



Diva Martins Rosas e Silva

**Aplicação do Método AHP para Avaliação de
Projetos Industriais**

Dissertação de Mestrado

Dissertação apresentada como requisito parcial para
obtenção do título de Mestre pelo Programa de Pós-
Graduação em Engenharia Industrial da PUC-Rio.

Orientador: Silvio Hamacher

Rio de Janeiro

Março de 2007



Diva Martins Rosas e Silva

**Aplicação do Método AHP para Avaliação de
Projetos Industriais**

Dissertação apresentada como requisito parcial para obtenção do título de Mestre pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia Industrial da PUC-Rio. Aprovada pela Comissão Examinadora abaixo assinada.

Prof. Silvio Hamacher

Orientador

Departamento de Engenharia Industrial - PUC-Rio

Prof. José Roberto Blaschek

Coordenação Central de Extensão – PUC-Rio

Prof. José Eugênio Leal

Departamento de Engenharia Industrial - PUC-Rio

Sr. Milton Escossia Barbosa Junior

Alunorte - (Grupo CVRD)

Prof. José Eugênio Leal

Coordenador(a) Setorial do Centro Técnico Científico - PUC-Rio

Rio de Janeiro, 14 de março de 2007

Todos os direitos reservados. É proibida a reprodução total ou parcial do trabalho sem autorização da universidade, da autora e do orientador.

Diva Martins Rosas e Silva

Graduou-se em Engenharia de Produção Civil e em Engenharia Civil com ênfase em Engenharia Ambiental pela PUC-Rio, em Dezembro de 2004. Um semestre da graduação foi cursado na University of Illinois at Urbana-Champaign, em 2001. Foi monitora de Cálculo e Física e bolsista de iniciação científica na graduação. Trabalhou na consultoria Accenture e no momento participa do projeto de expansão da Alunorte pela empresa Logos Engenharia.

Ficha Catalográfica

Silva, Diva Martins Rosas e

Aplicação do Método AHP para Avaliação de Projetos Industriais / Diva Martins Rosas e Silva ; orientador: Silvio Hamacher. – 2007.

128 f. : il. ; 30 cm

Dissertação (Mestrado em Engenharia Industrial)–Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2007.

Inclui bibliografia

1. Engenharia industrial – Teses. 2. Gerenciamento de projetos. 3. Projetos de engenharia. 4. Projetos industriais. 5. Analytic Hierarchy Process. 6. Avaliação de desempenho. I. Hamacher, Silvio. II. Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro. Departamento de Engenharia Industrial. III. Título.

CDD: 658.5

Aos grandes professores Raul e Carminha, meus pais.

Agradecimentos

Aos Departamentos de Engenharia Civil e de Engenharia Industrial da PUC-Rio, pela minha formação acadêmica.

À CAPES, pela bolsa no período de créditos do Mestrado.

Ao professor Silvio Hamacher, pela orientação e ensinamentos desde a graduação.

Ao professor José Roberto Blaschek, pela colaboração com indicações bibliográficas no início da etapa da dissertação.

Aos irmãos Guilherme e Clarissa Couri, pelos livros e pela amizade.

À indústria Alunorte e à empresa Logos Engenharia pela oportunidade de pesquisa.

Ao engenheiro e gerente de Engenharia do projeto Alunorte Milton Escossia Barbosa Junior, pela co-orientação e estímulo, essenciais para a evolução da pesquisa.

À engenheira Paula Cunha Lima Giudicelli, pelas contribuições à dissertação e pelos ensinamentos no âmbito profissional.

A todos da equipe Alunorte e da Logos Engenharia, pelo apoio na pesquisa e pelos conhecimentos passados.

À minha família.

A todos os meus amigos e companheiros de estudo.

Resumo

Silva, Diva Martins Rosas e; Hamacher, Silvio. **Aplicação do Método AHP para Avaliação de Projetos Industriais**. Rio de Janeiro, 2007. 128p. Dissertação de Mestrado - Departamento de Engenharia Industrial, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro.

