

TELMA NAGANO DE MOURA

**ESTUDO DE RACIONALIZAÇÃO DO USO DA ENERGIA
ELÉTRICA NA CIDADE DE BOA VISTA, RR –
AVALIAÇÃO DE MÉTODOS DE ANÁLISE E
RESULTADOS**

Dissertação apresentada ao Programa Interunidades de Pós-graduação em Energia (FP/FEA/IEE/IP) da Universidade de São Paulo para a obtenção do título de Mestre em Energia.

620.92(81)

M929e

D-PIPGE/USP

São Paulo
Junho de 2001

INSTITUTO DE ELETROTÉCNICA E ENERGIA USP
BIBLIOTECA Prof. Fonseca Telles
Nº 293/01

TELMA NAGANO DE MOURA

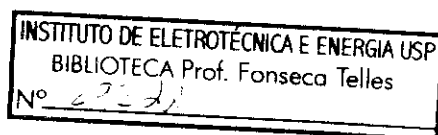
**ESTUDO DE RACIONALIZAÇÃO DO USO DA ENERGIA
ELÉTRICA NA CIDADE DE BOA VISTA, RR –
AVALIAÇÃO DE MÉTODOS DE ANÁLISE E
RESULTADOS**

Dissertação apresentada ao Programa Interunidades de Pós-graduação em Energia (EP/FEA/IFE/IP) da Universidade de São Paulo para a obtenção do título de Mestre em Energia.

Área de concentração:
Planejamento Energético

Orientador:
Prof. Dr. Ildo Luis Sauer

São Paulo
Junho de 2001



À minha mãe, Maria, por
acreditar em meus sonhos.

AGRADECIMENTOS

Ao Prof. Dr. Ildo Luis Sauer por sua orientação e amizade;

Ao Prof. Dr. Edson Gomes por seus preciosos conselhos e amizade;

À todos meus colegas, que participaram dos estudos realizados para a cidade de Boa Vista, pela grande oportunidade de compartilhar de seus conhecimentos e pela amizade;

Aos meus amigos do PIPGE pelas discussões e apontamentos que muito me ajudaram na elaboração desta dissertação;

À CAPES pelo seu apoio financeiro.

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1 – INTRODUÇÃO

- 1.1. Histórico
- 1.2. Motivação
- 1.3. Objetivos
- 1.4. Metodologia

CAPÍTULO 2

POTENCIAL DE CONSERVAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA DA CIDADE DE BOA VISTA – RORAIMA PELA METODOLOGIA PIPGE.

- 2.1. Introdução
 - 2.1.1. Descrição sumária da metodologia de PIR realizado pelo PIPGE para a cidade de Boa Vista.
- 2.2. Potencial de conservação de energia
- 2.3. Iluminação Residencial
 - 2.3.1. Programa Proposto
 - 2.3.2. Análise: econômica e potencial de conservação de energia
- 2.4. Iluminação Pública
 - 2.4.1. Programa Proposto
 - 2.4.2. Análise: econômica e potencial de conservação de energia
- 2.5. Companhia de Águas e Esgoto de Roraima
 - 2.5.1. Programa Proposto
 - 2.5.2. Análise: econômica e potencial de conservação de energia
- 2.6. Refrigeração Residencial
 - 2.6.1. Programa Proposto
 - 2.6.2. Análise: econômica e potencial de conservação de energia
- 2.7. Condicionamento Ambiente
 - 2.7.1. Otimização das edificações – Programa Proposto
 - 2.7.2. Substituição de condicionadores de ar convencionais
 - 2.7.2.1 Programa Proposto
 - 2.7.2.2. Análise: econômica e potencial de conservação de energia
- 2.8. Avaliação Integrada de Recursos de Oferta e demanda

CAPÍTULO 3

MANUAL PARA ELABORAÇÃO DO PROGRAMA ANUAL DE COMBATE AO DESPERDÍCIO DE ENERGIA ELÉTRICA – METODOLOGIA DA ANEEL

3.1. Introdução

3.1.1 Histórico

3.1.2. Descrição sumária da metodologia da ANEEL

3.2. Iluminação Residencial

3.2.1. Cálculo da Relação Custo – Benefício

3.2.1.1. Cálculo da quantidade de lâmpadas que deverão ser substituídas.

3.2.1.2. Valor Presente dos Custos (VPC)

3.2.1.3. Cálculo dos Benefícios

A) Cálculo do Custo Evitado de Energia e de Demanda

B) Cálculo dos Benefícios à Valor Presente

C) Cálculo da Relação Custo – Benefício a Valor presente

3.3. Iluminação Pública

3.3.1. Cálculo da relação Custo – Benefício para a substituição de lâmpadas de VM de 250W.

3.3.1.1. Cálculo dos Investimentos (Custos)

3.3.1.2. Cálculo dos Benefícios

A) Cálculo da Redução de Demanda na Ponta (RDP) e Energia Economizada (EE)

3.3.2. Cálculo da relação Custo – Benefício para a substituição de lâmpadas de VM de 80W.

3.3.2.1. Cálculo dos Custos a Valor Presente

3.3.2.2. Cálculo dos Benefícios à Vapor Presente

A) Cálculo do Custo Evitado de Energia e de Demanda

B) Cálculo dos Benefícios a Valor Presente

C) Cálculo da Relação Custo – Benefício a Valor presente

3.4. Motores da CAER

3.5. Refrigeradores

3.5.1. Cálculo da quantidade de geladeiras que deverão ser substituídas

3.5.2. Cálculo dos Custos a Valor Presente

3.5.3. Cálculo dos Benefícios a Valor Presente

3.5.3.1. Cálculo dos Custos Evitados de Energia e Demanda

A) Cálculo dos Benefícios a Valor Presente

B) Cálculo da Relação Custo – Benefício a Valor Presente

3.6. Condicionadores de Ar

3.6.1. Cálculo da quantidade de condicionadores que deverão ser substituídos

3.6.2. Cálculo dos Custos a Valor Presente

3.6.3. Cálculo dos Benefícios a Valor Presente

3.6.3.1. Cálculo dos Custos Evitados de Energia e Demanda

A) Cálculo dos Benefícios a Valor Presente

B) Cálculo da Relação Custo – Benefício a Valor Presente

CAPÍTULO 4

DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

4.1. Racionalização de energia elétrica na cidade de Boa Vista pela metodologia PIPGE

4.2. Racionalização de energia elétrica na cidade de Boa Vista pela metodologia ANEEL

4.3. Comparação das figuras de mérito utilizadas pelas metodologias PIPGE e ANEEL

4.4. Análise SWOT

4.4.1.. Análise SWOT para a metodologia PIPGE.

4.4.2. Análise SWOT para a metodologia ANEEL.

4.5. Discussão dos resultados da Análise SWOT

4.5.1. Discussão dos resultados da Análise SWOT para a metodologia PIPGE

4.5.2. Discussão dos resultados da Análise SWOT para a metodologia ANEEL

CAPÍTULO 5

CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

5.1. Conclusões

5.2. Recomendações

5.2.1. Programas de conservação de energia

5.2.2. Metodologias PIPGE e ANEEL.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANEXOS

Anexo I : Descrição sumária do Manual da ANEEL

I – Considerações Gerais Sobre o Programa

 I1. Estrutura Básica

II – Considerações sobre os projetos

 II.1. Ações voltadas ao Incremento da Eficiência no Uso Final de Energia Elétrica

 II.2. Ações vinculadas ao Incremento da Eficiência na Oferta de Energia Elétrica

 II.3. Forma de apresentação dos Projetos do Programa

 II.4. Critérios para Análise dos Projetos

 II.4.1. Avaliação Econômica

 A) Projetos voltados ao Incremento da Eficiência no Uso Final e à melhoria do fator de Carga

 B) Projetos de Redução de Perdas

III – Roteiros básicos para a elaboração de projetos

 III.1. Comércio e Serviços

 III.2. Iluminação Pública

 III.3. Residencial

 III.3.1. Incentivos à Venda de Eletrodomésticos Eficientes

 III.3.2. Substituição de Lâmpadas Incandescentes em Residências

IV – Roteiro básico para a elaboração de projetos – Oferta

V – Anexos

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.1. Círculo do Gerenciamento do Conhecimento	11
Figura 2.1. Atividades envolvidas no processo PIR	14
Figura 2.2. Atividades envolvidas no estudo de PIR para a cidade de Boa Vista	15
Figura 2.3. Localização das lâmpadas incandescentes (uso $\geq 2h$, Residencial e Atividades)	17
Figura 2.4. Fases do programa de substituição de lâmpadas	20
Figura 2.5. Sensibilidade do Custo da Energia Conservada. Lâmpada de 100W (2 horas de uso, 12% taxa de desconto).	26
Figura 2.6. Curva de distribuição cumulativa do CEC	27
Figura 2.7. Projeção do parque total de geladeiras para Boa Vista, 1999 – 2008.	40
Figura 2.8. Análise de sensibilidade do CEC-consumidor.	43
Figura 2.9. - Carta bioclimática com as estratégias indicadas para Belém	46
Figura 2.10. Projeção do parque total de condicionadores potência 7500 e 10000 BTU para Boa Vista, 1999 – 2008.	53
Figura 2.11. Análise de sensibilidade do CEC-consumidor, potência 7500 BTU.	56
Figura 2.12. Curva Cumulativa de Recursos	59
Figura 2.13. Curva integrada dos recursos de oferta e demanda para Boa Vista – RR.	61
Figura 2.14. Custo de expansão da geração, transmissão e distribuição de acordo com o FC.	62
Figura 2.15. Demanda máxima para cenários Realista e Tendencial e porcentagem de redução.	63
Figura 2.16. Demanda de energia para cenários Realista e Tendencial e porcentagem de redução.	63
Figura 2.17. Curva de carga cenário tendencial, verão, semana, 1999.	63
Figura 2.18. Curva de carga cenário realista, verão, semana, 1999.	63
Figura 2.19. Curva de carga cenário tendencial, verão, semana, 2000.	64
Figura 2.20. Curva de carga cenário realista, verão, semana, 2000.	64
Figura 2.21. Curva de carga cenário tendencial, verão, semana, 2003.	64
Figura 2.22. Curva de carga cenário realista, verão, semana, 2003.	64
Figura 2.23. Curva de carga cenário tendencial, verão, semana, 2008	64
Figura 2.24. Curva de carga cenário realista, verão, semana, 2008	64
Figura 3.1. Atividades envolvidas na metodologia da ANNEL.	67

