respectivamente, têm-se as seguintes tabelas:

Tabela 3-10 Alocação para o Projeto_1

N	$Y_1(n)$	$G_1(n)$
1	1	89
2	2	44,5
3	3	29,66667
4	4	22,25
5	5	17,8
6	6	14,83333
7	7	12,71429
8	8	11,125
9	9	9,888889
10	10	8,9

Tabela 3-11 Alocação para o Projeto_2

y \ n	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	$Y_3(n)$	$G_3(n)$
1	165										1	165
2	120,5	127									1	120,5
3	105,667	82,5	114,33								2	82,5
4	98,25	67,667	69,833	108							2	67,667
5	93,8	60,25	55	63,5	104,2						3	55
6	90,8333	55,8	47,583	48,667	59,7	101,667					3	47,583
7	88,714	52,833	43,133	41,25	44,86	57,167	99,857				4	41,25
8	87,125	50,714	40,167	36,8	37,45	42,333	55,357	98,5			4	36,8
9	85,889	49,125	38,047	33,833	33	34,916	40,523	54	97,444		4	33
10	84,9	47,889	36,458	31,714	30,03	30,466	33,107	39,167	52,944	96,6	5	30,03

Tabela 3-12 Alocação para o Projeto_3

$y \backslash n$	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	$Y_3(n)$	$G_3(n)$
1	430										1	430
2	385,5	297,5									2	297,5
3	347,5	253	253,33								2	253
4	332,66	215	208,83	231,25							3	208,83
5	320	200,16	170,83	186,75	218						3	170,83
6	312,58	187,5	155,99	148,75	173,5	209,16					4	148,75
7	306,25	180,08	143,33	133,91	135,5	164,66	202,85				4	133,91
8	301,8	173,75	135,91	121,25	120,66	126,66	158,35	198,12			5	120,66
9	298,83	169,3	129,58	113,83	108	111,82	120,35	153,62	194,44		5	108
10	295,03	166,3	125,13	107,5	100,58	99,16	105,51	115,62	149,94	191,5	6	99,16

Portanto, conforme as tabelas, mostradas anteriormente, os valores em vermelho mostram a solução mais viável para o presente problema. Neste caso, a solução que apresenta o menor tempo total para desenvolvimento dos projetos é alocar os profissionais da seguinte maneira, conforme mostra a tabela 3.13 a seguir:

Tabela 3-13 Resultado final da alocação

Projetos	Quantidade de Profissionais
Projeto 1	2
Projeto 2	2
Projeto 3	6

Por fim, o resultado desse experimento evidencia que o tempo mínimo de execução dos três projetos é de 99,16 meses.

3.5. Discussão referente ao Modelo Proposto

O modelo proposto baseia-se no problema de programação dinâmica. Nesta proposta a complexidade dos projetos é estimada com base na quantidade padrão de linhas de código (Fernandes, 1995). Algumas metodologias são encontradas na literatura que suportam esta estimativa, entre elas, poder-se-ia utilizar a técnica de Pontos por Função levando em

consideração as características gerais da aplicação a ser desenvolvida. A aplicação do modelo é pertinente quando se tem vários projetos com complexidades diferentes e a alocação de um número maior ou menor de recursos humanos pode afetar diretamente o tempo de execução e ainda as diferenças de habilidades dos profissionais não é relevante, como exemplos podem-se citar as fábricas de *software*, *pool* de programação ou teste.

4. MODELO DE ALOCAÇÃO DE RH EM PROJETOS DE SI – PROGRAMAÇÃO LINEAR

Nesta seção será proposto um modelo que tem como objetivo otimizar a alocação de recursos humanos nos projetos de SI baseado no problema de Programação Linear – Modelo de Designação.

4.1. Caracterização do Problema

No modelo apresentado neste capítulo o gestor terá que alocar uma categoria de profissional, ou seja, um profissional com um perfil ou habilidade específica a um determinado projeto de SI. Supõe-se que existam, por exemplo, n projetistas de *software* (poderiam ser analistas de sistemas, programadores de teste, etc.) para serem alocados cada um, a um projeto de SI específico, o objetivo neste caso é minimizar o custo de alocação dos profissionais aos projetos. Neste modelo as habilidades individuais de cada profissional são consideradas.

