

Modelo para Análise de Custos no Desenvolvimento de Sistemas

Cilene Araújo da Cruz Moro
Mestre em Ciências em Engenharia de Produção,
Área de Gerência da Produção (UNIFEI)
e doutorando em Computação Aplicada (INPE)
Rua: Manoel Sanches Grillo, 18 – Jardim São Pedro – César de Souza
CEP: 08820-440 Mogi das Cruzes – S.P
e-mail: cilene@lac.inpe.br
cilenearaujo@umc.br

Resumo

Nas atividades de prestação de serviços, verifica-se a constante preocupação com a alocação eficiente de recursos escassos e a necessidade cada vez maior de utilização de modelos matemáticos que permitam revisões periódicas para que decisões possam ser melhor avaliadas e testadas antes de efetivamente implementadas. Com este enfoque, o presente trabalho, utilizando-se de fundamentos da Programação Linear, apresenta modelagem de alocação de atividades desenvolvidas por profissionais na atividade de desenvolvimento de sistemas. Demonstra-se nesta aplicação a economia de recursos e a conseguinte situação de uma condição de melhor competitividade para a estratégia empresarial.

Palavras-chave: otimização, simulação, produção de serviços, tecnologia da informação, pesquisa operacional.

1. Introdução

A história do desenvolvimento dos conhecimentos de engenharia tem apresentado constantes preocupações com a alocação eficiente de recursos escassos. Com o objetivo de solucionar este problema, verificou-se uma necessidade crescente quanto à construção e utilização de modelos que fornecessem suporte à administração para decisões e que permitissem revisões periódicas e atualizadas de projetos de desenvolvimento de sistemas, com rapidez, resultando assim, em decisões melhor

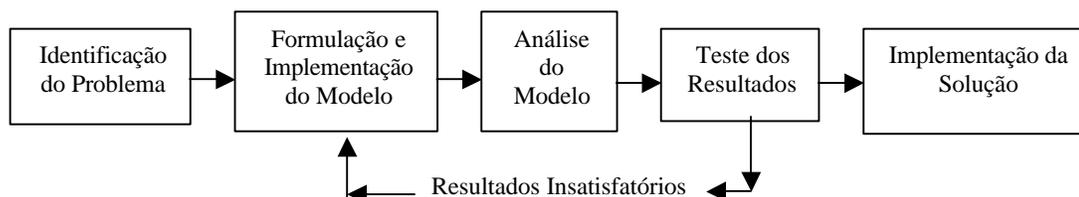
avaliadas e testadas, antes ou até mesmo, no decorrer de suas implementações.

Com o avanço na área de tecnologia da informação e visando alocação ótima de capital, de pessoal, de energia e de outros fatores escassos importantes para a tomada de decisões, foi possível atender às necessidades de construção e aplicação de modelos matemáticos complexos, com a utilização de programas capazes de efetuar maior quantidade de cálculos, simulações com maior velocidade e obtenção rápida de resultados, alcançando assim, um equacionamento otimizado de custos e benefícios, dotando as empresas de desenvolvimento de software de maior competitividade.

Este artigo refere-se a um projeto de desenvolvimento de software em uma empresa selecionada, que desenvolve atividades referentes as etapas de: especificação, análise, projeto e implementação. O enfoque principal é a análise de custos de mão de obra direta, com a finalidade de se organizar as atividades relacionadas para obtenção do melhor resultado econômico, com maior competitividade para negociação de contratos, aumentando assim o desempenho e a produtividade da empresa. As áreas de conhecimento relacionadas à questão de suporte às decisões, envolvidas neste estudo são fundamentalmente de administração de custos, modelos matemáticos de programação linear, tecnologia e sistemas de informação.

2. Referencial Teórico e Metodologia

A abordagem fundamental refere-se à solução de um problema envolvendo os seguintes passos:



Fonte: Ragsdale, Cliff T. Spreadsheet Modeling and Decision Analysis. South-Western College Publishing, 3rd Edition, 2001.

