

**XIV SEMINÁRIO NACIONAL DE DISTRIBUIÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA**

**APLICAÇÃO DE TÉCNICA DE ANÁLISE CONSIDERANDO MÚLTIPLOS CRITÉRIOS  
COMO FERRAMENTA DE AUXÍLIO À TOMADA DE DECISÃO**

Autores:

FERNANDO MONTEIRO DE FIGUEIREDO  
CEB - COMPANHIA ENERGÉTICA DE BRASÍLIA e  
UnB – UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA  
JOSÉ ANTÔNIO JARDINI  
EPUSP - ESCOLA POLITÉCNICA DA USP

Palavras-chave: múltiplos critérios, tomada de decisão, método AHP, Análise hierárquica de processos

FOZ DO IGUACÚ, 19 a 23 de novembro de 2000

## 1 INTRODUÇÃO

Este trabalho apresenta a aplicação de uma metodologia de análise considerando a utilização de múltiplos critérios (AHP - Análise Hierárquica de Processos) como ferramenta de auxílio à tomada de decisão. Trata-se de um instrumento que considera as diversas variáveis envolvidas, como forma de auxiliar a decisão final.

A metodologia é introduzida através de um exemplo de comparação entre a aplicação de redes aéreas convencionais, utilizando cabos nus, redes aéreas compactas, com cabos isolados e redes subterrâneas. Em seguida são apresentadas, a título de ilustração, outras aplicações:

- comparação entre as alternativas de investimento em eficiência energética versus expansão da oferta de energia, como forma de atender ao mercado futuro de energia;
- análise das alternativas do montante de energia a ser comprometido, através dos contratos de longo prazo, com relação ao mercado previsto; e,
- escolha entre as opções de construção de um circuito duplo ou dois circuitos simples.

Para facilitar a utilização da metodologia foi desenvolvido um aplicativo em EXCEL que é descrito na parte final do trabalho.

## 2 METODOLOGIAS DE MÚLTIPLOS CRITÉRIOS E APLICAÇÕES DO MÉTODO

Este método permite que se considere outros aspectos além das avaliações econômicas geralmente realizadas e utilizadas como critério único de decisão.

Metodologias tradicionais baseadas puramente em critérios de análise econômico-financeira apresentam dificuldade de incorporação de fatores qualitativos. Muitos fatores que influenciam e sofrem influências das decisões precisam ser considerados. A escolha da melhor alternativa deve, portanto, estar baseada em métodos que contemplem a utilização de mais de um critério.

Os métodos de tomada de decisão com múltiplos critérios (ou multicritérios) são técnicas que complementam as metodologias tradicionais (*MCDM - Multiple Criteria Decision Making*).

Neste trabalho será adotado o método de análise hierárquica (*AHP-Analytic Hierarchy Process*) desenvolvido por Tomas L. Saaty na década de 70.

Sua premissa básica é a resolução de um problema decompondo-o em diversas partes, interligadas por uma estrutura hierárquica. As alternativas de atuação, para atingir a um objetivo determinado, são classificadas de acordo com critérios pré-estabelecidos. Os critérios são comparados aos pares através da determinação de pesos relativos, pelos decisores.

O método AHP tem o poder de incluir e medir fatores importantes, qualitativos e/ou quantitativos sejam eles tangíveis ou intangíveis. Sua facilidade de uso, por ser um processo flexível, apela para a lógica e ao mesmo tempo, utiliza a intuição. É um método simples e robusto.

### 2.1 ESCOLHA DO TIPO DE REDES

A primeira aplicação do método apresentada neste trabalho e utilizada para introduzir a metodologia compara a utilização de três tipos de sistemas de distribuição: rede aérea convencional com cabos nus, rede aérea protegida com cabos cobertos (compacta) e rede subterrânea.

É importante destacar que esta ferramenta apenas auxilia a tomada de decisão levando em conta critérios qualitativos muitas vezes difíceis de mensurar. Não pretende substituir as considerações e ponderações dos técnicos especialistas nos assuntos específicos.

Para o presente exemplo é evidente que a comparação entre os três tipos de sistema somente teria sentido para aplicação num local onde fossem viáveis técnica e economicamente.

**Alternativas:** Rede aérea com cabos nus (AÉREA), Rede aérea protegida com cabos cobertos (COMPACTA) e Rede subterrânea (SUBTERRÂNEA).

**Crítérios utilizados:** Custo da implementação, Impactos no meio ambiente, Custo de operação e manutenção, Imagem da empresa, Tempo para recuperação de defeitos, Confiabilidade / perda de receita e Segurança de técnicos da empresa e de terceiros.

Apesar de não ser o objetivo deste estudo é importante destacar que cada um desses critérios precisa ter uma metodologia de medição própria.

O primeiro passo da metodologia consiste na comparação par a par entre os critérios. Para enriquecer a aplicação do método pode-se realizar esta fase por mais de um técnico envolvido no processo de decisão.

Os critérios são comparados aos pares quanto ao grau de predominância de um com relação ao outro,

através de uma escala de julgamento, conforme ilustrado na Tabela 1.

**Tabela 1 - Modelo de tabela utilizada na comparação dos critérios**

<b>Coluna A</b>	Absoluta	Muito forte	Forte	Fraca	Igual	Fraca	Forte	Muito forte	Absoluta	<b>Coluna B</b>
Meio ambiente										Custo de O&M

A comparação entre os métodos gera uma matriz onde são assumidos valores de acordo com uma escala que é composta de números inteiros de 1 a 9, conforme a seguinte convenção:

- se os critérios forem iguais em importância atribui-se o valor 1;
- se um critério for um pouco mais importante do que o outro atribui-se o valor 3;
- se um critério for muito mais importante do que o outro atribui-se o valor 5;
- se um critério for fortemente mais importante do que o outro atribui-se o valor 7;
- se um critério for absolutamente mais importante do que o outro atribui-se o valor 9;
- os números 2, 4, 6 e 8 são usados para julgamentos levemente diferentes.

Para o caso do exemplo que está sendo desenvolvido para explanação da metodologia obteve-se a matriz apresentada na Tabela 2.

Uma das principais características do método é que ele reflete a opinião do(s) decisor(es). Os resultados contidos na Tabela 2 poderiam ser diferentes se a aplicação do método fosse realizada por outra pessoa.

Para entendimento da Tabela 2 exemplifica-se a seguir: o número 7 na célula referente a Custo da implementação e Custo de O&M significa que o primeiro critério foi considerado pelo decisor com uma predominância muito forte quando comparado com o outro.