4.2. Características do Modelo

O modelo busca a melhor composição dos profissionais, atendendo as seguintes restrições:

- a. **Um profissional deve ser alocado para apenas um projeto (e vice-versa).** Esta restrição indica que um profissional não poderá executar outros projetos paralelamente.
- b. **A quantidade de projetos deve ser igual à quantidade de profissionais disponíveis.** Esta restrição é uma simplificação imposta pelo modelo matemático para solução do problema de designação.
- c. **A característica particular utilizada para alocação dos profissionais foi a habilidade a qual o mesmo possui para execução de cada projeto.** Isto significa que cada profissional possui habilidades diferentes para execução de cada projeto.

- d. **As habilidades são definidas em níveis de 0 (zero) a 1 (um).** O valor atribuído a habilidade de cada profissional em relação a cada projeto é dado em função da pertinência das características do profissional com as características do projeto (ACUÑA *et al*, 2006).
- e. **A alocação do profissional é dada em função do tempo de execução da tarefa bem como o custo para execução da mesma tarefa.** O cálculo do tempo que o profissional leva para execução da tarefa (equação 4-2), (adaptado de SOUZA, 2007), é baseado no nível de habilidade do mesmo em relação àquela tarefa, como também em função do tempo previsto pelo gerente. A tabela 4.2 (Silva, 2001) define o percentual de acréscimo ou decréscimo no tempo previsto, com relação aos níveis de habilidade do profissional. O cálculo do custo (equação 4-3), (adaptado de Souza, 2007), é dado em função do tempo de execução da atividade, gasto pelo profissional, multiplicado pelo custo de alocação por dia de cada recurso humano. Tal modelo é uma simplificação vista em (Souza, 2007), pelo fato de considerar apenas uma pessoa alocada a cada projeto e não levar em consideração o custo de recursos não humanos.

Pretende-se, então, estabelecer a alocação dos profissionais da organização aos projetos de SI, minimizando os custos de alocação de cada profissional a cada projeto. Esta alocação pode ser realizada em **m** projetos com **n** profissionais (dado que **m = n**).

4.2.1. Definição das Variáveis de Decisão do Modelo

As variáveis de decisão do modelo representam as combinações das alocações em um projeto, por um profissional, executando um determinado perfil no período estabelecido.

Como já mostrado no Referencial Teórico, o modelo matemático para o problema de designação (utilizado para tratar situações em que se tem certo número de funcionários que devem ser designados para um mesmo número de tarefas) é do tipo:

$$Min.Z = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n c_{ij} \cdot x_{ij}$$

(4-1)

$$\sum_{j=1}^n x_{ij} = 1 \dots (i = 1, 2, \dots, m)$$

$$\text{s/a} \quad \sum_{i=1}^m x_{ij} = 1 \dots (j = 1, 2, \dots, n)$$

$$x_{ij} \geq 0$$

Assim, se o funcionário i efetuar a tarefa j tem-se $x_{ij} = 1$, caso contrário $x_{ij} = 0$. E c_{ij} representa o custo para o funcionário i desempenhar a tarefa j . Neste modelo, conforme dito anteriormente, $m = n$. No problema de designação a solução baseia-se apenas na seguinte matriz, também chamada matriz de eficiência do problema, apresentada na Tabela 4.1.

Tabela 4-1 Matriz de Eficiência do problema de designação

Profis.	Proje.	Projeto 1	Projeto 2	Projeto 3	Projeto 4
Profissional 1		C_{11}	C_{12}	C_{13}	C_{14}
Profissional 2		C_{21}	C_{22}	C_{23}	C_{24}
Profissional 3		C_{31}	C_{32}	C_{33}	C_{34}
Profissional 4		C_{41}	C_{42}	C_{43}	C_{44}

Para o cálculo do tempo que o profissional leva para executar um projeto, utiliza-se a seguinte equação (adaptado de SOUZA, 2007):

$$T(x) = (\text{tempo}_{\text{previsto}})x(\text{fator}(\text{habilidade}(x)))$$

$$\forall x \in B$$

(4-2)

Onde,

B: conjunto dos profissionais alocados para execução da atividade

Nesse caso, a realização do cálculo do tempo, tem por base, conforme já mencionado anteriormente, a Tabela 4.2:

Tabela 4-2 Cálculo da variação do tempo em função da habilidade do profissional

Habilidade Geral do Profissional	Alteração no tempo previsto
hab ≤ 0,3	Acréscimo de 30%
hab > 0,3 & hab ≤ 0,4	Acréscimo de 20%
hab > 0,4 & hab ≤ 0,5	Acréscimo de 10%
hab > 0,5 & hab ≤ 0,6	Tempo igual ao previsto
hab > 0,6 & hab ≤ 0,7	Decréscimo de 10%
hab > 0,7 & hab ≤ 0,8	Decréscimo de 20%
hab > 0,8 & hab ≤ 1,0	Decréscimo de 30%

(Fonte: Silva 2001)

Para o cálculo do custo da execução de um projeto, utiliza-se a seguinte equação (adaptado de SOUZA, 2007):

$$C(a) = \sum [t(y) \cdot x_{custo}(y)]$$

$$\forall a \in C; y \in B$$

(4-3)

Onde,

B: conjunto dos profissionais alocados para execução da atividade

C: conjunto de atividades.