Os objetivos, o escopo e a estratégia do projeto foram considerados conforme proposto por Slack, Nigel et.al., 1996; com a identificação das atividades, a estimativa de tempos e recursos, a identificação das relações e dependências, as limitações e a preparação da programação.

Para a construção do modelo matemático foi utilizada a técnica de Programação Linear, considerada uma ferramenta importante para resolver problemas de otimização, maximizando receitas ou lucros ou, minimizando variáveis de decisões, geralmente relacionadas a custos, segundo Winston, Wayne L., 1997. As funções a serem maximizadas ou minimizadas são denominadas “função objetivo”, ou seja, buscam encontrar a melhor distribuição possível de recursos entre diversas atividades ou tarefas para se atingir um valor ótimo conforme o objetivo estabelecido (Andrade, E.L., 1989). A programação Linear ainda situa-se como técnica de planejamento (Prado, D., 1999). É inserida na área de conhecimento de Pesquisa Operacional, metodologia administrativa, que agrega ciências fundamentais para o processo de tomada de decisões incluindo economia, matemática, estatística e informática.

Para a solução de problemas de Programação Linear foi utilizado o Método Simplex que é, segundo Puccini, A. L., 1984; uma técnica para se encontrar algebricamente, a solução ótima de um modelo que reúne recursos matemáticos, lógicos e computacionais, apoiados em modelos estruturados que permitem obter alternativas para tomada de decisões. Este método foi desenvolvido por Dantzig, G., 1966; conforme mencionado em Winston, Wayne L., 1997. Neste trabalho o objetivo principal, é o de utilizar os conhecimentos teóricos definidos anteriormente, para otimização de custos de um projeto de Desenvolvimento de Sistemas.

O desenvolvimento do trabalho foi realizado com o auxílio do software denominado LINDO (Linear, Interactive and Discrete Optimizer), desenvolvido pela Lindo Systems Inc. de Chicago, Illinois, EUA, utilizado em diversas aplicações que envolvem projetos relacionados ao equacionamento de recursos escassos, e neste caso, usado desenvolvimento de software. Este programa faz parte de diversos textos acadêmicos relacionados a aplicações de Pesquisa Operacional, e pode ser usado para resolver problemas de programações lineares, integrais e quadráticas, com vários exemplos e ilustrações apresentadas por diversos autores, entre eles Winston, Wayne L., 1997. O site para acesso a informações sobre o programa LINDO é www.lindo.com. Este trabalho utilizou, conseqüentemente, a aplicação de um Sistema de Informações definido “como um conjunto de componentes inter-relacionados para coletar, recuperar, processar, armazenar e distribuir informação com a finalidade de facilitar o

planejamento, o controle, a coordenação, a análise e o processo decisório em empresas e outras organizações” (Laudon, K.C. e Laudon, 1999).

Este estudo poderá também ser usado como material de consulta e referência aos profissionais e futuros pesquisadores na área, permitindo a ampliação de conhecimentos pela adoção de modelos matemáticos similares aplicados com o auxílio de computadores, ou mesmo pela própria aplicação do software aqui utilizado.

Sua característica principal de inovação refere-se à aplicação em uma empresa e a um projeto de Desenvolvimento de Sistemas, em uma empresa brasileira.

3. Coleta de Dados

Os dados foram coletados junto a uma empresa de desenvolvimento de sistemas com o objetivo de se conhecer e de se otimizar seu processo de elaboração, gerenciamento e implantação de projetos para clientes de médio e grande porte.

De acordo com o objetivo específico, este trabalho visa à otimização da alocação de mão-de-obra direta. Para se atingir tal objetivo foi realizado um levantamento completo dos recursos humanos a serem eventualmente utilizados pela empresa, segundo suas quantidades e cargos, especificados no modelo matemático aplicado.

Os valores relacionados aos custos do projeto selecionado, foram coletados junto aos projetos aprovados solicitados pelos clientes, com base nas horas de mão de obra previstas em orçamento.