Os números entre parênteses significam que a predominância é do critério colocado naquela coluna sobre o critério da linha. O número (7) colocado na célula referente a Segurança e Imagem da empresa significa que o primeiro critério tem uma predominância muito forte sobre o outro critério, na visão do decisor que preencheu a matriz.

**Tabela 2 - Matriz resultante do grau de predominância relativa entre os critérios**

	Meio ambiente	Custo de O&M	Imagem da empresa	Tempo de recuperação de defeitos	Confiabilidade /perda de receita	Segurança (acidentes)
Custo da Implementação	3	7	3	3	3	1
Meio ambiente		7	3	3	3	1
Custo de O&M			(7)	(7)	(7)	(9)
Imagem da empresa				1	1	(7)
Tempo de recuperação de defeitos					1	(5)
Confiabilidade / perda de receita						(5)

Concluída essa etapa da metodologia processam-se as informações para que se obtenha o vetor com as prioridades, ou pesos relativos dos critérios.

A resolução da matriz resulta no auto-vetor de prioridades, o qual expressa as importâncias relativas de cada critério, ou pesos.

A forma mais recomendada de cálculo é elevar-se a matriz a potências arbitrariamente altas, dividindo-se a soma de cada linha pela soma dos elementos da matriz, ou seja normalizando-se os resultados. Isso resulta no auto-vetor de prioridades para ordenação. Essa operação deve ser repetida até que a diferença entre o resultado normalizado da última operação seja bem próximo ao resultado da operação precedente (por ex: diferenças pequenas após a terceira casa decimal).

De posse das importâncias relativas dos critérios é testada a integridade dos julgamentos, calculada pelo índice de inconsistência. O AHP incorpora no próprio método um teste de consistência.

Ilustra-se a consistência através do seguinte exemplo: se o critério **A** é 2 vezes mais importante que o critério **B**, e o critério **B** é 3 vezes mais importante do que o critério **C**, seria perfeitamente consistente que o critério **A** fosse 6 vezes mais importante que o critério **C**. Ocorre que ao se atribuir pesos relativos entre

os critérios essa lógica não é seguida.

De acordo com o método, se o índice de inconsistência for maior que 10%, o decisor ou grupo de decisores deve rever seus julgamentos, buscando torná-los mais consistentes.

Obteve-se como nível de inconsistência nesse caso 6,08 %, sendo aceitável por ser menor do que 10%.

Processados os dados com a metodologia descrita obteve-se como resultado para a importância relativa dos critérios os percentuais apresentados na Tabela 3.

**Tabela 3 - Importância relativa dos critérios**

	Importância relativa dos critérios
Custo da Implementação	26%
Meio ambiente	19%
Custo de O&M	2%
Imagem da empresa	8%
Tempo de recuperação de defeitos	8%
Confiabilidade / perda de receita	8%
Segurança (acidentes)	30%

Destacam-se 3 critérios como os que obtiveram o maior peso: Segurança (30%), Custo da implementação (26%) e Meio Ambiente (19%).

É interessante também destacar que os 3 critérios relacionados com o desempenho do sistema (Imagem da empresa, Tempo de recuperação de defeitos e Confiabilidade / perda de receita) obtiveram a soma de 24% (8% cada um deles)

A próxima etapa da metodologia consiste na verificação do grau de preferência das alternativas considerando cada um dos critérios isoladamente. A Tabela 4 ilustra este procedimento para 2 critérios.

**Tabela 4 - Preferência das alternativas com relação aos critérios isoladamente**

Coluna A	Absoluta	Muito Forte	Forte	Fraca	Igual	Fraca	Forte	Muito forte	Absoluta	Coluna B
Custo da Implementação										
Aérea				X						Compacta
Aérea		X								Subterrânea
Compacta			X							Subterrânea
Meio ambiente										
Aérea								X		Compacta
Aérea									X	Subterrânea
Compacta						X				Subterrânea

Este procedimento gera tantas matrizes quantos forem os critérios, que são processadas da mesma forma que na primeira fase do método.

Na Tabela 5 apresenta-se o nível de preferência das alternativas considerando cada um dos critérios individualmente e o nível de inconsistência de cada matriz. Todos os níveis de inconsistência foram menores que 10%.

**Tabela 5 - Nível de preferência das alternativas considerando os critérios individualmente**

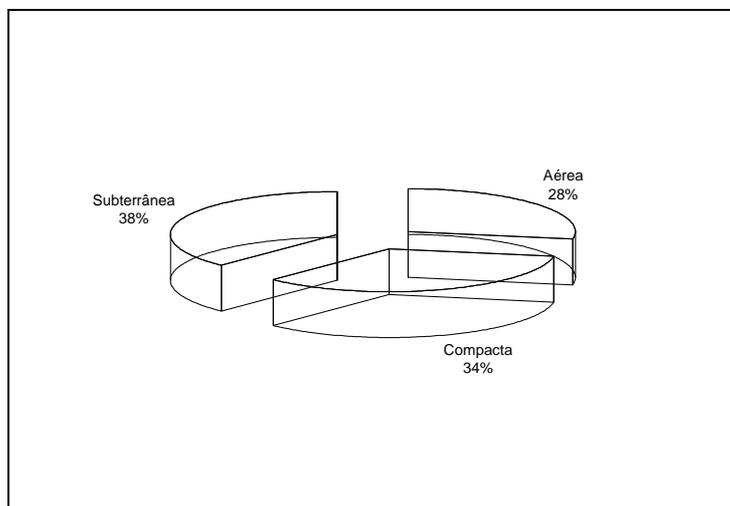
	Aérea	Compacta	Subterrânea	Inconsistência
Custo da Implementação	64,9%	27,9%	7,2%	6,24%
Meio ambiente	5,5%	29,0%	65,5%	7,72%
Custo de O&M	10,5%	25,8%	63,7%	3,70%
Imagem da empresa	5,3%	47,4%	47,4%	0,00%
Tempo de reparos	75,1%	17,8%	7,0%	2,79%
Confiabilidade / perda de receita	11,4%	40,5%	48,1%	2,79%
Segurança	7,8%	43,5%	48,7%	1,21%

Com as importâncias relativas dos critérios (Tabela 3) e os níveis de preferência das alternativas de atuação obtidas considerando-se os critérios de forma isolada (Tabela 5) parte-se para a valoração global de cada uma das alternativas, através da soma dos produtos das importâncias relativas dos critérios pelo

nível de preferência da alternativa, dentro naquele critério, obtendo-se a ponderação final. O resultado final obtido é o contido na Tabela 6 e ilustrado na Figura 1.

