



Aderson Campos Passos

**Definição de um índice de qualidade para distribuidoras de
energia elétrica utilizando o apoio multicritério à decisão
e análise de séries temporais**

Dissertação de Mestrado

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

Orientador: Prof. Reinaldo Castro Souza

Rio de Janeiro, 29 de outubro de 2010.



Aderson Campos Passos

Definição de um índice de qualidade para distribuidoras de energia elétrica utilizando o apoio multicritério à decisão e análise de séries temporais

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

Prof. Reinaldo Castro Souza

Orientador

Departamento de Engenharia Elétrica - PUC-Rio

Prof. José Eugênio Leal

Departamento de Engenharia Industrial - PUC-Rio

Prof. Carlos Francisco Simões Gomes

UFF/IBMEC

Prof. Luiz Flávio Autran Monteiro Gomes

IBMEC

Prof. José Eugênio Leal

Coordenador Setorial do Centro Técnico-Científico - PUC-Rio

Rio de Janeiro, 29 de outubro de 2010.

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

Aderson Campos Passos

Graduou-se em Engenharia Elétrica pelo Instituto Militar de Engenharia em 1999. Mestre em Administração de Empresas pelo Ibmec do Rio de Janeiro em 2002. Professor do Instituto Militar de Engenharia desde 2005.

Ficha Catalográfica

Passos, Aderson Campos

Definição de um índice de qualidade para distribuidoras de energia elétrica utilizando o apoio multicritério à decisão e análise de séries temporais / Aderson Campos Passos; orientador: Reinaldo Castro Souza – 2010.

101f. : il. (color.) ; 30 cm

Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica) – Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, 2010.

Incluibibliografia

1. Engenharia Elétrica – Teses. 2. AHP. 3. Amortecimento Exponencial. 4. Método Híbrido. 5. Índice de Qualidade. 6. Distribuidoras de Energia Elétrica. I. Souza, Reinaldo Castro. II. Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro. Departamento de Engenharia Elétrica. III. Título.

CDD: 621.3

À minha esposa Márcia e meus filhos Felipe e Henrique,
amores de minha vida, motivo da minha felicidade,
razão do meu trabalho.

Agradecimentos

Momentos de sucesso não se constroem sozinhos. Precisam do apoio dos vários que estão ao nosso redor e que são fundamentais para a paz e concentração, fundamentais para o trabalho.

A Deus que conduz a minha vida.

À minha esposa Márcia que me ajuda a balancear os compromissos de casa como os do trabalho e me incentiva fortemente.

Aos meus filhos Felipe e Henrique que, sem saber, me fazem uma pessoa melhor, mais produtiva e mais focada.

Aos meus pais que me puseram nesse mundo e souberam contornar inúmeras dificuldades para que eu chegasse até aqui.

À minha sogra Célia, grande incentivadora, que me proporcionou paz e tranquilidade em momentos decisivos desse estudo.

Ao meu sogro Licínio, pelos conselhos e ajuda constante.

Ao meu orientador, Prof. Reinaldo, farol e exemplo do que quero ser, pela confiança no meu trabalho e autonomia proporcionada.

Ao Prof. Luiz Flávio Autran Monteiro Gomes, orientador do primeiro mestrado que fiz. Está até hoje presente em minha vida profissional, tirando dúvidas, aconselhando e, gentilmente, participa da banca desse trabalho.

Ao Prof. Carlos Francisco Simões Gomes, pela leitura dedicada do texto final e pelas contribuições relevantes para a sua melhoria.

Aos meus chefes do Instituto Militar de Engenharia que me permitiram dividir as atividades de trabalho com o estudo. Em especial, agradeço ao Gen Bda Emílio

Carlos Acocella, ao Cel Edmundo Lopes Cecílio, ao Cel Antônio Carlos Freire de Almeida, ao Prof. José Carlos Amorim e ao Cel José Geraldo Telles Ribeiro. Todos fundamentais para que eu concluísse os meus estudos.

Resumo

Passos, Aderson Campos; Souza, Reinaldo Castro. **Definição de um índice de qualidade para distribuidoras de energia elétrica utilizando o apoio multicritério à decisão e análise de séries temporais.** Rio de Janeiro, 2010. 101p. Dissertação de Mestrado - Departamento de Engenharia Elétrica, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro.

O presente trabalho desenvolve um método híbrido com a finalidade de criar um índice de qualidade para distribuidoras de energia elétrica. Esse método é construído através da fusão do Método de Análise Hierárquica (AHP) e Técnicas de Amortecimento Exponencial. Com isso, é possível avaliar uma distribuidora levando em conta múltiplos critérios e seus diversos índices passados.

Palavras-chave

método híbrido, AHP, amortecimento exponencial, índice de qualidade, distribuidoras de energia elétrica, redução da interdependência entre critérios.

Abstract

Passos, Aderson Campos; Souza, Reinaldo Castro (advisor). **Definition of a quality index for electric power distribution companies using multiple criteria decision support and time series analysis.** Rio de Janeiro, 2010. 101p.MSc. Dissertation- Departamento de Engenharia Elétrica, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro.

This work develops a hybrid method in order to create a quality index for electric power distribution companies. This method is built through the merger of the Analytical Hierarchy Process (AHP) and exponential smoothing techniques. Thus, it is possible to evaluate a distribution company taking into account multiple criteria and its several indexes in the past.

Keywords

hybrid method, AHP, exponential smoothing, quality index, electric power distribution companies, reduction of the interdependence between criteria.