Este trabalho apresenta a aplicação do método AHP (*Analytic Hierarchy Process*) como ferramenta de apoio ao Gerenciamento de Projetos Industriais. O foco de análise é o projeto de expansão da Indústria Alunorte, líder mundial de produção de alumina. O sucesso da implantação de empreendimentos industriais como o da Alunorte depende do desempenho da área de Engenharia do Projeto, cuja responsabilidade abrange a concepção e a coordenação dos diversos projetos de engenharia integrantes do projeto global. Existe uma relação direta entre a competência das empresas executoras dos projetos e o desempenho global de um empreendimento industrial. Portanto, é primordial garantir e mensurar a qualidade da Engenharia. A presente pesquisa propõe uma avaliação dessas empresas através de um índice único que traduz as características qualificadoras e essenciais de um projeto de engenharia. O método AHP facilitou a estruturação lógica do problema e a geração de resultados baseados em aspectos quantitativos e qualitativos. Como consequência, o índice desenvolvido provê uma ferramenta para as tomadas de decisão de contratação de empresas de projetos e para a busca pela excelência da qualidade. Ademais, a partir das análises gerais obtidas em um estudo de caso específico, o trabalho visa contribuir para o aprimoramento da gestão de projetos industriais.

Palavras-chave

Gerenciamento de Projetos, Projetos de Engenharia, Projetos Industriais, Analytic Hierarchy Process, Avaliação de Desempenho

Resumo

Silva, Diva Martins Rosas e; Hamacher, Silvio. **Application of the AHP Method for Evaluation of Industrial Projects**. Rio de Janeiro, 2007. 128p. MSc. Dissertation – Industrial Engineering Department, PUC-Rio.

This work presents the application of the method of the Analytic Hierarchy Process (AHP) as tool of support to the Management of Industrial Projects. The focus of this study is the expansion project of the Alunorte industry, worldwide leader of alumina production. The success of industrial enterprises implementation such as the Alunorte project depends on the performance of the Engineering area of the Project, which is responsible for the conception and coordination of the several engineering projects integrating the global project. A direct relation exists between the effectiveness of the engineering contractors (designers) and the global performance of an industrial enterprise. Therefore, it is primordial to guarantee and to measure the quality of Engineering. The present research considers an evaluation of the engineering designers through a single index that evaluates the essential qualifications of an engineering project. The AHP method provided a basis for establishing the logical problem and generating results on quantitative and qualitative aspects. As a consequence, the index developed represents a tool for decision making process of engineering contracts practices and quality excellence achievement. Moreover, the analyses of a specific case study may contribute to the management of general industrial projects.

Key Words

Project Management, Engineering Projects, Industrial Projects, Analytic Hierarchy Process, Performance Evaluation

Sumário

1	Introdução	14
2	Projetos e Gerenciamento de Projetos	18
2.1.	Projeto	18
2.2.	Gestão de Projetos	19
2.2.1.	Sucesso de Projetos	20
2.2.2.	Planejamento de Projetos	22
2.3.	Projetos de Engenharia	25
2.3.1.	A Engenharia de Projeto	30
2.4.	A Engenharia de Projeto Industrial e as Áreas de Gerenciamento de Projetos	32
2.5.	Considerações	33
3	O Método AHP – <i>Analytic Hierarchy Process</i>	36
3.1.	Introdução	37
3.2.	Benefícios, Limitações e Aplicações do AHP	38
3.3.	A Hierarquia	40
3.4.	O Processo de Hierarquização do AHP	42
3.5.	AHP e o Gerenciamento de Projetos	48
4	Metodologia de Pesquisa	50
4.1.	Estratégia de Pesquisa	50
4.2.	Unidade de Análise	52
4.3.	Etapas da Pesquisa	53
5	O Estudo de Caso	67
5.1.	Dados Característicos da Engenharia do Projeto Alunorte	67
5.2.	Necessidade da Engenharia do Projeto Alunorte	71
6	Desenvolvimento da Pesquisa Aplicada	72