**Tabela 6 - Valoração final das alternativas**

Aérea	Compacta	Subterrânea
28%	34%	38%



**Figura 1 - Valoração final das alternativas**

#### **ANÁLISE DE SENSIBILIDADE**

Considerando que os resultados obtidos partiram de avaliações subjetivas de decisor(es) é necessário que se faça uma análise de sensibilidade que verifique o comportamento das alternativas quanto a variações nas importâncias relativas dos critérios.

A Figura 2 apresenta o desempenho das alternativas frente a cada um dos critérios.

Verifica-se que a alternativa AÉREA supera as demais para os critérios custo de implementação e tempo de recuperação de defeitos.

A alternativa SUBTERRÂNEA domina as demais para os outros critérios exceto para o critério Imagem da empresa onde ocorre um empate entre as alternativas SUBTERRÂNEA e COMPACTA.

Esta figura demonstra a característica do método que pondera os pesos relativos dos critérios com a preferência das alternativas.

As próximas 7 figuras (Figuras 3, 4, 5, 6, 7, 8 e 9) apresentam, para cada um dos critérios, a repercussão no resultado final do processo, para variações nas prioridades atribuídas aos critérios. Nos gráficos destas figuras a reta vertical indica o valor do peso relativo para o correspondente critério.

Quanto ao critério Custo de implementação (Figura 3) a opção SUBTERRÂNEA supera as outras duas para índices de importância relativa deste critério até 38%. A partir deste ponto a opção AÉREA supera as demais.

Quanto ao critério Meio ambiente (Figura 4) a opção COMPACTA domina as demais para índices de até 10%. A partir deste ponto a opção SUBTERRÂNEA torna-se a escolhida.

Para os critérios Custo de O&M (Figura 5), Imagem da empresa (Figura 6) e Confiabilidade (Figura 8) a alternativa SUBTERRÂNEA supera as outras duas para qualquer índice de importância relativa dos critérios.

Quanto ao critério Tempo de recuperação de defeitos (Figura 7) a alternativa SUBTERRÂNEA domina as demais para índices de importância relativa de até 20%. Acima deste valor a opção AÉREA assume valores superiores às outras duas.

Finalmente para o critério Segurança (acidentes) (Figura 9) a opção AÉREA domina as outras para índices de importância relativa de até 6%. Acima deste valor a opção SUBTERRÂNEA é a escolhida.

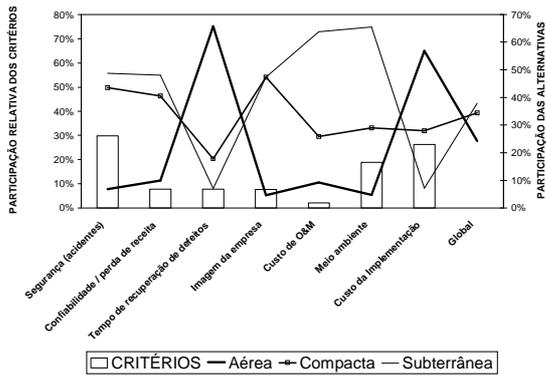


Figura 2 - Desempenho das alternativas quanto aos critérios

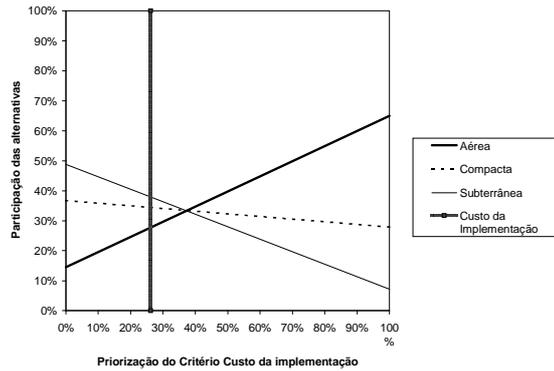


Figura 3 - Alteração nos resultados em função do critério Custo de implementação

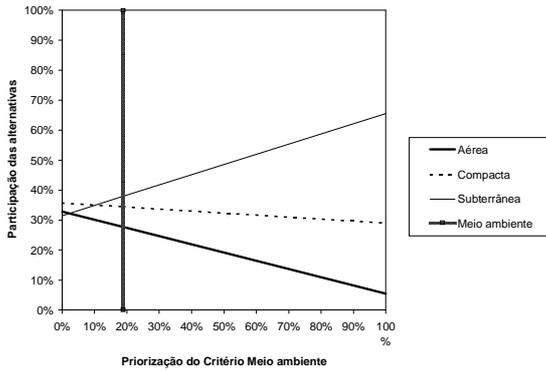


Figura 4 - Alteração nos resultados em função do critério Meio ambiente

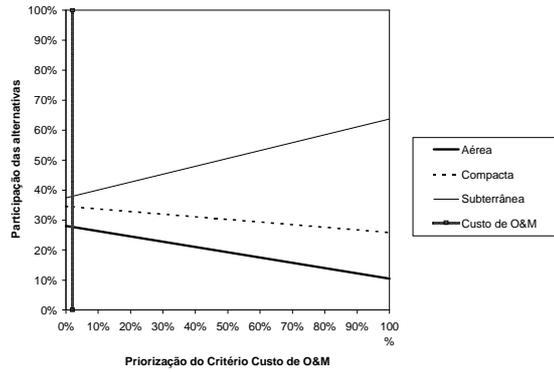


Figura 5 - Alteração nos resultados em função do critério Custo de O&M

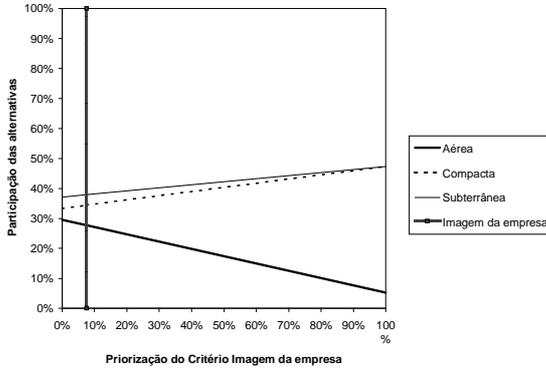


Figura 6 - Alteração nos resultados em função do critério Imagem da empresa

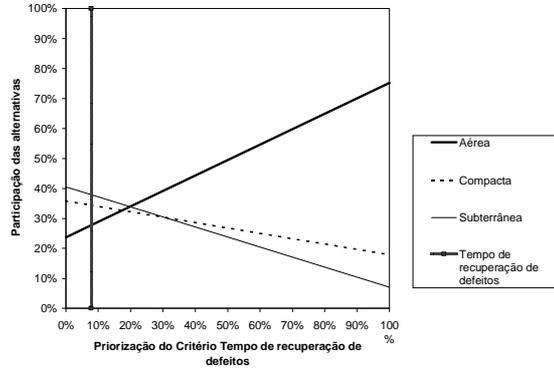


Figura 7 - Alteração nos resultados em função do critério Tempo de recuperação de defeitos