4.3. Definição do Problema de Programação Linear

O problema consiste em determinar a alocação otimizada de profissionais considerando demandas de alocação de recursos humanos para 6 (seis) projetos / atividades de desenvolvimento de *software*. Conforme mencionado anteriormente, essa alocação deverá ser feita entre 6 (seis) profissionais respeitando a competência de cada um deles para a execução das tarefas, nas quais as habilidades de cada um será parte integrante tanto para o cálculo do tempo de execução como para o cálculo do custo.

O modelo usado, problema de designação, é tratado de forma a minimizar o custo total dos profissionais para desempenhar as suas respectivas tarefas.

Os níveis das habilidades de cada profissional em relação a cada projeto dependem diretamente dos seus perfis. De acordo com Acuña *et al* (2006), o perfil dos profissionais, bem como suas habilidades em cada projeto, depende de algumas capacidades, tais como:

para execução da tarefa desconsiderando e considerando as habilidades, respectivamente. A tabela 4.6 ilustra o custo (em R\$) de alocação por dia de cada profissional.

Tabela 4-3 Habilidades dos membros da equipe

Proj. Prof.	Projeto_1	Projeto_2	Projeto_3	Projeto_4	Projeto_5	Projeto_6
Profissional 1	0,8	0,9	0,6	0,5	0,4	0,6
Profissional 2	0,7	0,8	0,7	0,6	0,8	0,6
Profissional 3	0,6	0,7	0,8	0,5	0,8	0,6
Profissional 4	0,8	0,7	0,6	0,7	0,6	0,5
Profissional 5	0,6	0,6	0,6	0,6	0,7	0,6
Profissional 6	0,5	0,4	0,5	0,6	0,8	0,7

Tabela 4-4 Tempo de execução dos Projetos (dias)

Proj. Prof.	Projeto_1	Projeto_2	Projeto_3	Projeto_4	Projeto_5	Projeto_6
Profissional 1	7	5	9	10	12	11
Profissional 2	6	5	7	9	8	12
Profissional 3	9	7	6	11	7	11
Profissional 4	6	8	10	8	10	14
Profissional 5	8	9	9	8	9	12
Profissional 6	10	12	10	9	7	9

Tabela 4-5 Tempo de execução dos Projetos (dias) considerando as habilidades

Proj. Prof.	Projeto_1	Projeto_2	Projeto_3	Projeto_4	Projeto_5	Projeto_6
Profissional 1	5,6	3,5	9	11	14,4	11
Profissional 2	5,4	4	6,3	9	6,4	12
Profissional 3	9	6,3	4,8	12,1	5,6	11
Profissional 4	4,8	7,2	10	7,2	10	15,4
Profissional 5	8	9	9	8	8,1	12
Profissional 6	11	14,4	11	9	5,6	8,1

Tabela 4-6 Custo de alocação por dia (R\$)

Profissional	Custo de Alocação por dia (R\$)
Profissional 1	96
Profissional 2	87
Profissional 3	84
Profissional 4	91
Profissional 5	85
Profissional 6	80

Aplicando-se a equação 4.3 em relação aos valores das respectivas tabelas (4.5 e 4.6) chega-se a tabela 4.7, que apresenta o custo de alocação de cada profissional para executar cada tarefa por completo.

Tabela 4-7 Custo (R\$) para alocar cada profissional para realização de cada Projeto

Proj. Prof.	Projeto_1	Projeto_2	Projeto_3	Projeto_4	Projeto_5	Projeto_6
Profissional 1	537,6	336	864	1056	1382,4	1056
Profissional 2	469,8	348	548,1	783	556,8	1044
Profissional 3	756	529,2	403,2	1016,4	470,4	924
Profissional 4	436,8	655,2	910	655,2	910	1401,4
Profissional 5	680	765	765	680	688,5	1020
Profissional 6	880	1152	880	720	448	648

Após o desenvolvimento da tabela 4.7, anterior, foi utilizado um *software* de forma que se obtivesse um resultado mais rápido e preciso. No item 4.4, a seguir, apresenta-se um maior detalhamento sobre os resultados obtidos com a aplicação do modelo.