LISTA DE TABELAS

Tabela 1.1. Crescimento populacional de Roraima	8
Tabela 2.1. Estimativa da quantidade total de lâmpadas incandescentes de 40, 60 e 100 W para suprir a demanda adicional, por estrato, ano a ano.	22
Tabela 2.2. Energia economizada com substituição de lâmpadas incandescentes, anual e acumulada para os três cenários (MWh/ano).	23
Tabela 2.3. Balanço Econômico das substituições (em R\$/ano/lâmpada/estrato, 1998).	28
Tabela 2.4. Potencial de Energia e Potência Conservada	31
Tabela 2.5. Estimativas de CEC para as substituições analisadas	32
Tabela 2.6. CEC para substituições das geladeiras	42
Tabela 2.7. Balanço benefício-custo para o programa de substituição de geladeiras, sem contabilizar subsídio (R\$/ano/geladeira).	44
Tabela 2.8. Taxa de sobrevivência das geladeiras por ano.	52
Tabela 2.9. CEC para substituições dos condicionadores.	55
Tabela 2.10. Balanço Custo-benefício para o programa de substituição de condicionadores, sem contabilizar subsídio (R\$/ano/condicionador), $7,91 \times 10^6$ Joule..	57
Tabela 2.11. Balanço custo-benefício para o programa de substituição de condicionadores, sem contabilizar subsídio (R\$/ano/condicionador), $1,05 \times 10^7$ Joule.	57
Tabela 2.12. Potencial de conservação de energia e CEC de cada medida de conservação de energia apresentada no gráfico 2.7.	60
Tabela 3.1. Número de lâmpadas incandescentes por faixa de potência e horas de uso	70
Tabela 3.2. Número de horas de uso médio por tipo de lâmpada e estrato de consumo	70
Tabela 3.3. Número de horas de uso médio por potência e estrato de consumo	70
Tabela 3.4. Número de lâmpadas incandescentes de 40, 60 e 100W passíveis de substituição (1997)	71
Tabela 3.5. Número de horas médias de uso diário - Lâmpadas Incandescentes	71
Tabela 3.6. Localização das lâmpadas incandescentes c/ mais que 2 h de uso diário	72
Tabela 3.7. Estimativa da quantidade de lâmpadas incandescentes 40, 60 e 100 W para suprir a demanda adicional, por estrato, ano a ano (cenário de referência).	73
Tabela 3.8. Estimativa da quantidade de lâmpadas incandescentes para suprir a demanda adicional, por estrato, ano a ano para os três cenários no setor residencial.	74
Tabela 3.9. Estimativa dos Custos Totais a Valor Presente da substituição de lâmpadas incandescentes de 40 W por lâmpadas F.C. de 13 W.	76

Tabela 3.10. Estimativa dos Custos a Valor Presente – Cenários (40 W por 13 W).	76
Tabela 3.11. Estimativa dos Custos Totais a Valor Presente da substituição de lâmpadas incandescentes de 60 W por lâmpadas F.C. de 13 W.	76
Tabela 3.12. Estimativa dos Custos a Valor Presente – Cenários (60 W por 13 W).	77
Tabela 3.13. Estimativa dos Custos Totais a Valor Presente da substituição de lâmpadas incandescentes de 100W por lâmpadas F.C. de 20 W.	77
Tabela 3.14. Estimativa dos Custos a Valor Presente – Cenários (100 W por 20 W).	77
Tabela 3.15. Energia Economizada (MWh/ano) na troca de lâmpadas incandescentes de 40W por F.C. de 13 W	79
Tabela 3.16. Energia Economizada (MWh/ano) na troca de lâmpadas incandescentes de 60W por F.C. de 13 W	79
Tabela 3.17. Energia Economizada (MWh/ano) na troca de lâmpadas incandescentes de 100W por F.C. de 20 W	79
Tabela 3.18. Energia Economizada (MWh/ano) na troca de lâmpadas incandescentes por F.C. (total)	80
Tabela 3.19. Redução de Demanda na Ponta (kW/ano) na troca de lâmpadas incandescentes de 40W por F.C. de 13 W	81
Tabela 3.20. Redução de Demanda na Ponta (kW/ano) na troca de lâmpadas incandescentes de 60W por F.C. de 13 W	81
Tabela 3.21. Redução de Demanda na Ponta (kW/ano) na troca de lâmpadas incandescentes de 100W por F.C. de 20 W	81
Tabela 3.22. Redução de Demanda na Ponta (kW/ano) na troca de lâmpadas incandescentes por F.C. (total).	82
Tabela 3.23. Cálculo do custo evitado de energia anual da troca de lâmpadas incandescentes de 40 W por F.C. de 13 W (R\$/ano).	83
Tabela 3.24. Cálculo do custo evitado de energia anual da troca de lâmpadas incandescentes de 60 W por F.C. de 13 W (R\$/ano).	83
Tabela 3.25. Cálculo do custo evitado de energia anual da troca de lâmpadas incandescentes de 100 W por F.C. de 20 W (R\$/ano).	83
Tabela 3.26. Cálculo do custo total evitado de energia anual da troca de lâmpadas incandescentes por F. C.(R\$/ano).	84
Tabela 3.27. Cálculo do custo evitado de demanda anual da troca de lâmpadas incandescentes de 40 W por F.C. de 13 W (R\$/ano).	84
Tabela 3.28. Cálculo do custo evitado de demanda anual da troca de lâmpadas incandescentes de 60 W por F.C. de 13 W (R\$/ano).	85

Tabela 3.29. Cálculo do custo evitado de demanda anual da troca de lâmpadas incandescentes de 100 W por F.C. de 20 W (R\$/ano).	85
Tabela 3.30. Cálculo do custo total evitado de demanda anual da troca de lâmpadas incandescentes por F.C. (R\$/ano).	85
Tabela 3.31. Cálculo do Valor presente dos Benefícios (R\$) – Energia Evitada (40W por 13W).	87
Tabela 3.32. Cálculo do Valor presente dos Benefícios (R\$) – Energia Evitada (60W por 13W).	87
Tabela 3.33. Cálculo do Valor presente dos Benefícios (R\$) – Energia Evitada (100W por 20W).	87
Tabela 3.34. Cálculo do Valor presente total dos Benefícios (R\$) – Energia Evitada.	88
Tabela 3.35. Cálculo do Valor presente dos Benefícios (R\$) – Redução de Demanda na Ponta (40W por 13W).	88
Tabela 3.36. Cálculo do Valor presente dos Benefícios (R\$) – Redução de Demanda na Ponta (60W por 13W).	89
Tabela 3.37. Cálculo do Valor presente dos Benefícios (R\$) – Redução de Demanda na Ponta (100W por 20W).	89
Tabela 3.38. Cálculo do Valor presente total dos Benefícios (R\$) – Redução de Demanda na Ponta.	89
Tabela 3.39. Estimativa dos Custos Totais a Valor Presente da substituição de lâmpadas de VM de 80W por lâmpadas VS de 70W.	95
Tabela 3.40. Estimativa da Redução de demanda na ponta para a substituição de lâmpadas de VM de 80W por lâmpadas VS de 70W.	95
Tabela 3.41. Estimativa de Energia Economizada para a substituição de lâmpadas de VM de 80W por lâmpadas VS de 70W.	95
Tabela 3.42. Estimativa dos valores de Custo Evitados de Demanda (CED) e Custos Evitados de Energia (CEE) da troca de lâmpadas de VM de 80W (R\$/ano).	96
Tabela 3.43. Cálculo do Valor presente dos Benefícios (R\$) – EE e RDP.	97
Tabela 3.44. Parque estimado de geladeiras, por estrato residencial, existente em Boa Vista em 1997.	99
Tabela 3.45. Taxa de sobrevivência anual das geladeiras com mais de cinco anos	99
Tabela 3.46. Estimativa da quantidade de geladeiras modelo 200-280 litros, uma porta, sucateadas a serem repostas, por estrato, ano a ano	100
Tabela 3.47. Estimativa da quantidade de geladeiras modelo 200-280 litros, uma porta, para suprir a demanda adicional, por estrato, ano a ano.	100