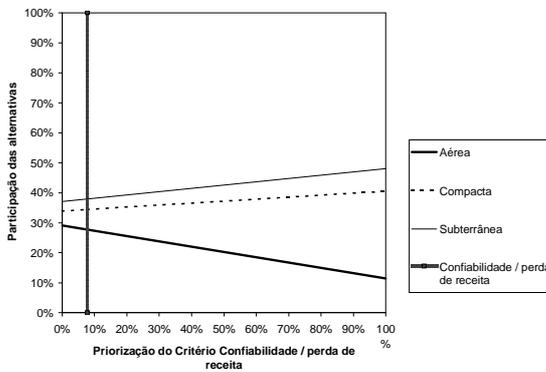


Figura 8 - Alteração nos resultados em função do critério Confiabilidade / perda de receita

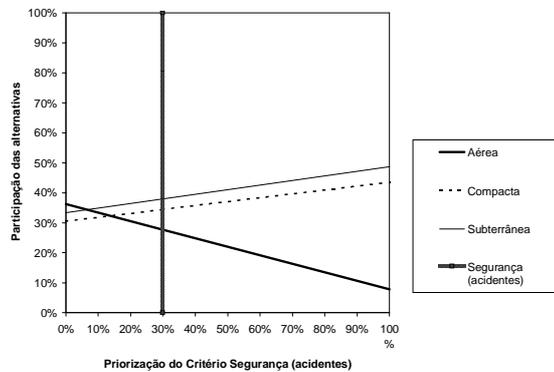


Figura 9 - Alteração nos resultados em função do critério Segurança (acidentes)

Concluída a explanação do método AHP, para auxílio na tomada de decisão, são apresentados nos itens seguintes outras aplicações da metodologia para ilustrar sua versatilidade.

## 2.2 EFICIÊNCIA ENERGÉTICA VERSUS EXPANSÃO DA OFERTA

**Objetivo:** Definir se determinados recursos deverão ser investidos em programas de eficiência energética ou se deverão ser concentrados na expansão da oferta de energia.

**Alternativas:** Investimento em eficiência energética ou Investimento em expansão da oferta de energia.

**Crítérios:** Avaliação econômica, Geração de empregos, Impactos no meio ambiente, Risco de não atender ao mercado previsto, Confiabilidade dos componentes e do conjunto e promoção de Desenvolvimento tecnológico.

### RESULTADOS

**Tabela 7 - Importância relativa dos critérios**

	Importância Relativa dos Critérios (%)
Avaliação econômica	38,1
Geração de empregos	5,4
Meio ambiente	30,0
Risco	8,9
Confiabilidade	13,9
Desenvolvimento tecnológico	3,6

O nível de inconsistência obtido foi de 8% sendo, portanto, um valor aceitável.

Dos resultados obtidos verifica-se que o critério avaliação econômica tem um peso considerável (38,1%) na visão de quem analisou o problema, mas destaca-se também o critério meio ambiente, que obteve 30% de importância relativa.

**Tabela 8 -- Níveis de preferência das alternativas**

	Eficiência energética (%)	Expansão na oferta (%)
Avaliação econômica	50,00	50,00
Geração de empregos	75,00	25,00
Meio ambiente	87,50	12,50
Risco	16,67	83,33
Confiabilidade	16,67	83,33
Desenvolvimento tecnológico	83,33	16,67

**Tabela 9 - Valoração global das alternativas**

Eficiência energética	Expansão na oferta
56,2	43,8

A Figura 10 ilustra o resultado final na visão dos decisores.

### ANÁLISE DE SENSIBILIDADE

A Figura 11 apresenta o desempenho das alternativas frente a cada um dos critérios.

Verifica-se que a alternativa de aplicação de eficiência energética domina a alternativa de expansão na oferta para os critérios desenvolvimento tecnológico, meio ambiente e geração de empregos. A situação se inverte quando os critérios são confiabilidade, risco e avaliação econômica.

As próximas seis figuras (Figuras 12, 13, 14, 15, 16 e 17) apresentam, para cada um dos critérios, a repercussão no resultado final do processo, para variações nas prioridades atribuídas aos critérios. Nos gráficos das citadas figuras a reta vertical indica o valor do peso relativo para o correspondente critério.

Quanto aos critérios avaliação econômica (Figura 12), geração de empregos (Figura 13) e desenvolvimento tecnológico (Figura 17) verifica-se que, para quaisquer variações nos índices de

importância dos critérios, a alternativa programas de eficiência energética sempre supera a alternativa de expansão na oferta.

Para o critério meio ambiente (Figura 14) a alternativa eficiência energética domina a alternativa de expansão no suprimento para índices de importância relativa deste critério acima de 16%.

Quanto ao critério risco (Figura 15) o domínio da eficiência energética sobre a oferta ocorre para níveis até 23%. A partir deste valor a expansão no suprimento supera a alternativa da eficiência energética.

Da mesma forma para o critério confiabilidade (Figura 16) a alternativa de implementação de eficiência energética supera a expansão na oferta para níveis de importância relativa de até 28%. A partir desse ponto a situação se inverte.