4.4. Resultado da aplicação do modelo proposto de Programação Linear

O modelo do problema de designação foi aplicado conforme definição e restrições descritas anteriormente. O modelo construído foi executado aplicando-se os dados da tabela 4.7 em um *software* específico. O algoritmo do *software* é baseado no algoritmo da designação. Obteve-se uma matriz que evidencia e relaciona um projeto / tarefa para cada profissional, de modo que seja executada a um custo mínimo.

Após a execução do modelo, foi atribuído a cada profissional um projeto específico. Como resultado desta aplicação, obteve-se uma solução viável para a alocação dos 6 (seis) profissionais da aplicação do modelo aos seis projetos em execução.

Portanto, após a solução do problema, ficaram estabelecidas as seguintes atribuições, conforme mostrada na tabela 4.8 a seguir, com o respectivo custo mínimo final de alocação:

Tabela 4-8 Atribuição Final

Profissional	Projeto
Profissional 1	Projeto_2
Profissional 2	Projeto_5
Profissional 3	Projeto_3
Profissional 4	Projeto_1
Profissional 5	Projeto_4
Profissional 6	Projeto_6
Custo total:	R\$ 3060,8

4.5. Discussão referente ao Modelo Proposto

O modelo proposto neste capítulo, baseado no problema de programação linear de designação, realiza a alocação de cada categoria de profissional a cada projeto, baseado em características específicas tanto do projeto como dos profissionais. Inicialmente, o modelo

requer que o gerente defina níveis de habilidades individuais para cada profissional, baseados em capacidades intrapessoal, organizacional, interpessoal e gerenciamento que cada profissional apresenta em relação a cada projeto. Então, faz-se necessária uma estimativa de tempo de execução do projeto negociada com cada usuário, no exemplo apresentado para ilustrar a aplicação do modelo, foram usados dados realísticos. O modelo também requer o custo de execução associado de cada profissional em cada projeto. Esta situação é frequentemente vivida por gerentes de projetos de SI, que precisam distribuir suas várias categorias de profissionais entre os vários projetos a desenvolver. As informações requeridas pelo modelo para fazer alocação eficiente dos recursos humanos também podem representar uma dificuldade na aplicação, mas já é proposta uma alternativa para obtenção destas estimativas com base no que foi encontrado na literatura. O modelo poderá ser aplicado várias vezes, para alocação de cada categoria de profissional, como por exemplo, alocação de analistas, alocação de programadores, etc. É importante destacar que algumas limitações foram impostas de forma a viabilizar a implementação da proposta, uma delas é o fato de não se considerar o compartilhamento de profissionais entre os projetos, o que é uma opção possível.

Apesar dos dois modelos propostos apresentarem simplificações na modelagem do problema de decisão estudado, ambos contribuem e suportam de forma objetiva os gerentes de projetos de SI na difícil tarefa de alocação de recursos humanos.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste capítulo são apresentadas as conclusões e sugestões para futuros trabalhos referentes ao estudo em questão.

5.1. Conclusões

Neste trabalho temas como gerenciamento de projetos, gerenciamento de projetos de TI, métricas de software, programação dinâmica e programação linear de designação, foram abordados de forma introdutória, com o intuito de dar um embasamento na proposta deste estudo: construção de um modelo que possibilite alocação de profissionais em projetos de SI, de acordo um objetivo específico previamente definido, como reduzir custo ou tempo de execução do projeto.

È importante destacar que o potencial das duas propostas apresentadas neste trabalho, depende diretamente das informações requeridas pelos modelos estarem disponíveis na organização, como habilidades dos profissionais, tempo previsto para execução de cada tarefa e custo de alocação por dia. Tais informações devem ser mantidas sempre atualizadas, com o intuito de refletir a realidade atual da organização.

Com a aplicação do modelo no planejamento de alocação de pessoal, pôde-se aperfeiçoar a distribuição dos profissionais, minimizando o custo de alocação e o tempo de execução dos projetos. Com isso, buscou-se a substituição do método usualmente utilizado pelos gerentes de projetos, o qual, na maioria dos casos, se baseia na experiência pessoal do gestor sem uso de modelos formais explícitos por um modelo matemático mais adequado.