Tabela 3.48. Estimativa da quantidade total de geladeiras, modelo 200-280 litros uma porta, por estrato, ano a ano, necessárias para o programa.	100
Tabela 3.49. Estimativa dos custos totais a valor presente das geladeiras a serem substituídas pelo programa.	102
Tabela 3.50. Estimativa da Energia Economizada – EE pela substituição dos refrigeradores (GWh/ano).	103
Tabela 3.51. Estimativa da Redução de Demanda na Ponta – RDP pela substituição dos refrigeradores (MW)	104
Tabela 3.52. Estimativa dos valores de Custo Evitados de Demanda (CED) e Custos Evitados de Energia (CEE) pela substituição dos refrigeradores (R\$/ano).	105
Tabela 3.53. Cálculo do Valor presente dos Benefícios (R\$) – EE e RDP.	105
Tabela 3.54. Parque estimado de condicionadores de ar por estrato existente em Boa Vista, 1997	107
Tabela 3.55. Taxa de sobrevivência anual dos condicionadores com mais de cinco anos em 1997 - % de Remanescentes	108
Tabela 3.56. Estimativa da quantidade de condicionadores de $7,91 \times 10^6$ Joule , sucateados a serem repostos, por estrato, ano a ano.	108
Tabela 3.57 Estimativa da quantidade de condicionadores de $1,05 \times 10^7$ Joule, sucateados a serem repostos, por estrato, ano a ano.	108
Tabela 3.58. Estimativa da quantidade de condicionadores de $7,91 \times 10^6$ Joule , para suprir a demanda adicional, por estrato, ano a ano.	109
Tabela 3.59. Estimativa da quantidade de condicionadores de $1,05 \times 10^7$ Joule, para suprir a demanda adicional, por estrato, ano a ano.	109
Tabela 3.60. Estimativa da quantidade total de condicionadores de $7,91 \times 10^6$ Joule , a serem repostos, por estrato, ano a ano.	109
Tabela 3.61. Estimativa da quantidade total de condicionadores de $1,05 \times 10^7$ Joule, a serem repostos, por estrato, ano a ano.	110
Tabela 3.62. Estimativa dos custos totais a valor presente dos condicionadores de $7,91 \times 10^6$ Joule a serem substituídos pelo programa.	112
Tabela 3.63. Estimativa dos custos totais a valor presente dos condicionadores de $1,05 \times 10^7$ Joule a serem substituídos pelo programa.	112
Tabela 3.64. Estimativa da Energia Economizada – EE pela substituição dos condicionadores de $7,91 \times 10^6$ Joule (GWh/ano).	113
Tabela 3.65. Estimativa da Energia Economizada – EE pela substituição dos condicionadores de $1,05 \times 10^7$ Joule (GWh/ano).	113

Tabela 3.66. Estimativa da Redução de Demanda na Ponta – RDP pela substituição dos condicionadores de $7,91 \times 10^6$ Joule (MW)	114
Tabela 3.67. Estimativa da Redução de Demanda na Ponta – RDP pela substituição dos condicionadores de $1,05 \times 10^7$ Joule (MW)	114
Tabela 3.68. Estimativa dos valores de Custo Evitados de Demanda (CED) e Custos Evitados de Energia (CEE) pela substituição dos condicionadores de $7,91 \times 10^6$ Joule (R\$/ano).	115
Tabela 3.69. Estimativa dos valores de Custo Evitados de Demanda (CED) e Custos Evitados de Energia (CEE) pela substituição dos condicionadores de $1,05 \times 10^7$ Joule (R\$/ano).	115
Tabela 3.70. Cálculo do Valor presente dos Benefícios (R\$) – EE e RDP para a substituição dos condicionadores de $7,91 \times 10^6$ Joule .	116
Tabela 3.71. Cálculo do Valor presente dos Benefícios (R\$) – EE e RDP para a substituição dos condicionadores de $1,05 \times 10^7$ Joule.	116

LISTA DE ABREVIATURAS

- ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas
- ANEEL – Agencia Nacional de Energia Elétrica
- CAER – Companhia de Águas e Esgoto de Roraima
- CCC – Conta de Consumo de Combustíveis
- CEC – Custo da Energia Economizada
- CED – Custos Evitados de Demanda
- CEE – Custos Evitados de Energia
- COP – Coeficiente de desempenho
- CSTB – Centre Scientifique et Technique du Batiment
- DOFA – Debilidades, Oportunidades, Fortalezas Amenazas
- EE – Energia Economizada
- ELETRONORTE – Centrais Elétricas do Norte do Brasil S/A
- FC – Fluorescentes Compactas
- FCC – fator de Carga da Conservação
- FEC – Fator de Efetividade de Custo
- FRC – Fator de Recuperação de Capital
- FVA – Fator de de Valor Atual para uma série uniforme
- FVA' – Fator de Valor Atual para um pagamento simples
- GLD – Gerenciamento pelo Lado da Demanda
- PIPGE – Programa Interunidades de Pós Graduação em Energia
- PIR – Planejamento Integrado de Recursos
- PROCEL – Programa de Combate ao Desperdício de Energia
- RCB – Relação Custo Benefício
- RDP – Redução de Demanda na Ponta
- SWOT – Strenghts, Weaknesses, Oportunities, Treats
- T&D – Transmissão e Distribuição
- UTE – Usina Termelétrica
- VCP – Valor Presente dos Custos
- VM – Vapor de Mercúrio
- VPB – Valor Presente dos Benefícios
- VPC – Valor Presente dos Custos
- VS – Vapor de Sódio

RESUMO

O presente trabalho estuda a possibilidade da racionalização do uso de energia elétrica na cidade de Boa Vista e compara os dois métodos de análise, PIPGE e ANEEL, pela metodologia SWOT (WIIG K. M, 1997).

Com o objetivo de recomendar ações que visam o uso racional de energia elétrica, aplica-se a metodologia desenvolvida pela equipe técnica do PIPGE para os dados levantados em Boa Vista. Os resultados são estudados segundo metodologia de Planejamento Integrado de Recursos e são propostos programas para os principais usos finais em Boa Vista, sendo eles: Iluminação Residencial, Iluminação Pública, Companhia de Águas e Esgoto de Roraima, Refrigeração Residencial e Condicionamento Ambiental.

Numa segunda etapa, faz-se a aplicação comentada da metodologia desenvolvida pela ANEEL para os mesmos dados e programas propostos e compara-se os resultados obtidos pelas duas metodologias.

As duas metodologias apresentam resultados similares para os programas de Iluminação Pública e Iluminação Residencial concluindo-se a viabilidade dos programas. Ocorreram discrepâncias sobre a substituição de refrigeradores e de condicionadores de ar. Pela metodologia do PIPGE concluiu-se a viabilidade da substituição dos refrigeradores e dos condicionadores de ar, já para a metodologia da ANEEL, as substituições não se apresentaram viáveis. Apresenta-se como prováveis causas destas discrepâncias a não utilização, pela metodologia da ANEEL, da Conta de Consumo de Combustíveis e a utilização de parâmetros tipicamente atribuídos a ótica da empresa como a redução de demanda na ponta e o custo marginal de distribuição ajustado para as horas de ponta, pois as comparações foram realizadas pela ótica da sociedade.

Por fim, recomendam-se cuidados específicos para a aplicação dos programas propostos em conservação de energia para a cidade de Boa Vista-Roraima e recomenda-se para estudos futuros a elaboração de um manual, o mais sucinto possível, sobre a metodologia desenvolvida pelo Grupo de Pesquisa do PIPGE, com o intuito de maximizar sua utilização por vários atores da sociedade.

ABSTRACT

The present work studies the possibility of the rationalization of the use of electric energy in the city of Boa Vista and evaluates two analysis methods, PIPGE and ANEEL, by the SWOT analysis methodology.

With the objective of recommending actions that seek the rational use of electric energy, is applied the PIPGE methodology for Boa Vista data. The results are studied second Integrated Planning Resources methodology and programs are proposed for the main final uses in Boa Vista, being them: Residential illumination, Public Illumination, Company of Waters and Sewer of Roraima, Residential Refrigeration and Environmental Conditioning.

In a second stage, is applied the ANEEL methodology for the same data and proposed programs. Although the level of details of the two methodologies is completely different, the main differences obtained by the analyses of the programs are presented.

The methodologies presents similar results for the programs of Public Illumination and Residential Illumination being concluded the viability of this programs. Discrepancies are observed in substitution of refrigerators and air conditioners. For the PIPGE methodology the substitution of the refrigerators and air conditioners are viable, already for the methodology of ANEEL, the substitutions didn't come viable. Present as probable causes of these discrepancies the non use, for the methodology of ANEEL, of the CCC and use of parameters typically attributed the optics of the company as peak demand reduction.

Finally, specific cares are recommended for the application of the programs proposed in energy conservation for Boa Vista-Roraima and by SWOT analysis and comparison of methodologies give the guide lines for recommendation a Manual for PIPGE methodology and it should be building on strengths pointed by the two methodologies, also owes, minimizing weaknesses, take advantage of the opportunities and neutralize the threats.

CAPÍTULO 1

INTRODUÇÃO

1.1. Histórico

Em 1994, com o apoio do International Energy Initiative, o Programa Interunidades de Pós-graduação em Energia – PIPGE realizou um *workshop* para a discussão de métodos de análise para a melhoria da eficiência energética. Foram discutidos temas como as barreiras existentes à melhoria da eficiência dos usos finais, novas tecnologias mais eficientes de usos finais, o consumo elétrico residencial, o consumo elétrico industrial, gerenciamento pelo lado da demanda, gerenciamento pelo lado da oferta entre outros (SAUER, 1994).

Neste *Workshop* foi apresentado um exercício para a verificação da viabilidade da metodologia de Planejamento Integrado de Recursos – PIR para uma região com problemas de atendimento e restrições financeiras. Os estados do norte do país apresentavam-se atrativos por possuírem crescente necessidade de energia, baixa disponibilidade de geração hidrelétrica, sistemas isolados e geração térmica. Este quadro permanece até os dias de hoje.

O estado de Roraima foi tomado como caso de estudo por apresentar as características mencionadas acima. A proposta apresentada no *Workshop* de 1994 tinha como estrutura:

Necessidades:

- A infra estrutura de fornecimento de energia elétrica, da época, deixava o sistema sujeito a graves problemas de interrupção de energia, não possuindo reservas de geração e apresentando uma precária rede de transmissão e distribuição;
- O governo estava interessado em atrair novos investimentos para o estado e para isso precisaria ampliar sua capacidade energética.