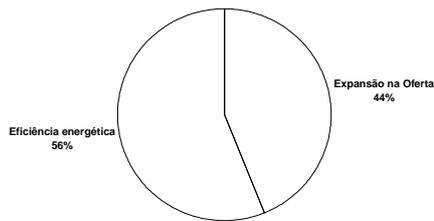


Figura 10 - Valoração relativa das alternativas

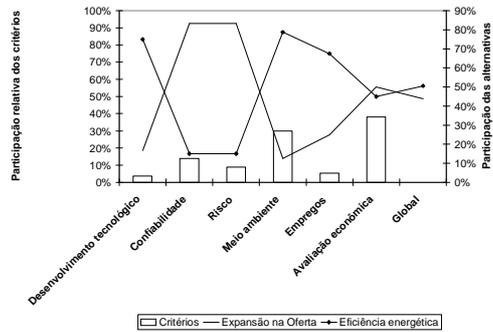


Figura 11 - Desempenho das alternativas quanto aos critérios

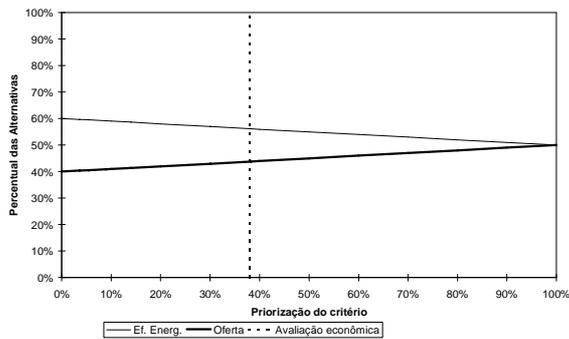


Figura 12 - Alteração nos resultados em função do critério avaliação econômica

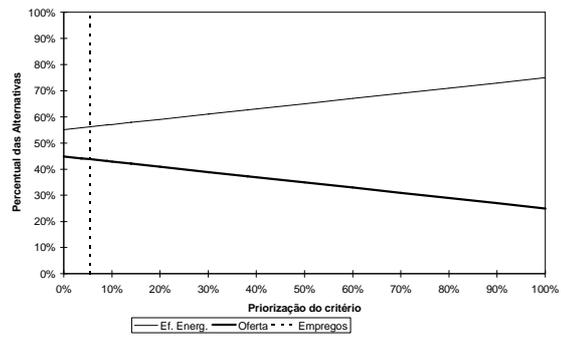


Figura 13 - Alteração nos resultados em função do critério geração de empregos

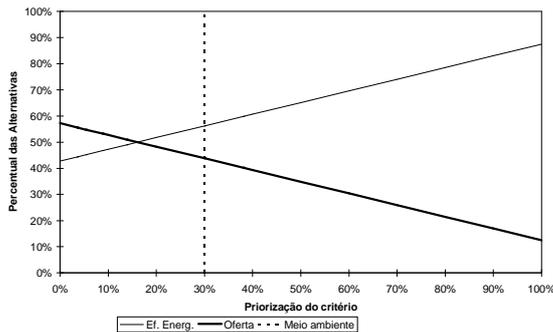


Figura 14 - Alteração nos resultados em função do critério meio ambiente

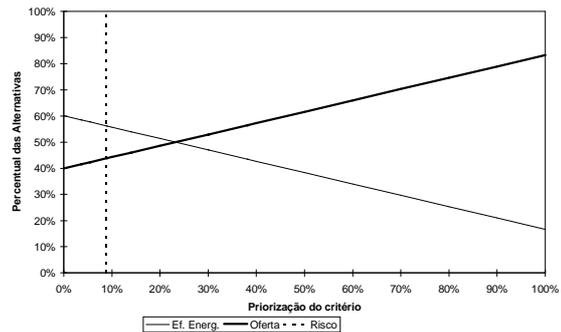


Figura 15 - Alteração nos resultados em função do critério risco

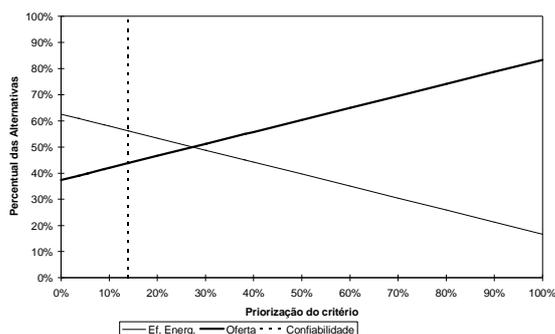


Figura 16 - Alteração nos resultados em função do critério confiabilidade

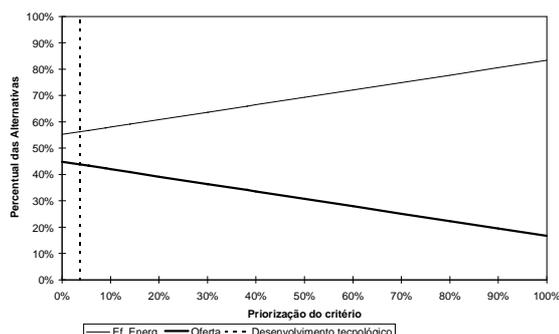


Figura 17 - Alteração nos resultados em função do critério desenvolvimento tecnológico

## 2.3 CONTRATAÇÃO DE ENERGIA

**Objetivo:** Definir o montante de energia a ser contratado através de contratos de longo prazo.

**Alternativas:** Contratar 90%, 100% ou 110% da energia prevista pelo mercado.

**Crítérios:** Oportunidade de outros investimentos, Segurança no suprimento, Possibilidade de ganhos / perdas, Hidraulicidade, Distorção no mercado previsto e Tendência de sobra / escassez.

### RESULTADOS

**Tabela 10 - Importância relativa dos critérios**

	Importância Relativa dos Critérios (%)
Oportunidade de outros investimentos	20,9
Segurança no suprimento	22,7
Possibilidade de ganhos / perdas	12,2
Hidraulicidade	11,8
Distorção no mercado previsto	15,9
Tendência de sobra/ escassez	16,6

O nível de inconsistência obtido foi de 10% sendo, portanto, um valor no limite aceitável.

**Tabela 11 - Nível de preferência das alternativas considerando os critérios individualmente**

	Contratar 90%	Contratar 100%	Contratar 110%
Oportunidade de outros investimentos	67%	17%	17%
Segurança no suprimento	8%	33%	59%
Possibilidade de ganhos / perdas	20%	60%	20%
Hidraulicidade	18%	58%	23%
Distorção no mercado previsto	25%	59%	16%
Tendência de sobra/ escassez	31%	49%	20%

**Tabela 12 - Valoração final das alternativas**

Contratar 90%	Contratar 100%	Contratar 110%
29%	43%	28%

A Figura 18 ilustra o resultado final na visão dos decisores.

### ANÁLISE DE SENSIBILIDADE

A Figura 19 apresenta o desempenho das alternativas frente a cada um dos critérios.

A alternativa de contratar 110% supera as duas outras apenas para o critério segurança no suprimento. A alternativa de contratar 90% obteve o maior percentual que as outras duas apenas para o critério oportunidade de outros investimentos.

Para os demais quatro critérios a alternativa de contratar 100% é a predominante.

Da figura 20 constata-se que a alternativa de contratar 100% é superada pela de contratar 90% se o critério oportunidade de outros investimentos ultrapassar os 36%.

A alternativa contratar 100% é ultrapassada pela de contratar 110% se o critério segurança no suprimento passar de 50% (Figura 21).

As figuras 22, 23, 24 e 25 mostram que a alternativa de contratar 100% nunca é superada pelas demais para quaisquer variações nos critérios possibilidade de ganhos/perdas, hidráulicidade, distorção no mercado previsto e tendência de sobra / escassez.