4. Parâmetros Utilizados para Construção do Modelo

A construção do modelo envolve os seguintes elementos, segundo Ehrlich, P. J., 1996:

- “✓ Variáveis de controle ou de decisão – sobre as quais podemos atuar para atingir nossos objetivos;
- ✓ Variáveis de estado ou da natureza – sobre as quais não temos controle, mas que afetam as conseqüências ou resultados de uma decisão;
- ✓ Estrutura do modelo – no âmbito do nosso estudo, corresponde a equações matemáticas que amarram as relações no modelo;
- ✓ Parâmetros – valores numéricos que entram nas equações;
- ✓ Critérios de decisões ou preferências;
- ✓ Objetivos ou metas.”

Para operacionalização do modelo foram consideradas as seguintes informações:

Atividades a serem desempenhadas e seus respectivos custos, quantidade de funcionários, quantidade de horas e custos do homem hora.

Tendo em vista a determinação dos custos, as diversas atividades foram identificadas e orçadas. Apresentamos abaixo uma ilustração (Tabela 4.1 – Custo por Atividade), dos custos dos funcionários para realizar as tarefas programadas. As demais fases foram calculadas de forma semelhante.

Tabela 4.1 – Custo por Atividade

funcionário	cargo	valor/hora	disponibilidade (horas)
f1	c1	25	100
f2	c2	50	100
f3	c2	45	400
f4	c3	60	500
f5	c1	25	100

Fonte: Dados colhidos junto à Empresa em Estudo.

A Tabela 4.1 acima compõe a função objetivo adiante esclarecida.

Além da Tabela 4.1, foram considerados também os dados referentes à quantidade de funcionários por fases, subdividida em semanas e meses; tempo utilizado para realização do projeto especificado no modelo a seguir.

O modelo aplicado tem como objetivo apurar os custos relacionados à mão-de-obra; custos estes minimizados em fluxo de caixa e pagamentos a serem efetuados semanalmente.

Na Tabela 4.2 que segue abaixo, será considerada a disponibilidade dos funcionários em cada fase do Desenvolvimento de Sistemas. Estes dados serão utilizados no modelo matemático que será simulado a seguir.

Tabela 4.2 – Disponibilidade de funcionários

fases	funcionários				
	f1	f2	f3	f4	f5
fase1	1	0	0	0	1
fase2	0	1	1	1	0
fase3	0	1	1	0	0
fase4	0	0	0	1	0

Fonte: Dados colhidos junto à Empresa em Estudo.

5. Construção do Modelo de Otimização

Para a alocação eficiente de recursos escassos de mão-de-obra direta, em desenvolvimento de sistemas, este estudo envolve conhecimentos representados por expressões lineares, em Programação Linear, conforme determina o modelo desenvolvido, apresentado a seguir.

Modelo de Otimização

O modelo de otimização envolve a determinação de uma Função Objetivo que busca minimizar os custos do projeto e a definição das restrições “Sujeito a”, abaixo indicadas:

Função Objetivo:

$$\text{Min } Z = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m t_{ij} h_i$$

Sujeito a:

$$P * \sum_{i=1}^n t_{ij} = PCT * T$$

$$\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m t_{ij} \leq d_i$$

com $t_{ij} (i=1,2,\dots,n; j=1,2,\dots,m) \geq 0$, para todo i e j .

As restrições acima, indicam que o total de homens-hora contratado, deve ser menor ou igual à quantidade estipulada, disponível e fixada para o desenvolvimento do sistema, cuja as variáveis estão descritas abaixo.

- Z** = Função Objetivo;
- m** = Quantidade de Fases;
- n** = Quantidade de Funcionários;
- T** = Limite de Tempo do Projeto (horas);
- h_i** = Custo por Hora de cada Profissional;
- t_{ij}** = Tempo do Funcionário i na Fase j ;
- P** = Disponibilidade dos Funcionários em cada Fase;
- PCT** = Percentual de Participação de cada Fase no Projeto;
- d_i** = Disponibilidade de Horas dos Funcionários.