Metodologia sugerida:

- Metas:
 - *Política:* Definir o melhor planejamento da expansão do setor elétrico para o estado de Roraima;

- *Técnica*: redução do pico e do consumo de energia elétrica, sem interferir no grau de bem estar ou da atividade econômica
- Gerenciamento pelo lado da Oferta e da Demanda:
 - *Oferta*: estudo das possibilidades tecnológicas de nova geração e respectivos custos envolvidos
 - *Demanda*: análise dos usos finais e dinâmica de consumo, sua incidência no pico, as características da curva de carga, a inserção de novas tecnologias e quais são passíveis de substituição.
- Elaboração do plano de ação:
 - Elaboração de cenários;
 - Estudo dos impactos causados pela utilização de novas tecnologias e medidas de conservação, comparação com o cenário proposto pela Eletronorte;
 - Comparação técnico-econômica das alternativas de oferta de geração e de conservação de energia.
- Implementação:
 - Determinação das alternativas economicamente viáveis.

As necessidades da região norte, especificamente do estado de Roraima levaram a então Centrais Elétricas do Norte do Brasil S/A – ELETRONORTE – Boa Vista, a firmar convênio com o PIPGE e o Procel/Eletronorte.

Visando atender as necessidades da Cidade de Boa Vista, firmou-se um convênio entre a Eletronorte – Boa Vista e a Eletrobras/Procel e o PIPGE/IEE. O convênio estipulava como objetivo, a realização de um estudo para determinação dos usos finais de energia elétrica nos diferentes setores de consumo e de determinação da curva de carga em função dos usos finais e avaliação das condições de funcionamento da rede de distribuição, perdas técnicas e comerciais, compatibilidade técnica (tensão e corrente), adequação da rede em termos de dimensionamento e estudo do cadastro do sistema de Boa Vista – Roraima. Além disso visava realizar estudos de PIR.

Este contrato deu origem a dois estudos, “Estudo de usos finais de energia elétrica e de avaliação do sistema elétrico de Boa Vista – RR” e o “Estudo de Planejamento Integrado de Recursos para o Setor Elétrico de Boa Vista – RR”.

O Estudo de usos finais, primeira etapa do conjunto de trabalhos, visou o levantamento detalhado da posse de equipamentos e dos hábitos de uso dos consumidores e a avaliação do sistema elétrico da cidade. Para tanto, ressalta-se a importância de execução de uma Pesquisa de Campo, que apresente de maneira realística o universo de consumo. Devido a relevância deste tipo de pesquisa para a implementação correta de um Planejamento Integrado de Recursos (PIR), descreve-se brevemente a seguir a metodologia aplicada.

A metodologia aplicada foi desenvolvida pela equipe técnica dos estudos com coordenação do Prof. Ildo Luís Sauer e consultoria do Prof. Alessandro Barghini¹ (SAUER, 1998, Relatório da Pesquisa e SAUER 1998, Anexo II – Procedimento de campo: as pesquisas). Sucintamente pode-se dividir esta metodologia em cinco blocos:

- **Conhecimento do universo da pesquisa;**

Caracterização sócio-econômica da população. Nesta etapa foram levantados dados do IBGE, dados históricos de Boa Vista, dados do cadastro de consumidores da empresa de energia elétrica local e foram realizadas visitas de campo com o intuito de melhor caracterizar o universo da pesquisa.

- **Tratamento do cadastro de consumidores;**

O cadastro de consumidores foi previamente tratado e classificado em estratos de consumo condizentes com as características sócio-econômicas levantadas anteriormente. No caso da cidade de Boa Vista o cadastro foi dividido em 12 estratos, 7 estratos residenciais e 5 estratos não residenciais, estes chamados de setor atividades, que engloba todas as atividades econômicas. A Iluminação Pública foi tratada em um estrato separadamente. As faixas de consumo pré estabelecidas foram:

Estratos Residenciais:

- Estrato 1: consumo mensal (médio de 12 meses) de 0-50 kWh/mês.
- Estrato 2: consumo mensal (médio de 12 meses) de 51-100 kWh/mês.
- Estrato 3: consumo mensal (médio de 12 meses) de 101-200 kWh/mês.
- Estrato 4: consumo mensal (médio de 12 meses) de 201-500 kWh/mês.

- Estrato 5: consumo mensal (médio de 12 meses) de 501-1.000 kWh/mês.
- Estrato 6: consumo mensal (médio de 12 meses) de 1.001-3.000 kWh/mês.
- Estrato 7: consumo mensal (médio de 12 meses) superior a 3.000 kWh/mês (Este estrato foi descartado devido as dificuldades encontradas em executar as entrevistas de campo e por sua baixa representatividade – 0,63% do consumo em relação ao universo).

Estratos do Setor de Atividades Produtivas:

- Estrato 8: consumo mensal (médio de 12 meses) de 0-1.000 kWh/mês.
- Estrato 9: consumo mensal (médio de 12 meses) de 1.001-10.000 kWh/mês.
- Estrato 10: consumo mensal (médio de 12 meses) de 10.001-37.515 kWh/mês.
- Estrato 11: consumo mensal (médio de 12 meses) maior que 1% do consumo total da empresa de energia elétrica.
- Estrato 12: Iluminação Pública.

- **Amostragem e sorteio;**

a) Número total de entrevistas

O número total foi definido por limitação orçamentária em ± 500 .

b) Distribuição entre estratos

A partir da análise do cadastro o critério escolhido foi de um sorteio por estrato de consumo médio mensal e, a repartição das entrevistas nos estratos a serem pesquisados, foi realizada em uma primeira fase utilizando-se a repartição ótima de Newman onde o tamanho da amostra é determinado pela

$$\text{fórmula } nh = \frac{W_h \times S_h}{\sum W_h \times S_h} \times M \quad \text{cq. 1.1.}$$

sendo nh o tamanho da amostra do h -ésimo estrato, W_h a porção de indivíduos no h -ésimo estrato e, S_h o desvio padrão do h -ésimo estrato.

¹ Alessandro Barghini, consultor do trabalho “Estudo de usos finais de energia elétrica e de avaliação do sistema elétrico de Boa Vista – RR”

O sorteio foi realizado por meio de sorteio aleatório gerado no computador sobre o cadastro geral de consumidores, agrupados nos estratos de consumo médio mensal de 12 meses.

- **Pesquisa;**

Na pesquisa fez-se o levantamento do consumo de energia por equipamento (consumidor de energia), e a distribuição do consumo ao longo do dia. Foram obtidas também informações sócio-econômicas, informações sobre a qualidade da energia entregue, a opinião dos consumidores sobre os serviços da concessionária, a intenção de compra de determinado equipamento elétrico (aumento futuro da demanda) e, a postura dos consumidores sobre a conservação de energia.

As entrevistas foram realizadas por equipe previamente treinada com o intuito de diminuir a quantidade de recusa e obter respostas verdadeiras e coerentes com a realidade de Boa Vista. Estas caracterizaram vários fatores como: aspectos técnicos da alimentação elétrica, a opinião por parte dos consumidores do desempenho da concessionária, a alteração de posse de equipamentos no último ano e alteração na quantidade de pessoas residentes no último ano, o levantados dados com relação ao tipo de construção, número de habitantes/empregados, renda mensal, entre outras, bem como questões sobre conservação de energia e principalmente a caracterização dos equipamentos elétricos dos domicílios e das atividades. Os equipamentos e seus usos são totalmente caracterizados segundo metodologia desenvolvida por Barghini (BARGHINI, 1996 e SAUER et al., Anexo II – Procedimento de campo: as pesquisas, 1998).

- **Campanha de medições;**

Foram realizadas 5 campanhas de medições: a campanha de medições de transformadores, a campanha de medições de eletrodomésticos (geladeiras, freezers e condicionadores de ar), a campanha de medições de grandes estabelecimentos, a campanha de medições da Companhia de Águas e Esgotos de Roraima (CAER) e a campanha de medições da Iluminação Pública.

Para as medições foram utilizados 3 tipos de medidores: medidor eletrônico acumulador por faixa horária, ELO-500 (de fabricação da ELO Sistemas Eletrônicos S.A.), medidor acumulador de faturamento (medidor normal de faturamento da empresa e medidores fornecidos pela NANSEN S.A. Instrumentos de Precisão) e medidor eletrônico por efeito Hall (de fabricação da MRL – Tadayoshi Tiba). Foi também utilizado um analisador de carga, Micro Vip3 (de fabricação de ELCONTROL Energy S.p.A.- Itália).

Os medidores de faturamento foram utilizados para a medição de condicionadores de ar, os medidores de efeito Hall para a medição de geladeiras e os medidores horo-sazonais modelo ELO 500 e o analisador de carga Micro Vip3 para a medição de transformadores e da curva de carga de grandes estabelecimentos.

As medições foram realizadas levando-se em conta o tipo de equipamento (ou estabelecimento) a ser medido, os dados do consumidor (incluindo consumo médio dos últimos 3 meses e último ano), as características de cada equipamento e duração da medição de uma semana. Para o caso dos eletrodomésticos foi levantado um perfil de utilização de cada equipamento segundo seu evento elétrico (a que horas liga, quanto tempo permanece ligado, quantas vezes por dia é ligado, entre outros). Sendo evento elétrico definido como um modo repetitivo de se utilizar um determinado eletrodoméstico. Por exemplo, uma lâmpada é utilizada durante 2 horas pela manhã e, esta mesma lâmpada, é utilizada durante 5 horas ao final do dia. Estas duas maneiras distintas de se utilizar a lâmpada durante o dia caracteriza dois eventos elétricos da mesma lâmpada. Os dados foram depurados, tratados e os resultados tabelados.

Medição da Iluminação Pública e da CAER

As medições da Iluminação Pública seguiram a norma ABNT – NBR 5101 Agost./1992, item 7.2 que define a malha para verificações periódicas ou para constatação de valores objeto do projeto. Foi utilizado o Luxímetro Digital LD-500 (importado e distribuído por ICEL-Instrumentos e Componentes Eletrônicos Ltda.) aferido pelo laboratório do Instituto de Eletrotécnica e Energia (IEE – USP), credenciado pelo IMETRO.