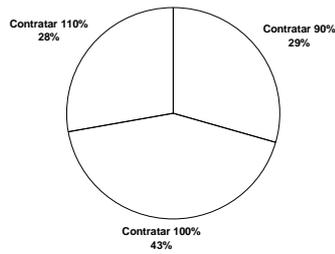


Figura 18 - Valoração relativa das alternativas

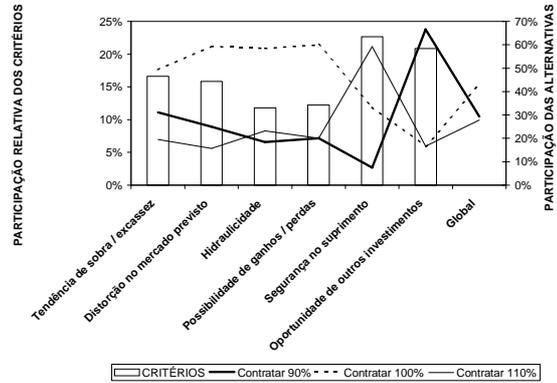


Figura 19 - Desempenho das alternativas quanto aos critérios

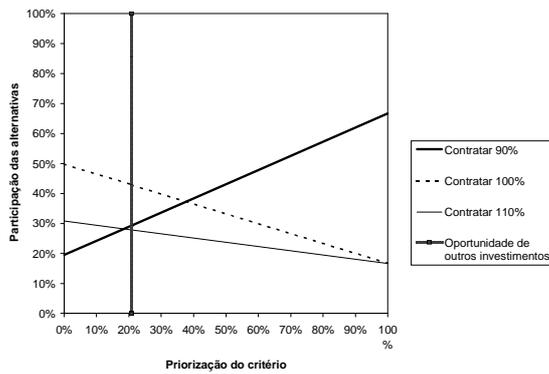


Figura 20 - Alteração nos resultados em função do critério oportunidade de outros investimentos

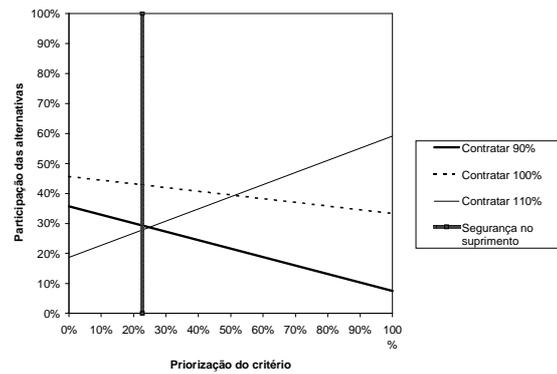


Figura 21 - Alteração nos resultados em função do critério segurança no suprimento

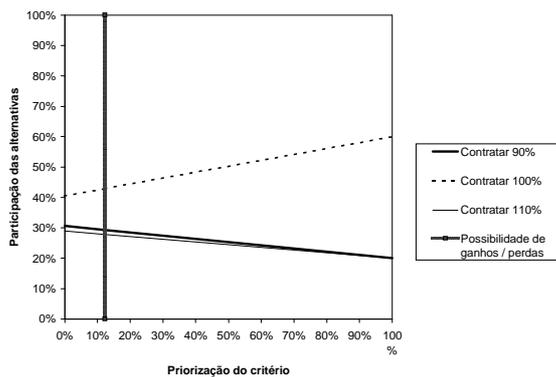


Figura 22 - Alteração nos resultados em função do critério possibilidade de ganhos / perdas

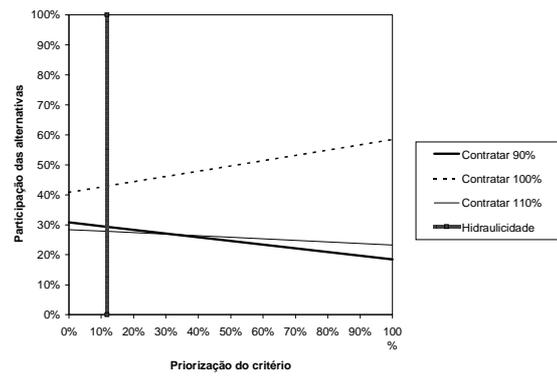


Figura 23 - Alteração nos resultados em função do critério hidráulicidade

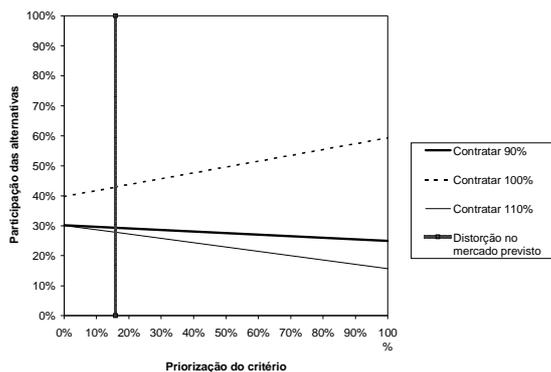


Figura 24 - Alteração nos resultados em função do critério distorção no mercado previsto

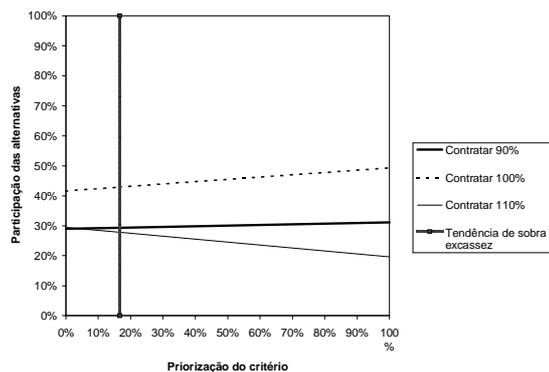


Figura 25 - Alteração nos resultados em função do critério tendência de sobra / escassez

## 2.4 CONSTRUÇÃO DE UM CIRCUITO DUPLO OU DOIS CIRCUITOS SIMPLES

**Objetivo:** Decidir entre investir na construção de um circuito duplo ou de dois circuitos simples.

**Alternativas:** Construir um circuito duplo ou dois circuitos simples.

**Obs.:** Redes com cabos nus (convencional).

**Crítérios:** Custo da implantação, Impacto ambiental, Segurança, Confiabilidade, Aspectos de manutenção e Execução de serviços.