Substituindo no modelo os dados coletados, obtém-se as equações dos modelos matemáticos a serem simulados referentes ao trabalho em questão. Estas equações serão aplicadas para a obtenção dos resultados almejados da otimização dos custos.

6. Simulações e Análise dos Resultados

O modelo matemático apresentado acima foi aplicado aos dados referentes às atividades planejadas do projeto, possibilitando simulações conforme sugestões de mudanças na realização de determinadas atividades, em períodos semanais, para otimização dos custos do Desenvolvimento do Sistema.

Através desta aplicação foi possível simular diversas situações buscando-se sempre a economia

de custos do projeto para obtenção do melhor resultado possível com redução viável de custos.

Portanto, através da simulação do modelo linear, programou-se a utilização das equipes de trabalho de desenvolvimento de modo flexível, verificando-se através dos resultados que os valores das variáveis que minimizam a função objetiva adquiriram oscilações para menos. A mão-de-obra programada situou-se então, de acordo com a especificação do projeto elaborado, em função da conveniência e da necessidade do projeto.

Os modelos matemáticos a seguir constituem detalhamento em função do orçamento do projeto. A seguir, apresentam-se resultados da aplicação dos modelos referentes às atividades de especificação, análise, projeto e implementação de acordo com as Tabelas 4.1 e 4.2, a título ilustrativo.

O modelo a seguir refere-se à minimização dos custos relacionados às atividades programadas a serem executadas.

Função Objetivo:

$$\text{Minimizar } Z = 25 t_{11} + 25 t_{12} + 25 t_{13} + 25 t_{14} + 50 t_{21} + 50 t_{22} + 50 t_{23} + 50 t_{24} + 45 t_{31} + 45 t_{32} + 45 t_{33} + 45 t_{34} + 60 t_{41} + 60 t_{42} + 60 t_{43} + 60 t_{44} + 25 t_{51} + 25 t_{52} + 25 t_{53} + 25 t_{54}$$

(Custo da equipe para realizar 4 fases do projeto com 5 tipos de funcionários)

Sujeito a

$$1 t_{11} + 0 t_{21} + 0 t_{31} + 0 t_{41} + 1 t_{51} = 150$$

(refere-se à participação dos funcionários em cada fase)

(disponibilidade total de horas do projeto nesta fase)

$$t_{11} + t_{12} + t_{13} + t_{14} \leq 100$$

(esta restrição refere-se à disponibilidade de horas por funcionário)

Simulação do Modelo

Compreende os dados dos modelos apresentados e explicados anteriormente e simulados com a utilização do software LINDO, apresentados a seguir, sendo “Min” a minimização dos custos, com as restrições indicadas por “Subject to”.

O modelo a seguir refere-se a uma apresentação da aplicação, com exemplificação da simulação para implementação do projeto.

As demais alternativas de simulação podem ser feitas analogamente levando-se em consideração os objetivos do Desenvolvimento de Sistemas traçados pela empresa em função da previsão orçamentária para conclusão do projeto.

Os resultados obtidos da simulação com a aplicação do software LINDO estão abaixo apresentados:

! *****
! Modelo Matemático
! *****

$$\text{MIN } 25 t_{11} + 25 t_{12} + 25 t_{13} + 25 t_{14} + 50 t_{21} + 50 t_{22} + 50 t_{23} + 50 t_{24} + 45 t_{31} + 45 t_{32} + 45 t_{33} + 45 t_{34} + 60 t_{41} + 60 t_{42} + 60 t_{43} + 60 t_{44} + 25 t_{51} + 25 t_{52} + 25 t_{53} + 25 t_{54}$$

(Custo da equipe)