Foram medidos logradouros típicos da cidade de Boa Vista, os dados foram depurados, tratados e os resultados tabelados.

As medições da CAER foram realizadas em motores das principais instalações de captação do Sistema Rio Branco e das estações elevatória de esgotos. O equipamento utilizado para estas medições foi o Micro Vip3 (de fabricação de ELCONTROL Energy S.p.A.- Itália). Os dados foram depurados, tratados e os resultados tabelados.

De posse dos dados levantados pela pesquisa foram determinadas as curvas de carga do sistema. Estas curvas foram geradas pelo programa “Usos da Energia – UE” (Este programa foi licenciado pela Economídia para utilização em Boa Vista) e possibilitaram a determinação de curvas de carga por: estrato de consumo, caracterização diária (intervalos de 15 minutos), dia da semana (semana ou fim de semana), tipo de usos finais de energia (iluminação, ventilação, motores, entre outros), setor de consumo (residencial ou de atividades) e sazonalidade (inverno e verão). Estas curvas de carga possibilitaram a determinação realística do comportamento do consumidor e a compatibilização dos dados simulados e os dados de curva de carga do sistema fornecidos pela Eletronorte.

Estas informações foram cruciais para a elaboração dos estudos mencionados.

1.2. MOTIVAÇÃO

A cidade de Boa Vista foi utilizada como caso de estudo devido a natureza de seu abastecimento e da demanda de energia elétrica, para de servir de laboratório de demonstração de potencial de metodologia de PIR. Seu sistema é isolado e a geração de energia é de natureza estritamente térmica, com unidades desgastadas e com elevada taxa de indisponibilidade. Outro fator que torna a cidade de Boa Vista interessante ao estudo é seu crescimento populacional, pois, até 1970 o crescimento populacional de Roraima obedecia a média do país, já a partir do censo de 1980 segundo FREITAS 1996, observou-se um crescimento acima da média, a população quase dobrou e, um dos fatores deste crescimento seria resultado da entrega ao tráfego, em 1977, da estrada Manaus/Boa Vista e da campanha publicitária que se iniciara para atrair novos habitantes, mas foi na década de 80 que se deu a maior taxa de crescimento, devido a exploração garimpeira de ouro. Na

tabela 1.1. apresenta-se o crescimento populacional de Roraima entre os anos de 1950 a 1991.

Tabela 1.1. Crescimento populacional de Roraima

Anos	População (hab.)
1950	18.116
1960	28.304
1970	40.885
1980	79.159
1991	217.583

Fonte: FREITAS, 1996

O sistema elétrico de Boa Vista é constituído por duas usinas termelétricas a óleo diesel: a UTE Floresta com capacidade de 70 MW e a UTE Boa Vista com 42,5 MW e dois alimentadores expressos em 13,8 kV interligando as subestações de Floresta e Boa Vista. Cada usina possui sua própria subestação em 13,8 kV, onde derivam 11 alimentadores primários para o sistema de distribuição da cidade de Boa Vista (Sistema Roraima, 1998). O parque térmico da UTE Floresta encontrava-se recuperado, tendo sido suficiente para atender aos requisitos do sistema durante o ano de 1998 (ELETROBRAS, 1999, Capítulo 5.3.).

O Brasil e a Venezuela pelas partes Eletronorte – Boa Vista e Edelca, firmaram um contrato que ligará os países por uma linha trifásica na tensão nominal de 230 kV, entre fases, em uma frequência de operação de 60 Hz (BRASIL, 1997)

A interligação ainda não ocorreu (até maio de 2001), apesar das obras pelo lado brasileiro terem sido concluídas em setembro de 1999, sendo aguardado a conclusão pelo lado venezuelano. Enquanto esta não ocorre, a capacidade instalada do Parque Térmico de Boa Vista será regularizada em função da implantação das Usinas Termelétricas Jardim Equatorial, com 22,4 MW de potência instalada, e das alterações das características técnicas da UTE Centro, resultando numa potência de 18,8 MW. Também foi autorizada a ampliação da UTE Senador Arnon Afonso Farias de Mello, com dois turbogeradores de 30,9 MW cada. A potência total desta central termelétrica será de 147,8 MW, e será localizada no Município de Boa Vista (ELETROBRAS, Demonstrações financeiras, 1999)

A Agência Nacional de Energia Elétrica – ANEEL a partir de 1998 obriga a todas as concessionárias de energia elétrica a aplicarem, no mínimo, 1% da receita líquida apurada no ano anterior (receita operacional anual RA), em programas de incentivo à eficiência no uso e na oferta de energia e regulamenta a obrigatoriedade e estabelece critérios de aplicação de recursos das concessionárias de energia elétrica em ações de combate ao desperdício de energia elétrica e pesquisa e desenvolvimento tecnológico do setor elétrico brasileiro (RESOLUÇÕES 242, 262 e 271)

A partir desta data, cria-se portanto uma grande demanda por metodologias para a realização dos projetos que visem a adequação às resoluções. A ANEEL, com o intuito de orientar e normatizar os programas propostos pelas concessionárias, disponibilizou um manual no qual é descrita metodologia para a apresentação dos Programas de Conservação de Energia.

O Programa Interunidades de Pós-graduação em Energia – PIPGE, apoiado pelo PROCEL e pela Eletronorte – Boa Vista, elaborou um amplo trabalho sobre os usos finais de energia, avaliação do sistema elétrico e estudo de Planejamento Integrado de Recursos para a cidade de Boa Vista.

1.3. OBJETIVO

Tem-se como objetivo desta dissertação o estudo de racionalização de energia elétrica na cidade de Boa Vista e a avaliação de métodos de análise, PIPGE e ANEEL, pela metodologia SWOT (Strengths, Weaknesses, Opportunities e Threats).

Numa primeira etapa será apresentada, sucintamente, a metodologia estruturada no estudo realizado pelo PIPGE e os resultados obtidos serão utilizados na recomendação de ações para a racionalização do uso da energia elétrica em Boa Vista. Numa segunda etapa, será realizada uma aplicação comentada da metodologia desenvolvida pela ANEEL para os mesmos dados. Na etapa final será aplicada a metodologia de análise SWOT com o intuito de levantar quais os pontos comuns, os pontos complementares e os pontos deficitários sem, entretanto, discriminar qual das metodologias é a melhor para a implementação de Programas de Conservação de Energia. Desta forma deseja-se contribuir para a elaboração

de metodologias e também, contribuir para elaboração de melhores programas de combate ao desperdício de energia elétrica.

1.4. METODOLOGIA

A metodologia proposta para se atingir os objetivos do trabalho é a seguinte:

1.4.1. Revisão Bibliográfica

Revisão bibliográfica das metodologias utilizadas, das legislações específicas e de trabalhos anteriores de Planejamento Integrado de Recursos.

1.4.2. Elaboração de planilhas eletrônicas

Elaboração de planilhas eletrônicas de cálculo com os dados levantados de Boa Vista utilizando a metodologia apresentada pelo PIPGE e pela ANEEL.

1.4.3. Utilização do conceito de análise SWOT ou DOFA

Utilização do conceito SWOT (Strengths, Weaknesses, Opportunities e Threats) ou DOFA (Debilidades, Oportunidades, Fortalezas e Ameaças) para apontar os pontos comuns, os pontos complementares e os pontos deficitários (NAIDU, 1996 e WIIG et al, 1997).

1.4.3.1. Analise SWOT

Segundo WIIG, et al 1997, o Gerenciamento do Conhecimento é uma ferramenta que obteve um rápido crescimento, que pode ser observado pelo aumento de livros, conferências e seminários que estão voltados a este tema. O autor utiliza um modelo denominado Círculo do Gerenciamento do Conhecimento (knowledge managente cycle) para caracterizar alguns métodos e técnicas que auxiliam o “gerenciador do conhecimento” em sua missão.

Na figura 1.1. é representada uma adaptação do Círculo do Gerenciamento do Conhecimento e suas principais ações.

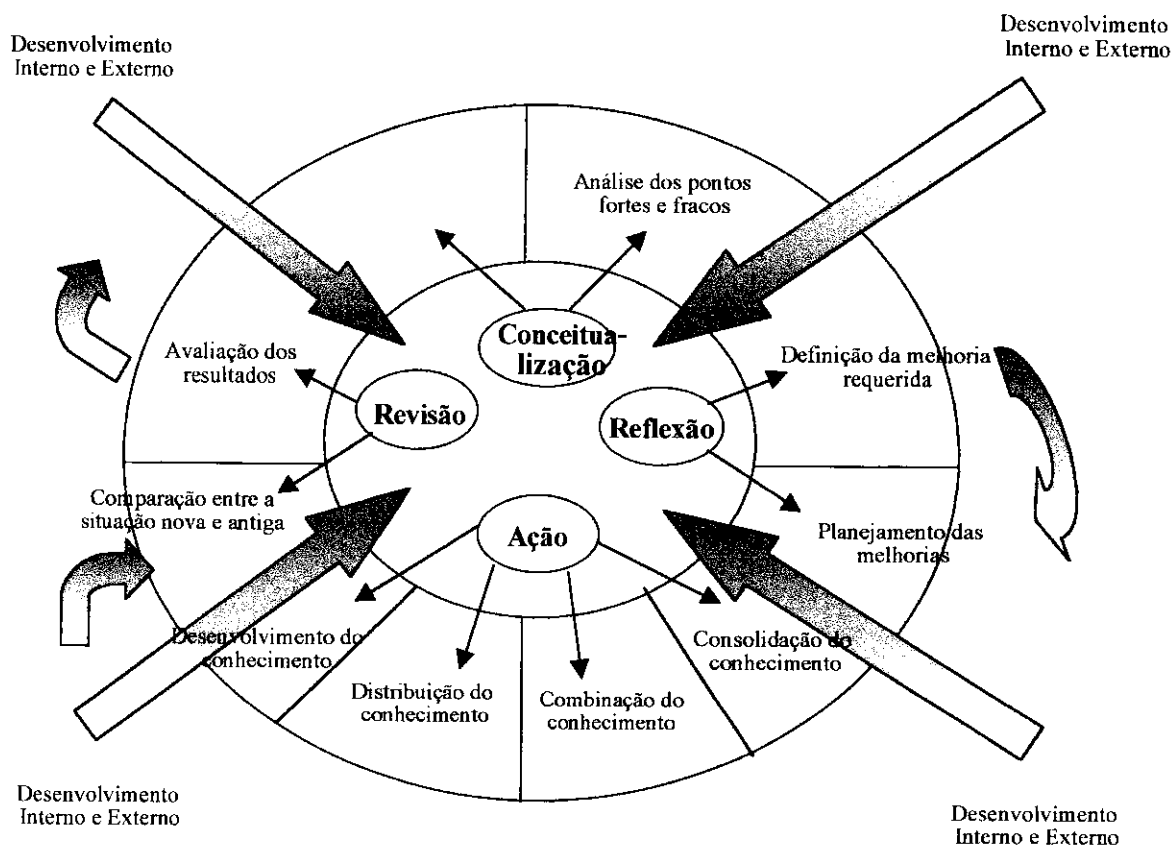


Figura 1.1. Círculo do Gerenciamento do Conhecimento

Fonte: Adaptado pelo autor de WIIG, et al 1997.