Foram consideradas duas abordagens para a problemática da alocação de recursos humanos: O problema de Programação Dinâmica e o problema de Programação Linear de Designação. Para o primeiro caso, o de programação dinâmica, através da técnica de estimativas COCOMO, buscou-se minimizar o tempo de conclusão dos projetos com base no número de profissionais alocados a cada um dos projetos. foram consideradas as habilidades dos funcionários, tempo previsto de execução e custo de alocação por dia. Com o auxílio do *software* IOR, pôde-se chegar numa solução viável, considerando a alocação de cada profissional a cada projeto e a um custo mínimo.

No segundo caso, na programação linear de designação, foram consideradas as habilidades dos funcionários, tempo previsto de execução e custo de alocação por dia. Com o

auxílio de um *software* específico, pôde-se chegar numa solução viável, considerando a alocação de cada profissional a cada projeto e a um custo mínimo.

Ambos os modelos apresentam limitações, tais como: o não compartilhamento de profissionais entre projetos, a suposição de homogeneidade dos mesmos. Além destas limitação algumas dificuldades podem ser identificadas como o nível de abstração para definição das habilidades de cada profissional, a estimativa do número de linhas do código fonte (adaptado de Fernandes (1995)), as características de cada projeto (também adaptada de Fernandes (1995)), mas apesar destas, constituem-se em ferramentas para apoiar de forma objetiva gerentes de projetos de SI.

Entende-se que os objetivos geral e específico propostos neste trabalho foram atendidos, uma vez que, o problema de alocação de profissionais em projetos de SI foi discutido e caracterizaram-se duas formas de como o mesmo se apresenta. Fez-se uso de ferramentas pesquisadas na literatura sobre estimativas e métricas de software que suportaram adequadamente a modelagem do problema de decisão estudado e por fim foram construídos os modelos baseados em Programação Linear e Programação Dinâmica, como inicialmente foi proposto.

5.2. Proposta de Trabalhos Futuros

O trabalho descrito nesta dissertação pode ser estendido. Neste caso, os seguintes trabalhos futuros são propostos:

- Aprimorar o modelo através da inserção de restrições para que haja prioridades de execução dos projetos e compartilhamento de recursos humanos em cada projeto;
- Estudos para estabelecimento de medidas de produtividade em projetos de SI;
- Aprimorar o modelo através da aplicação de métodos multicritério, permitindo estabelecer prioridades diferenciadas na alocação, para que sejam considerados critérios como (custo, segurança, prazo, esforço ou escopo) de alocação dos profissionais.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ACUÑA, S.T.; JURISTO, N.; MORENO, A.M. Emphasizing Human Capabilities in Software Development. *IEE Computer Society*, 2006.
- ALMEIDA, A. T. de; COSTA, A. P. C. S; MIRANDA, C. M.: Informação e Gestão. In: ALMEIDA, A.T. de; RAMOS F. S. (Org.). *Gestão da informação na competitividade das organizações*. 2. ed. Recife: Universitária, 2002.
- ALMEIDA, A. T. de; COSTA, A. P. C.: Seleção Multicritério de Sistemas de Informação. In ALMEIDA, A.T. de; COSTA, A. P. C. S. (Org.). *Aplicações com métodos multicritério de apoio a decisão*. 2. ed. Recife: Universitária, 2003.
- ARTHUR, L.J., Measuring Programmer Productivity and Software Quality, *Wiley-Interscience*, 1985.
- BARNES, R.M. *Estudo de movimentos e de tempos: Projeto e Medida do Trabalho*, São Paulo: Edgard Blücher Ltda, 1982.
- CARVALHO, M. M. de; CARVALHO R. R. Jr.: *Construindo competências para gerenciar projetos: teoria e casos*. 2. ed. – São Paulo : Atlas, 2008
- COLIN, E. C. *Pesquisa Operacional: 170 aplicações em estratégia, finanças, logística, produção, marketing e vendas*. Rio de Janeiro: LTC, 2007
- DEAN, B. V., DENZLER, D. R., WATKINS, J.J. Multiproject Staff Scheduling with Variable Resource Constraints. *IEE – Transactions on Engineering Management*, vol 39, NO. 1, Page 59-72, February 1992
- FENTON, N.E.; PFLEEGER S.L.: *Software Metrics: A Rigorous & Practical Approach*. 2. Ed. PWS, 1998.
- FERNANDES, A. A. *Gerência de software através de métricas: garantindo a qualidade do projeto, processo e produto*. São Paulo: Atlas, 1995