6.1. Critérios do Problema	72
6.2. Hierarquia do Problema	75
6.2.1. Segurança, Saúde e Meio Ambiente (SSMA)	78
6.2.2. Qualidade Técnica	78
6.2.3. Eficácia (Cumprimento do Escopo dentro do Prazo Contratual)	79
6.2.4. Eficiência (Cumprimento do Escopo com Otimização dos Recursos)	80
6.2.5. Tecnologia Aplicada ao Setor de Engenharia	82
7 Análise dos Resultados	83
7.1. Classificação Geral das Projetistas	83
7.2. Prioridades dos Critérios e Subcritérios	84
7.3. Análise Gráfica da Sensibilidade dos Critérios	89
7.4. Análise Gráfica da Classificação Geral das Projetistas	99
7.5. Considerações	105
8 Conclusões	107
Bibliografia	110
Apêndice 1	114
Áreas de Gerenciamento de Projeto	114
Integração do Projeto	114
Escopo do Projeto	114
Tempo do Projeto	114
Custos do Projeto	115
Qualidade do Projeto	115
Recursos Humanos do Projeto	115
Comunicações do Projeto	116
Riscos do Projeto	116
Aquisições do Projeto	116
Segurança	117
Meio Ambiente	117
Financiamento	117

Reivindicações Legais	117
Apêndice 2	118
Tipos de Contratos	118
Preço Fixo	118
Preço Unitário	119
Preço Móvel	120
Contratos Design/Build	121
Turnkey	122
Gerente de Construção	122
Fast Track	123
Apêndice 3	125
Exemplo de AHP (Adaptado de Saaty (1991, pg 22-27)	125
Apêndice 4	128

Lista de figuras

Figura 1 – Evolução dos critérios de sucesso de Gerenciamento de Projeto. Fonte: Cooke-Davies (2006).	21
Figura 2 – Estruturação da metodologia. Fonte: Kerzner (2002)	23
Figura 3 – Exemplo de EAP de cinco níveis. Fonte: Kerzner (1979)	24
Figura 4 – Ciclos de vida de projetos típicos. Fonte: PMBOK Construction (2003)	27
Figura 5 – Índice Randômico Médio do AHP. Fonte: Saaty (1991)	47
Figura 6 – As Cinco Grandes Fases da Metodologia de Pesquisa. Fonte: Elaborada pela autora (2006).	54
Figura 7 - Exemplo 1 de Formato da Hierarquia do Problema. Fonte: Elaborada pela autora (2007)	57
Figura 8 – Exemplo 2 de Formato da Hierarquia para o Estudo de Caso. Fonte: Elaborada pela autora (2006).	57
Figura 9 – Convergência de várias fontes de evidências. Fonte: Yin (2005)	61
Figura 10 – Não-convergência de várias fontes de evidências. Fonte: Yin (2005)	61
Figura 11 – Esquema Detalhado das Fases da Metodologia de Pesquisa	66
Figura 12 - Estrutura do Empreendimento: agrupamento dos subprojetos em contratos com empresas de projetos (elaboração pela autora)	69
Figura 13 – Critérios do Problema	73
Figura 14 – Configuração Final da Hierarquia	76
Figura 16 – Prioridades Não Normalizadas	83
Figura 17 – Prioridades Normalizadas	84
Figura 18 – Prioridades dos Cinco Critérios Qualificadores	84
Figura 19 – Prioridades dos Subcritérios de Qualidade Técnica	87
Figura 20 – Prioridades dos Subcritérios de Tecnologia aplicada ao setor de Engenharia	88
Figura 21 – Gráfico de Análise de Sensibilidade do Critério SSMA	90

Figura 22 – Gráfico de Análise de Sensibilidade do Critério Qualidade Técnica	91
Figura 23 - Gráfico de Análise de Sensibilidade do Critério Tecnologia	92
Figura 24 – Gráfico de Análise de Sensibilidade do Critério Eficiência	93
Figura 25 – Gráfico de Análise de Sensibilidade do Critério Eficácia	94
Figura 26 – Prioridades Não Normalizadas – Opção 2 de Escala	95
Figura 27 – Prioridades Normalizadas – Opção 2 de Escala	95
Figura 28 – Gráfico de Análise de Sensibilidade do Critério Eficiência com Opção 2 de Escala	97
Figura 29 - Gráfico de Análise de Sensibilidade do Critério Eficácia com Opção 2 de Escala	98
Figura 30 – Gráfico SSMA <i>versus</i> Qualidade Técnica	100
Figura 32 – Gráfico Tecnologia <i>versus</i> Eficácia	104
Figura 33 – Gráfico Tecnologia <i>versus</i> Qualidade Técnica	104

Lista de tabelas

Tabela 1 – Comparações do AHP. Fonte: Saaty (1991)	43
Tabela 2 – Disciplinas do Empreendimento	67
Tabela 3 – Áreas do Empreendimento	68