Sumário

1	Introdução	13
2	Aspectos Iniciais da Teoria da Decisão	16
2.1	O valor de decidir bem	16
2.2	Classificações em análise de decisão multicritério	17
2.3	Fases do processo decisório	20
3	Razões para um índice de qualidade para distribuidoras de energia	26
3.1	Idéias gerais sobre qualidade	26
3.2	Histórico da qualidade	26
3.3	Conceitos e dimensões da qualidade	29
3.4	Gestão por processos e definição de indicadores	33
3.5	Oportunidades de melhoria no mercado de distribuição	37
4	O Método de Análise Hierárquica	39
4.1	Introdução	39
4.2	Estruturação do modelo	41
4.3	Coleta de dados sobre os critérios	42
4.3.1	Avaliação das alternativas em relação aos critérios	45
4.3.2	Análise de inconsistência	47
4.4	Obtenção do resultado final	51
4.5	Análise de sensibilidade	52
4.6	Decisão em grupo	52
5	Noções sobre Amortecimento Exponencial	54
5.1	Conceitos iniciais	54
5.2	Método ingênuo	55
5.3	Médias móveis simples	55
5.4	Amortecimento exponencial simples	56

6	Classificação das Distribuidoras de Energia Elétrica	58
6.1	Formulação dos critérios e definição dos pesos relativos	58
6.2	Avaliação da distribuidora com relação a cada um dos critérios	63
6.3	Determinação da avaliação final da distribuidora	68
6.4	Análise de sensibilidade	72
7	Conclusão e Análise de Resultados	76
	Referências	78
	ANEXO A - Utilização do Método da Minimização Heurística das Interdependências (MMHI): estudo de caso de seleção de escolas	84
A.1	Introdução	84
A.2	O método da minimização heurística da interdependência entre critérios (MMHI)	85
A.3	Escolha de critérios para o problema de seleção de escolas	87
A.4	Conclusão do estudo de caso	91
	ANEXO B - Seleção de Tecnologias de Comunicações no Exército Brasileiro	93
B.1	Introdução	93
B.2	Preenchimento do julgamento das matrizes	96
B.3	Coleta de dados para as alternativas e resultado final	98
B.4	Análise de sensibilidade	101

Lista de Figuras

Figura 2.1	Classificação da MCDA de acordo com o tipo de alternativa analisado	18
Figura 2.2	Exemplo de árvore de critérios	24
Figura 3.1	Modelo de estrutura funcional	34
Figura 3.2	Modelo de estrutura por processos	36
Figura 4.1	Modelo de estrutura hierárquica do AHP	40
Figura 6.1	Estrutura hierárquica proposta em Villela (2009)	59
Figura 6.2	Estrutura hierárquica para classificação de distribuidoras de energia	62
Figura 6.3	Variáveis para a construção do índice IASC	65
Figura 6.4	Gráfico representativo da equação de utilidade para DEC e FEC	73
Figura B.1	Estrutura hierárquica do subsistema rádio de combate	94
Figura B.2	Tela do software EC 11.5, da Expert Choice, mostrando o preenchimento de dados com relação ao critério capacidade C2 em movimento	99
Figura B.3	Tela do software EC 11.5, da Expert Choice, mostrando o modelo montado e com solução no canto superior direito	100
Figura B.4	Tela do software EC 11.5, da Expert Choice, mostrando opções gráficas para a realização da análise de sensibilidade	101

Lista de Tabelas

Tabela 3.1	Gestão funcional versus gestão por processos	34
Tabela 4.1	Matriz de comparações paritárias	42
Tabela 4.2	Escala fundamental de Saaty	43
Tabela 4.3	Exemplo genérico de matriz de comparações paritárias	44
Tabela 4.4	Vetor de pesos associado à tabela 3.4	44
Tabela 4.5	Julgamentos das classes de usos do solo em Kuchler	46
Tabela 4.6	Escala de valores para o critério uso do solo em Kuchler	46
Tabela 4.7	Limites sugeridos para a razão de consistência (RC)	51
Tabela 6.1	Avaliação do critério qualidade na satisfação	60
Tabela 6.2	Avaliação do critério qualidade técnica	60
Tabela 6.3	Avaliação do critério qualidade no atendimento	61
Tabela 6.4	Análise consolidada dos critérios	62
Tabela 6.5	Pesos dos critérios	63
Tabela 6.6	Simulação dos valores de $\alpha(1-\alpha)^5$	70
Tabela 6.7	Dados obtidos para uma distribuidora em 2008	71
Tabela 6.8	Dados entre 0 (zero) e 10 (dez) e índices mensais	71
Tabela 6.9	Índices de qualidade mensais $v(t)$, contribuições para V_d	72
Tabela 6.10	Dados para o cálculo do valor do índice de qualidade	74
Tabela 6.11	Notas entre 0 (zero) e 10 (dez) para os critérios considerados	74
Tabela 6.12	Índices de qualidade mensais $v(t)$, contribuições para V_d	74
Tabela A.1	Matriz de análise dos critérios	86
Tabela A.2	Matriz de análise dos critérios para seleção de escolas	90
Tabela A.3	Tabela com critérios finais escolhidos	91
Tabela B.1	Princípios gerais de emprego das comunicações no EB	94
Tabela B.2	Matriz dos subcritérios de <i>Usabilidade</i>	96
Tabela B.3	Matriz dos subcritérios de <i>Desempenho</i>	97
Tabela B.4	Matriz dos subcritérios de <i>Escalabilidade</i>	97