Subject to

$$1 t_{11} + 0 t_{21} + 0 t_{31} + 0 t_{41} + 1 t_{51} = 150$$

$$0 t_{12} + 1 t_{22} + 1 t_{32} + 1 t_{42} + 0 t_{52} = 200$$

$$0 t_{13} + 1 t_{23} + 1 t_{33} + 0 t_{43} + 0 t_{53} = 250$$

$$0 t_{14} + 0 t_{24} + 0 t_{34} + 1 t_{44} + 0 t_{54} = 400$$

(restrições de participação dos funcionários em cada fase)

$$t_{11} + t_{12} + t_{13} + t_{14} \leq 100$$

$$t_{21} + t_{22} + t_{23} + t_{24} \leq 100$$

$$t_{31} + t_{32} + t_{33} + t_{34} \leq 400$$

$$t_{41} + t_{42} + t_{43} + t_{44} \leq 500$$

$$t_{51} + t_{52} + t_{53} + t_{54} \leq 100$$

(restrições da disponibilidade de horas por funcionário)

end
gin t11
gin t12
gin t13
gin t14

(GIN) significa escolha de soluções para variáveis do tipo inteiro

Para a simulação dos trabalhos, considerou-se o conjunto das tarefas a serem realizadas pelas equipes.

O modelo que se segue apresenta a função objetivo e as restrições pertinentes para as atividades a serem executadas no projeto.

gin t21
gin t22
gin t23
gin t24
gin t31
gin t32
gin t33
gin t34
gin t41
gin t42
gin t43
gin t44
gin t51
gin t52
gin t53
gin t54

(GIN) significa escolha de soluções para variáveis do tipo inteiro

Resultados da Simulação

Com a aplicação do software Lindo foram obtidos os resultados analisados a seguir :

OBJECTIVE FUNCTION VALUE (Valor da Função Objetivo)

1) 48250.00

VARIABLE	VALUE	REDUCED COST
T11	100.000000	25.000000
T12	0.000000	25.000000
T13	0.000000	25.000000
T14	0.000000	25.000000
T21	0.000000	50.000000
T22	0.000000	50.000000
T23	50.000000	50.000000
T24	0.000000	50.000000
T31	0.000000	45.000000
T32	200.000000	45.000000
T33	200.000000	45.000000
T34	0.000000	45.000000
T41	0.000000	60.000000
T42	0.000000	60.000000
T43	0.000000	60.000000
T44	400.000000	60.000000
T51	50.000000	25.000000
T52	0.000000	25.000000
T53	0.000000	25.000000
T54	0.000000	25.000000

NO. ITERATIONS= 2

(significa que o algoritmo simplex utilizado pelo programa encontrou a solução ótima em 2 passos – cada passo corresponde a um vértice do método simplex).

Com os resultados obtidos através da simulação com o software LINDO verifica-se que a Função

Objetivo gerou um custo otimizado de R\$ 48.250,00 (quarenta e oito mil duzentos e cinquenta reais) para o Desenvolvimento de Sistemas – Projeto com Tempo Limite de 1000 horas para realização.

Este resultado representa o conjunto das atividades, separadas por fases, e, participações dos diversos funcionários de várias categorias de profissionais, executando o projeto de desenvolvimento do sistema, pelo valor de R\$ 48.250,00, sendo esta importância o valor minimizado dos custos de realização do referido projeto.

A distribuição das fases e os valores respectivos dos custos do projeto estão resumidos nas Tabelas 6.1 – Tempos de funcionários por fase e Tabela 6.2 – Valores referentes aos custos de funcionários por fase.

Tabela 6.1 – Tempos de funcionários por fase

fases	Funcionários				
	f1	f2	f3	f4	f5
	tempo	tempo	tempo	tempo	tempo
fase1	100	0	0	0	50
fase2	0	0	200	0	0
fase3	0	50	200	0	0
fase4	0	0	0	400	0
totais	100	50	400	400	50
Total Geral					1000

Fonte: Dados extraídos da simulação.

Tabela 6.2 – Custos de funcionários por fase

fases	Funcionários				
	f1	f2	f3	f4	f5
	valor	valor	valor	valor	valor
fase1	2500	0	0	0	1250
fase2	0	0	9000	0	0
fase3	0	2500	9000	0	0
fase4	0	0	0	24000	0
totais	2500	2500	18000	24000	1250
Total Geral					\$ 48.250,00

Fonte: Dados extraídos da simulação.