Os principais parâmetros utilizados no Círculo são: Revisão, Conceitualização, Reflexão e Ação. Na Revisão, faz-se um levantamento do estado da arte do “conhecimento” em estudo, na Conceitualização faz-se um levantamento dos pontos fortes e fracos do “conhecimento” já obtido (household), a Reflexão está direcionada à melhoria do conhecimento, nesta etapa escolhe-se o tipo de análise que vai ser empregado e levanta-se os riscos da implementação do plano escolhido. A Ação é a implementação do plano (WIIG, et al, 1997).

Segundo WIIG, et al, 1997, o método de análise SWOT pode ser aplicado com sucesso para o levantamento dos pontos fortes e fracos e para o levantamento das oportunidades e das ameaças, em várias áreas do conhecimento, sendo esta a matriz tática da análise SWOT.

De acordo com BALAMURALIKRISHNA and DUGGER, 1995, a análise SWOT pode ser empregada para diversas áreas como: de negócios, de empresas, de gerenciamento, de projeções, entre outras e, seus pontos fortes são, sua maleabilidade perante o tempo, pois, pode ser realizada com frequência devido a sua simplicidade e, qualquer decisão que um

plano indique, deve seguir os seguintes elementos: ser construído sobre os pontos fortes, minimizar os pontos fracos, aproveitar as oportunidades e neutralizar as ameaças.

A Análise SWOT já foi utilizada no desenvolvimento de cenários de energias renováveis para o desenvolvimento sustentável na Índia (NAIDU, 1996), bem como é apresentada como ferramenta no Manual de Gerenciamento da Energia elaborado pela Empresa TechSET de Viena (KURAS, et al. 2000).

CAPÍTULO 2

POTENCIAL DE CONSERVAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA DA CIDADE DE BOA VISTA – RORAIMA PELA METODOLOGIA PIPGE.

2.1. Introdução

O Estudo realizado pelo PIPGE, em sua segunda etapa, tem por objetivo utilizar a metodologia de Planejamento Integrado de Recursos – PIR, que enfatiza a eficiência do uso da energia, programas de gerenciamento pelo lado da demanda e utilização de novas estruturas tarifárias. O PIR foi utilizado com o intuito de obter o plano de mínimo custo que melhor atenda os objetivos da concessionária e as necessidades dos consumidores, minimizando os custos da eletricidade para todos os grupos de consumidores.

Apresenta-se neste capítulo, uma descrição sumária da metodologia de PIR realizado pelo PIPGE para a cidade de Boa Vista, bem como uma descrição sumária do conjunto de trabalhos (composto de nove volumes) que compõem o Estudo de PIR para Boa Vista.

2.1.1. Descrição sumária da metodologia de PIR realizada pelo PIPGE para a cidade de Boa Vista.

Segundo o *Guidelines For Electric Utilities and Regulators* (HIRST, 1992, apud SAUER et al. 1999b), para a elaboração de um plano integrado de recursos temos as seguintes etapas: primeiramente são definidas as metas, que devem abranger, os serviços oferecidos aos consumidores, à manutenção dos níveis de preços, o retorno aos investidores e questões ambientais. Em seguida, são desenvolvidas previsões de demanda e avaliação dos custos e dos recursos ainda existentes e/ou a necessidade de outros adicionais. São avaliadas as alternativas pelo lado da oferta e pelo lado da demanda além de mecanismos tarifários. Os recursos de oferta incluem modificações nas plantas de geração existentes, compra de energia de outra concessionária e/ou construção de novas plantas geradoras entre outros. Os lado da demanda é baseado em programas de Gerenciamento pelo Lado da Demanda - GLD, que podem garantir à

concessionária a postergação de investimentos na oferta e a disponibilização de energia no mercado.

As diferentes combinações dos recursos de oferta e demanda são então analisadas para determinar o melhor conjunto de estratégias que satisfaça as necessidades futuras de energia. As análises são realizadas em bases técnica, econômica e financeira utilizando-se de ferramentas específicas. As ferramentas e figuras de mérito utilizadas para Boa Vista são descritas no item 2.3.2. As principais atividades envolvidas em um processo de PIR podem ser observadas na figura 2.1.

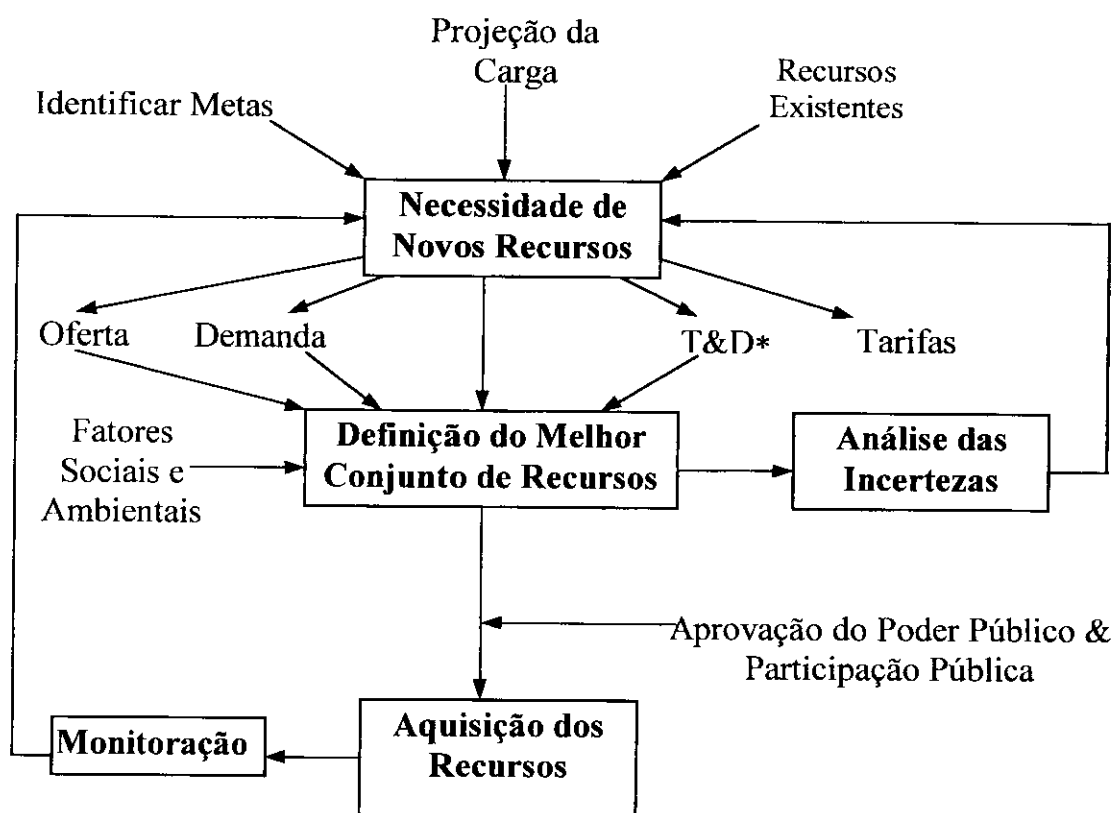


Figura 2.1. Atividades envolvidas no processo PIR

Fonte: GUIDELINES FOR ELECTRIC UTILITIES AND REGULATORS apud SAUER et al. 1999b

* T&D = transmissão e distribuição

Seguindo estes critérios elaborou-se um Estudo de PIR para a cidade de Boa Vista, que pode ser sumarizado no fluxograma apresentado na figura 2.2.