- HENDRIKS, MHA; VOETEN, B.; KROEP L.. Human resource allocation in a multi-project R&D environment. *Resource capacity allocation and project portfolio planning in practice*. International Journal of Project Management Vol. 17, No. 3, pp. 181±188, Elsevier Science Ltd and IPMA, 1999
- J. HILL a, L.C. THOMAS, D.E. ALLEN, Experts' estimates of task durations in software development, *International Journal of Project Management* 18 (2000)
- KEMERES, C.F. “An Empirical Validation of Software Cost Estimation Models, *Management of Computing*. (1987) Volume 30 Number 5,
- KERZNER, H. *Gestão de Projetos: As Melhores Práticas*, São Paulo: Bookman, 2006
- KORHONEN, P., SYRJÄNEN, M.. Resource Allocation Based on Efficiency Analysis. *Management Science* Vol. 50, No. 8, August 2004, pp. 1134–1144 issn 0025-1909 _eissn 1526-5501 _04 _5008 _1134
- MAXIMIANO, A. C. A. *Administração de Projetos*, São Paulo: Atlas, 2006
- MELLO, J. C. C. B. S. de; GOMES, E. G.; LETA, F. R., MELLO, M. H. C. S. de;. “Algoritmo de alocação de recursos discretos com análise envoltória de dados”. *Pesquisa Operacional*, v.26, n.2, p.225-239, Maio a Agosto de 2006
- OTERO, L. D., CENTENO G., TORRES, A. J. R., OTERO, C. E.. A systematic approach for resource allocation in software projects. *Computers & Industrial Engineering* (2008)
- PARK, R.E., W.B. GOETHERT, and W.A. FLORAC, *Goal Driven Software Measurement – A Guidebook*, CMU/SEI-96-BH-002, Software Engineering Institute, Carnegie Melon University, August 1996.
- PATANAKUL, P.; MILOSEVIC, D.; The effectiveness in managing a group of multiple projects: Factors of influence and measurement criteria, *Int J Project Manage* (2008).
- PRESSMAN, R. S. *Engenharia de Software*. 5 ed. Rio de Janeiro : McGraw-Hill, 2002.

PROJECT MANAGEMENT INSTITUTE – PMI, *Um guia do Conjunto de Conhecimentos de Gerenciamento de Projetos - PMBOK*, Syba: PMI Publishing Division, 2004.

RODNEY, A. S. *A framework for the life cycle management of information technology projects: ProjectIT*, School of Engineering, Griffith University, Gold Coast Campus, PMB 50 Gold Coast Mail Centre, Queensland 9726, Australia Received 26 September 2006; received in revised form 21 May 2007; accepted 22 May 2007.

SILVA, A. V. e COIMBRA, R. R. C. *Manual de Tempos e Métodos: Princípios e técnicas do estudo de tempos*. Editora Hemus, 1980.

SHUSTER, K.; PUKELSHEIM, F.; DRTON, M.; DRAPER, N.R.. Seat biases of apportionment methods for proportional representation. *Electoral Studies*, 22(4), 651-676. 2003

SILVA, F. A. das D. Um Modelo de Simulação de Processos de Software Baseado em Conhecimento para o Ambiente PROSOFT. 2001. 124 p. Dissertação (Mestrado em Informática) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

SOUZA, M. M. de. Uma metodologia de predição estatística de projetos baseada em simulação. 2007. 130 p. Dissertação (Mestrado em Informática) – Universidade Federal de Pernambuco - UFPE.

TSAI, H., MOSKOWITZ, H., LEE, L.. Human resource selection for software development projects using Taguchi_s parameter design. *European Journal of Operational Research* 151 (2003).

TURBAN, E. *Administração de Tecnologia da Informação: teoria e prática* / Efraim Turban, R. Kelly Rainer, Richard E. Potter. Rio de Janeiro: ed. Campus: Elsevier, 2005.

VARGAS, R. V.. *Gerenciamento de Projetos*, Rio de Janeiro: BRASPORT, 2005.

VIEIRA, M. F.: *Gerenciamento de Projetos de Tecnologia da Informação*. 2. ed. totalmente ver. e atualizada. Rio de Janeiro: Elsevier, 2007.

WAGNER, H.M. *Pesquisa Operacional*, 2a Ed., Prentice-Hall do Brasil: Rio de Janeiro, 1986.