Considerando esta solução compatível com as expectativas da empresa de desenvolvimento de sistemas, as horas acima representam as horas a serem alocadas de acordo com o projeto previsto, com custos mínimos, e, podem ser consideradas como informações para inclusão no planejamento global dos recursos humanos necessários para a empresa.

7. Conclusão

O modelo matemático linear proposto, envolvendo as atividades de desenvolvimento de sistemas, fundamentou-se em dados da realidade, oriundos de pesquisa de campo em empresa selecionada. Este modelo foi utilizado como suporte importante para sustentar as considerações de ordem teórica, descritas na modelagem de problemas relativos à alocação de recursos.

O estudo fornece subsídios aos gestores de Empresas e Atividades relacionadas a desenvolvimento de Sistemas para atingir seus objetivos e metas, além de permitir-lhes gerenciar a mobilização dos recursos humanos aplicando-os às suas respectivas atividades. Utilizou-se de modelagem matemática simulada por meio de software específico e neste caso, adotou-se o LINDO (Linear, Interactive and Discrete Optimizer).

Foram apresentados resultados favoráveis acrescidos das seguintes vantagens:

- * possibilidade de obter elevado número de interações nos cálculos em um curto intervalo de tempo.
- * apoio à análise e tomada de decisões quanto ao remanejamento, aumento ou redução do efetivo de recursos humanos.
- * apresenta meios para cálculo e análise de dados para melhoria dos resultados financeiros.
- * possibilita a adequação das atividades desenvolvidas pelo projeto com o fluxo de caixa gerado pelo contrato.
- * identificou e relacionou os recursos humanos necessários de forma planejada para consecução do objetivo de implementação do projeto com um custo otimizado.
- * possibilitou a criação de uma base de um Sistema de Informações Estratégicas, com maior competitividade.

Conclui-se a partir da análise dos resultados das simulações realizadas, que é possível a redução dos valores desembolsados com o pagamento da mão-de-obra envolvida, reduzida a um mínimo possível, em relação aos valores orçados.

Os acertos técnicos e comerciais compactuados entre as partes (contratado e contratante) originaram um cronograma executivo utilizado na execução do projeto.

Os resultados obtidos permitiram enfatizar a necessidade do uso de simulações com emprego da tecnologia da informação para otimização dos recursos escassos, com melhores desempenhos no gerenciamento de projetos de Desenvolvimento de Sistemas.

8. Referências Bibliográficas

- [1] ANDRADE, Eduardo L. de. Introdução à Pesquisa Operacional: Métodos e Modelos para a análise de decisão. Rio de Janeiro, LTC – Livros Técnicos e Científicos Editora S.A., 1989.
- [2] DANTZIG, G. B. Linear Programming and Extensions. Princeton University Press, New Jersey, 1966.
- [3] EHRlich, Pierre Jacques. Modelos Quantitativos de Apoio às Decisões. RAE – Revista de Administração de Empresas, v.36, n.1 e 2, 1996.
- [4] LAUDON, Kenneth C., LAUDON, Jane Price. Sistemas de Informação. Rio de Janeiro, Editora LTC – Livros Técnicos e Científicos S.A, 1999.
- [5] LINDO - Linear, Interactive and Discrete Optimizer – Propriedade da Lindo Systems, Inc. Disponível em: <<http://www.lindo.com>>.
- [6] PRADO, Darci S. Programação Linear. Belo Horizonte, Editora de Desenvolvimento Gerencial, 1999.
- [7] PUCCINI, Abelardo L. Introdução à Programação Linear. Rio de Janeiro, LTC – Livros Técnicos e Científicos Editora S. A., 1984.
- [8] RAGSDALE, Cliff T. Spreadsheet Modeling and Decision Analysis: a practical introduction to Management Science. Cincinnati, Ohio, South-Western College Publishing, Second Edition, 2001.
- [9] SLACK, Nigel, et. al. Administração da Produção. São Paulo, Editora Atlas S.A., 1996.
- [10] WINSTON, Wayne L. Operations Research applications and algorithms. Duxbury Press, 3rd Edition, 1997.