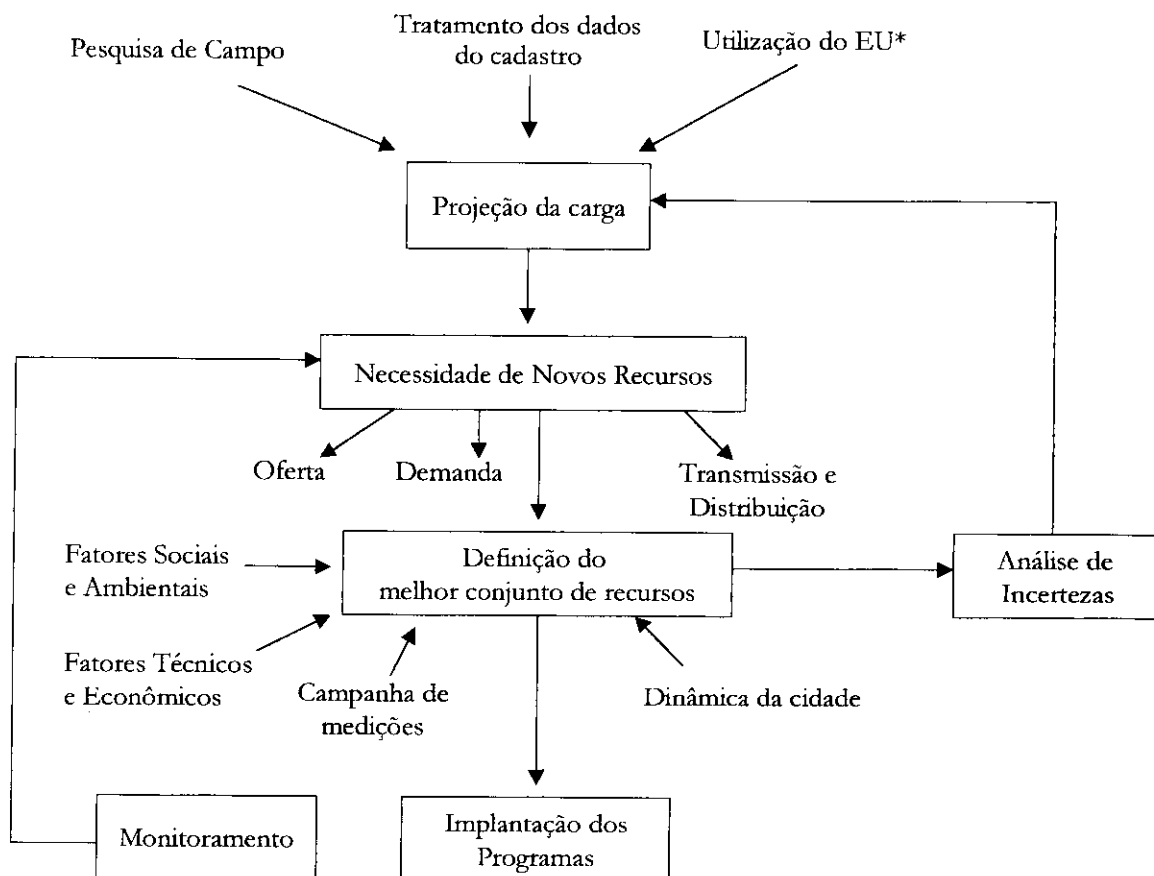


Figura 2.2. Atividades envolvidas no estudo de PIR para a cidade de Boa Vista

2.2. Potencial de Conservação de Energia

O levantamento minucioso realizado na primeira etapa do conjunto de trabalhos determinou quatro pontos prioritários para conservação de energia:

- O condicionamento ambiente (ventilação e condicionadores de ar) devido ao clima severo de Boa Vista (SAUER et al., Relatório da Pesquisa, pp. 99 – 120, 1998a e SAUER et al., pp. 97 – 100, 1999a), é o uso final de maior influencia na demanda de energia. A troca de equipamentos por outros mais eficientes pode proporcionar uma redução no consumo, principalmente no setor atividades.
- A iluminação representa o segundo uso final de maior impacto na demanda de energia. A troca de equipamentos por outros mais eficientes poderia proporcionar uma redução no consumo, em todos os setores, residencial, de atividades e Iluminação Pública.

- A refrigeração aparece em terceiro lugar e a substituição de equipamentos obsoletos poderia proporcionar redução no consumo, principalmente no setor residencial.
- A utilização de motores elétricos é responsável por 10% do consumo total da cidade aparecendo em quarto lugar. A substituição dos motores convencionais por modelos de alta eficiência poderia proporcionar redução no consumo, principalmente na Companhia de Água e Esgotos de Roraima – CAER. Por outro lado a correção do fator de potência, constitui outra medida relevante de racionalização (SAUER et al., Relatório da pesquisa, 1998a).

A seguir são apresentados os programas propostos para a conservação de energia na cidade de Boa Vista – Roraima.

2.3. Iluminação Residencial

Foram levantados os hábitos de uso, a quantidade e o tipo de lâmpadas existentes na cidade, as horas mais prováveis de uso, a quantidade de horas em que estas permanecem acesas e o local onde se encontram. Com base nestes dados e em análise de programas similares já implementados, propõem-se um programa de conservação de energia em iluminação (SAUER et al., Relatório da pesquisa, 1998a).

A iluminação é responsável por 24% do consumo total de eletricidade na cidade, no setor residencial responde por 14% do consumo e no setor de atividades por 35%, o comportamento deste uso de energia possui características distintas de outras localidades brasileiras, possui forte penetração de lâmpadas fluorescentes e alta incidência percentual sobre o consumo de energia. A maioria das lâmpadas fluorescentes estão concentradas no setor de atividades, sendo o setor residencial responsável por 88% das lâmpadas incandescentes instaladas na cidade (SAUER et al., Relatório da pesquisa, 1998a).

A pesquisa de campo permitiu levantar características importantes quanto ao uso de iluminação. Algumas destas características, por serem de certa forma inesperadas, realçam a relevância dessas pesquisas. Uma das características levantadas foi a elevada demanda por domicílio e o escasso controle sobre o número de lâmpadas ligadas: em praticamente todos os domicílios se registra um número variável de lâmpadas ligadas a noite toda (e em alguns

noite e dia). No setor residencial, 11% das lâmpadas incandescentes permanecem ligadas por mais de 12 horas. No setor de atividades 18% das lâmpadas fluorescentes permanecem ligadas por mais de 12 horas, isto se deve basicamente a preocupação com a segurança e ao reduzido controle dos funcionários sobre a utilização das mesmas, rotinas pré determinadas indicam o ligamento e o desligamento da iluminação da maioria dos estabelecimentos. Outra característica levantada é o aumento da penetração de lâmpadas fluorescentes nas classes de renda mais elevada, demonstrando não haver, aparentemente, preconceito de ordem estética em relação às mesmas (SAUER et al., Relatório da pesquisa, 1998a).

Complementando o perfil de uso, a distribuição das lâmpadas incandescentes por local, dentro da habitação ou prédio, também foi levantada na pesquisa de campo. Essa informação possibilita um melhor entendimento dos hábitos de uso e um maior foco no marketing de um programa de conservação. Observou-se que, no seu conjunto total, as lâmpadas incandescentes estão predominantemente instaladas nos quartos (23%), áreas externas descobertas (16%), salas (15%) e banheiros sociais (13%). Esta distribuição é modificada quando o parâmetro horas de uso é utilizado, Nesse caso, as lâmpadas instaladas em áreas externas descobertas predominam (24%), seguidas pelas lâmpadas instaladas em salas (17%), quartos (15%), cozinhas (13%) e varandas (9%), revelando a importância secundária de lâmpadas instaladas em quartos e banheiros (SAUER et al., Relatório da pesquisa, 1998a). Na figura 2.3 pode-se observar a localização das lâmpadas incandescentes que possuem uso superior a duas horas por dia, nos setores residencial e de atividades.

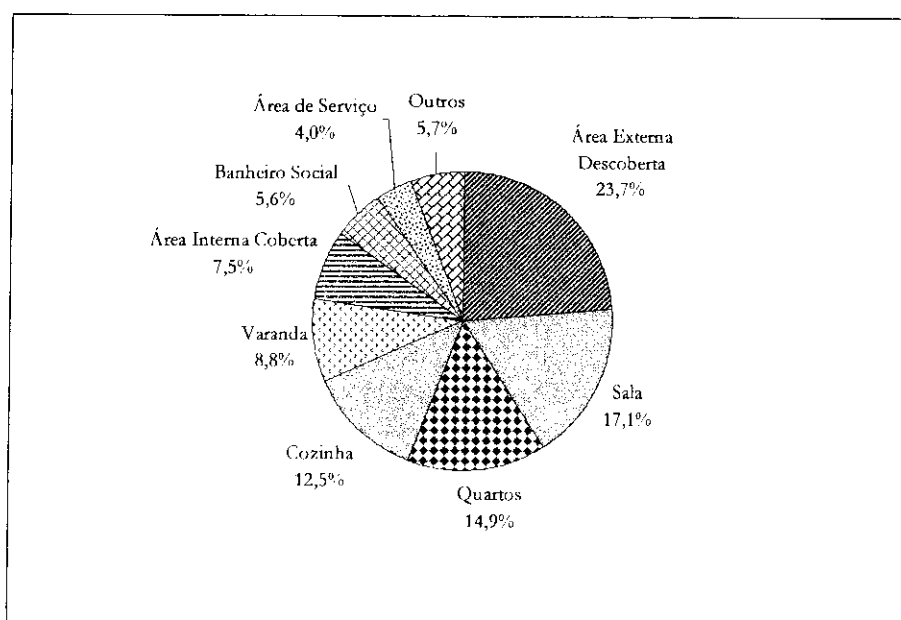


Figura 2.3. Localização das lâmpadas incandescentes (uso \geq 2h, Residencial e Atividades)

Fonte: SAUER et al., Relatório da pesquisa, 1998a

Os fatores arquitetônicos influem significativamente sobre o uso de energia. Em iluminação esta influência está diretamente ligada à quantidade e às áreas das aberturas e como estão distribuídos os cômodos na planta. (FROTA, A. B. e SCHIFFER, S. R., 1995 e LAMBERTS R. et al., 1997). Edificações de padrão moderno podem pecar por utilizar pé direito reduzido, menor área de janelas e má distribuição das salas, acarretando um elevado uso de iluminação, principalmente no setor de atividades. Observou-se na etapa de entrevistas que, na maior parte dos estabelecimentos, toda a iluminação permanece acesa durante o dia (SAUER et al., Relatório da pesquisa, 1998a).