### RESULTADOS

**Tabela 13 - Importância relativa dos critérios**

	Importância Relativa dos Critérios (%)
Custo de implantação	19,9
Impacto ambiental	23,2
Segurança	25,3
Confiabilidade	17,4
Aspectos de manutenção	6,8
Execução de serviços	7,3

O nível de inconsistência obtido foi de 7,3% sendo, portanto, um valor dentro do limite aceitável.

**Tabela 14 - Níveis de preferência das alternativas**

	Um circuito duplo (%)	Dois circuitos simples (%)
Custo de implantação	83,3	16,7
Impacto ambiental	90,0	10,0
Segurança	25,0	75,0
Confiabilidade	25,0	75,0
Aspectos de manutenção	16,7	83,3
Execução de serviços	20,0	80,0

**Tabela 15 - Valoração global das alternativas**

Um circuito duplo (%)	Dois circuitos simples (%)
50,8	49,2

A Figura 26 apresenta o resultado obtido e contido na Tabela 15.

### ANÁLISE DE SENSIBILIDADE

A Figura 27 apresenta o desempenho das alternativas frente a cada um dos critérios. Como pode-se observar o resultado encontrado ficou muito próximo de um empate. Da análise das figuras 28 e 29 observa-se que se os pesos relativos dos critérios custo de implantação e impacto ambiental crescerem a decisão permanece a favor do circuito duplo enquanto que se reduzirem a decisão recai nos circuitos simples. As Figuras 30, 31, 32 e 33 mostram que para os critérios segurança, confiabilidade, aspectos de manutenção e execução de serviços a situação é exatamente contrária. Se os pesos crescerem a decisão se inverte e se os pesos diminuïrem a decisão permanece a mesma.

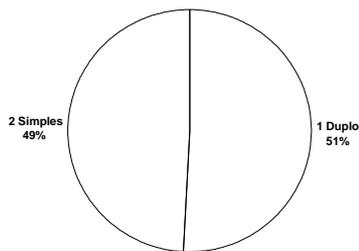


Figura 26- Valoração relativa das alternativas

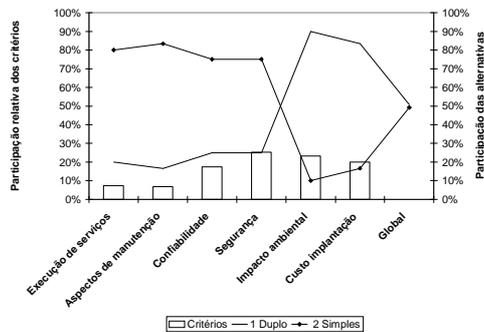


Figura 27 - Desempenho das alternativas quanto aos critérios

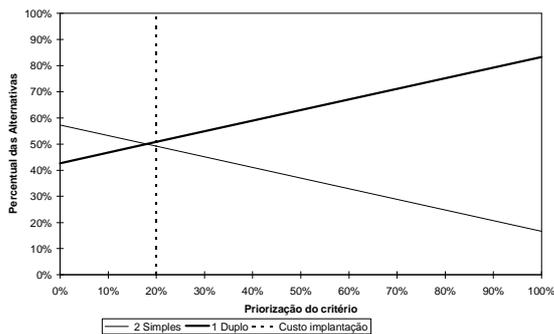


Figura 28 - Alteração nos resultados em função do critério custo de implantação

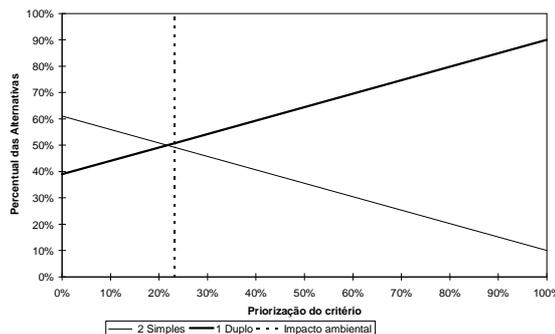


Figura 29 - Alteração nos resultados em função do critério impacto ambiental

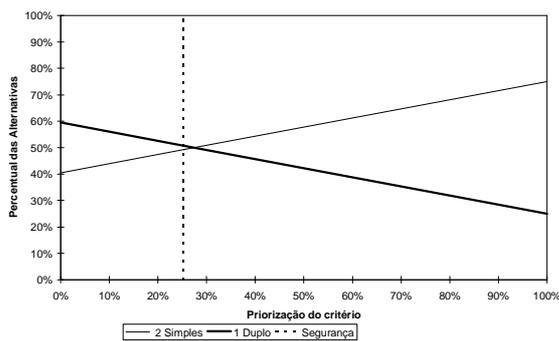


Figura 30 - Alteração nos resultados em função do critério segurança

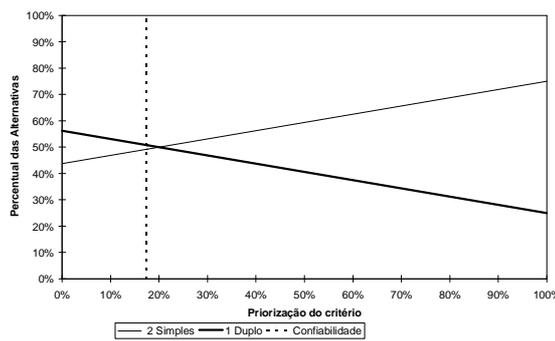


Figura 31 - Alteração nos resultados em função do critério confiabilidade

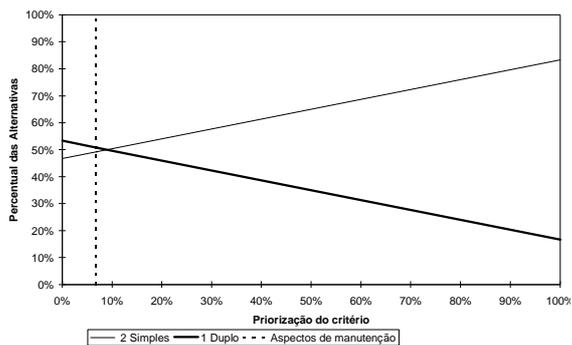


Figura 32 - Alteração nos resultados em função do critério aspectos de manutenção

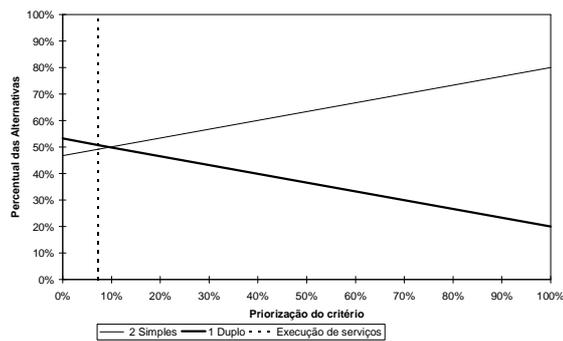


Figura 33 - Alteração nos resultados em função do critério execução de serviços

### 3 APLICATIVO EM EXCEL

Para utilização da metodologia descrita foi desenvolvido um aplicativo em EXCEL. Além do desenvolvimento utilizando um *software* bem conhecido o aplicativo não exige do usuário nenhum conhecimento profundo de planilha eletrônica.

Ele possui telas de interface que facilitam sobremaneira o uso.

A Figura 34 apresenta a tela inicial do aplicativo.



Figura 34 - Tela de início do aplicativo

#### PRINCIPAIS TELAS

##### **INÍCIO**

Informações gerais sobre o aplicativo

##### **MENU**

Tela de navegação entre as entradas de dados e os resultados numéricos e gráficos.

##### **NOMES DAS ALTERNATIVAS E DOS CRITÉRIOS**

Entrada com os nomes das alternativas e dos critérios.

##### **INSTRUÇÕES**

Apresenta as instruções básicas para utilização do aplicativo.

##### **CRITÉRIOS**

Tela contendo uma tabela onde o usuário compara qualitativamente os critérios dois a dois.

### **ALTERNATIVAS**

Tela contendo uma tabela para que o usuário escolha dentre as alternativas considerando cada critério individualmente.

### **RESULTADOS NUMÉRICOS**

Tela com os principais resultados. O usuário tem as opções de exibição dos resultados na tela ou através de impressão.

- Nível de predominância dos critérios (peso relativo dos critérios).
- Nível de predominância das alternativas para cada critério.
- Nível de predominância das alternativas (resultado final).

### **GRÁFICOS**

- PESO RELATIVO DOS CRITÉRIOS
- RESULTADO FINAL
- DESEMPENHO DAS ALTERNATIVAS FRENTE A CADA CRITÉRIO
- GRÁFICOS INDIVIDUAIS PARA CADA CRITÉRIO (ANÁLISE DE SENSIBILIDADE)

## **4 CONCLUSÕES**

Colocado o decisor frente a um problema com mais de uma alternativa de solução surge a questão de quais critérios deveriam ser considerados na avaliação final. Geralmente as decisões acabam baseando-se apenas em critérios de avaliação econômica.

Este trabalho apresenta a aplicação de uma metodologia de análise considerando a utilização de múltiplos critérios (AHP - Análise Hierárquica de Processos) como ferramenta de auxílio à tomada de decisão. Trata-se de um instrumento que considera as diversas variáveis envolvidas, como forma de auxiliar a decisão final.

Fatores qualitativos tais como, alterações no meio ambiente, aspectos sociais, forma de utilização dos recursos energéticos disponíveis, bem-estar global da sociedade, dentre muitos outros, muitas vezes precisam ser considerados.

A escolha da melhor alternativa deve, portanto, estar baseada em métodos que contemplem a utilização de mais de um critério.

A metodologia é introduzida neste trabalho através de um exemplo de comparação entre a aplicação de redes aéreas convencionais, utilizando cabos nus, redes aéreas compactas, com cabos isolados e redes subterrâneas. Em seguida são apresentadas, para demonstrar a versatilidade do método, outras aplicações:

- comparação entre as alternativas de investimento em eficiência energética versus expansão da oferta de energia, como forma de atender ao mercado futuro de energia;
- análise das alternativas do montante de energia a ser comprometido, através dos contratos de longo prazo, com relação ao mercado previsto; e,
- escolha entre as opções de construção de um circuito duplo ou dois circuitos simples.

Por ser um método que trabalha com a opinião, muitas vezes subjetiva, do decisor possui dois recursos incorporados bastante úteis: um teste de inconsistência que verifica a coerência nas ponderações dos critérios e uma análise de sensibilidade que avalia alterações no resultado final com a mudança nos pesos atribuídos a cada critério.

Para facilitar a utilização da metodologia foi desenvolvido um aplicativo em EXCEL que é descrito na parte final do trabalho.

## **5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

BRAMONT, P.P.B. **Priorização de Projetos sob a Ótica Social - Um Método Robusto envolvendo Múltiplos Critérios**. Florianópolis, 1996. 156p. Tese (Doutorado). UFSC - Universidade Federal de Santa Catarina.

FIGUEIREDO, F. M. **Conceituação e aplicação de metodologia de Gerenciamento pelo Lado da Demanda em uma empresa de Energia Elétrica**. São Paulo, 1997. 301p. Tese (Doutorado), Escola Politécnica, Universidade de São Paulo.

- FIGUEIREDO, F.M., JARDINI, J.A. **Demand Side Management at an Electrical Distribution Utility –Methodology, Applications, Results, Evaluations and Projections**. CIRED 99-15th International Conference on Electricity Distribution, Nice - France, 1999.
- GARTNER, I. R. **Análise de Projetos em Bancos de Desenvolvimento: Proposição de um Modelo de Análise**. Florianópolis, 1995. 162p. Dissertação (Mestrado). UFSC - Universidade Federal de Santa Catarina.
- SAATY, T.L. **Método de Análise Hierárquica**. Trad. Wainer da Silveira e Silva. São Paulo, McGraw-Hill, 1991.
- SANTANA, E. A. **O Planejamento da Geração de Energia Elétrica através de uma Metodologia de Análise Hierárquica por Similaridade com as Restrições do Sistema**. Florianópolis, 1994. Tese (Doutorado). UFSC - Universidade Federal de Santa Catarina.
- SANTANA, E.A.; CARDOSO, S.O.G.; NOGUEIRA, N.G.P.; DIAS, C.A. **Métodos alternativos para expansão de sistemas elétricos**. VII Congresso Brasileiro de Energia e II Seminário Latino americano de Energia, Rio de Janeiro, Outubro 1996.
- SCHMITT, A.M.A. **Processo de Apoio à Decisão - Abordagem AHP e MACBETH**. Florianópolis, 1995. 117p. Dissertação (Mestrado). UFSC - Universidade Federal de Santa Catarina.

## 6 CONTATOS

Fernando Monteiro de Figueiredo  
CEB - Companhia Energética de Brasília  
UnB - Universidade de Brasília

(61) 325 2994      (61) 325 2548  
(61)349 0301      (61) 9987 9197  
[ferfig@pobox.com](mailto:ferfig@pobox.com)

José Antônio Jardini  
EPUSP - Escola Politécnica da USP  
Universidade de São Paulo

(11) 818 5768  
[jardini@pea.usp.br](mailto:jardini@pea.usp.br)