2.3.1. Programa proposto

No programa de conservação de energia em iluminação proposto (SAUER et al., 1999a), adotou-se como parâmetros básicos :

- ♦ Direcionado aos setores residencial e atividades (ênfase setor residencial com 88% das lâmpadas instaladas e 85% do consumo em iluminação incandescente);
- ♦ Substituição de lâmpadas incandescentes de 40W, 60W e 100W; (98,5% do número total de lâmpadas instaladas e aproximadamente 94% do consumo);
- ♦ Ênfase nas lâmpadas que tenham uma média diária de uso igual ou superior a 2 horas (nas potências especificadas);
- ♦ Substituição das lâmpadas incandescentes de 40W e 60W por lâmpadas Fluorescentes Compactas (FC) de 13W;
- ♦ Substituição das lâmpadas incandescentes de 100W por FC de 20W.

Para o dimensionamento, assumiu-se que o programa deveria concentrar-se na substituição de lâmpadas que satisfizessem, simultaneamente, as duas condições: potências supramencionadas e uso médio diário superior a duas horas. O universo de lâmpadas de interesse foi reduzido de 152.000 lâmpadas para aproximadamente 90.000 lâmpadas. A troca por apenas dois tipos de lâmpadas (13 e 20W) favorece a redução no custo pelo aumento da escala de aquisição e estas garantem um fluxo luminoso equivalente ou superior ao existente.

Em termos logísticos, o programa de substituição proposto possui as seguintes características:

- ◆ Coordenação com o comércio local para revenda das lâmpadas e recebimento dos eventuais cupons de desconto e/ou financiamento relativos ao programa;
- ◆ Acordo de preços e quantidades em estoque com o comércio local e fabricantes de lâmpadas;
- ◆ Elaboração de campanha de marketing visando a divulgação do programa e promoção do uso eficiente de energia;
- ◆ Elaboração de um plano de reciclagem das lâmpadas queimadas ou danificadas;
- ◆ Criação/contratação de equipes de acompanhamento e avaliação do programa.

Salienta-se, devido à experiências anteriores, que um dos fatores de sucesso de programas de Gerenciamento pelo Lado da Demanda – GLD está relacionado com o grau de *transformação de mercado* alcançado (BLUMSTEIN, C. et al., 2000). Como transformação de mercado entende-se que o programa gera mudanças nos hábitos do consumidor, introduz e viabiliza uma tecnologia eficiente e cria um ambiente onde esta tecnologia se estabeleça com um mínimo ou nenhum subsídio direto por parte da concessionária.

Não é o intuito deste documento discursar detalhadamente sobre os programas nem sobre o mercado e como suceder sua transformação, objetiva-se apenas a composição dos requisitos básicos para elaboração de programas de GLD (HARRIS, J. and MAHONE D., 1998) Porém salienta-se a alguns aspectos essenciais como:

- ◆ *Comércio local:* deverá atuar como canal de distribuição das lâmpadas FC, possuir estoque suficiente para a viabilização do programa;
- ◆ *Concessionária:* deverá conceder um financiamento, a ser pago na conta de luz, às classes de menor poder aquisitivo, deverá fiscalizar e garantir que o comércio pratique preços dentro de faixas pré estabelecidas, deverá negociar junto aos fabricantes descontos que seriam repassados aos consumidores
- ◆ *Propaganda e Marketing:* deverá ser elaborada uma campanha de divulgação e conscientização quanto aos hábitos de uso e às vantagens de tecnologias mais eficientes.
- ◆ *Acompanhamento:* deverá ser elaborado um programa de recolhimento e reciclagem, o consumidor deve receber orientação sobre como proceder a destinação das lâmpadas danificadas e queimadas. Propõe-se que seja fornecido, no ponto de venda, um desconto no preço final para os consumidores que trouxerem à loja a lâmpada CF queimada.
- ◆ *Avaliação:* uma equipe responsável terá como atribuições a coordenação da implementação do programa, bem como a monitoração estatística das vendas de lâmpadas, e a elaboração de estudos periódicos dos hábitos de uso e penetração da tecnologia (SAUER et al., 1999a).

Outro ponto levantado por experiências anteriores é devido as barreiras ao uso eficiente de energia. Ressalta-se portanto, a importância da divulgação e orientação de um programa de melhoria da eficiência, a desinformação apresenta-se como uma das maiores barreiras ao uso eficiente de energia. Durante a fase de implementação do programa, campanhas nos diversos meios de comunicação deverão orientar a população dos procedimentos de aquisição, substituição e uso das lâmpadas, estas campanhas deverão ter como base as principais dúvidas levantadas em programas similares (BRONFMAN, B., 1998 e FRIEDMANN R. et al., 1993).

O programa proposto consiste de 3 etapas, que são descritas na figura 2.4.

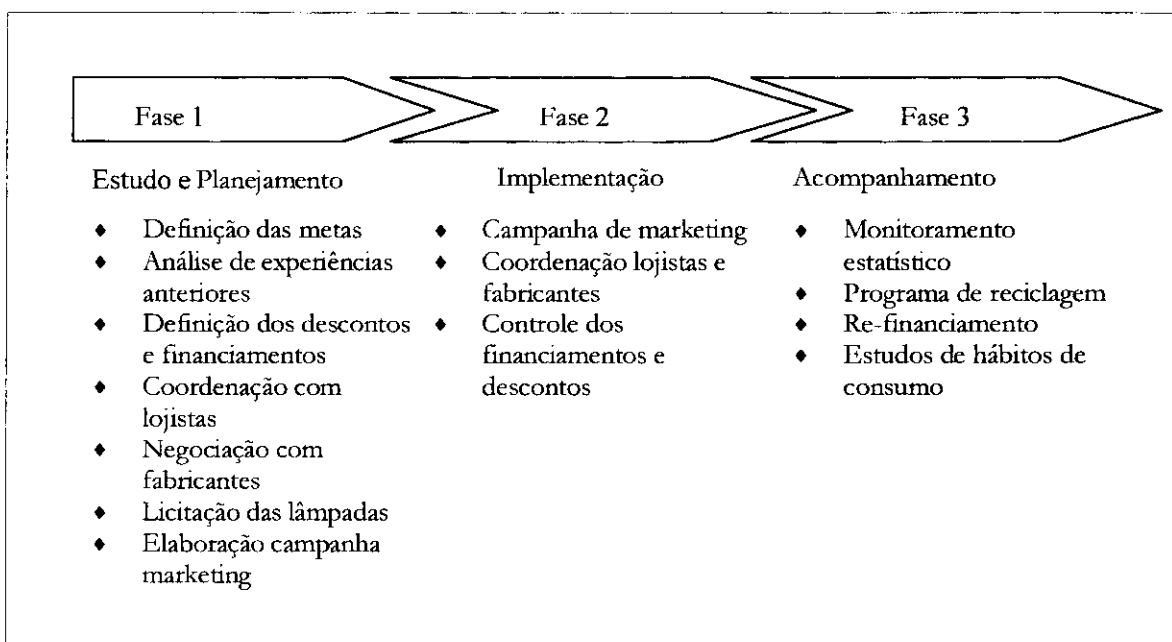


Figura 2.4. Fases do programa de substituição de lâmpadas

Fonte: SAUER et al., 1999a

2.3.2. Análise: econômica e potencial de conservação de energia

A análise das possibilidades de conservação de energia com inserção de lâmpadas eficientes foi efetuada através da elaboração de cenários contrastantes com o cenário tendencial. É considerado cenário tendencial aquele em que as medidas tomadas apenas sejam uma variação natural das políticas existentes. Nesses cenários são considerados os mesmos elementos de políticas e contexto do passado, salvo algumas atualizações introduzidas naturalmente pelo usuário (JANNUZZI e SWISHER, 1997). Para a construção deste, foram utilizadas as previsões de consumo da FIETRONORTE (Sistema Roraima, 1998) e o período de análise será de 1997 a 2008, os cenários sob análise são os seguintes:

- **Cenário Pessimista:** consiste em analisar o efeito da penetração das lâmpadas fluorescentes compactas num índice de 40% ao final do programa.
- **Cenário Realista:** consiste em analisar o efeito da penetração das lâmpadas fluorescentes compactas num índice de 60% ao final do programa.
- **Cenário Otimista:** consiste em analisar o efeito da penetração das lâmpadas fluorescentes compactas num índice de 80% ao final do programa (80% dos consumidores declararam nas entrevistas estarem dispostos a participar de programas de conservação de energia).

Os índices de 40, 60 e 80 % foram determinados na pesquisa de campo onde 80% dos entrevistados afirmaram estar dispostos a participar de um programa de conservação de energia (SAUER et al., 1999a).

De um universo de 155.226 lâmpadas incandescentes no ano de 1997 (28.456 de 40W, 119.791 de 60W e 6.979 de 100W), foram determinadas quantas lâmpadas seriam trocadas (somente as que são utilizadas mais de 2 horas/dia) para cada cenário (SAUER et al., 1999a).

Na tabela 2.1. é apresentada a estimativa da quantidade total de lâmpadas incandescentes de 40, 60 e 100 W para suprir a demanda adicional, por estrato, ano a ano.

Tabela 2.1. Estimativa da quantidade total de lâmpadas incandescentes de 40, 60 e 100 W para suprir a demanda adicional, por estrato, ano a ano.

	ESTRATO										
	1	2	3	4	5	6	8	9	10	11	
1997											
40 W	786	1600	3850	4545	513	242	420	663	180	56	
60 W	6419	7360	22825	20503	4047	1672	3660	962	346	286	
100 W	262	320	275	1515	513	330	120	455	378	111	
1998											
40 W	907	1847	4444	5246	592	279	501	791	215	67	
60 W	7409	8496	26347	23666	4671	1930	4367	1148	413	341	
100 W	302	369	317	1749	592	381	143	543	451	132	
1999											
40 W	960	1955	4704	5553	627	296	535	844	229	71	
60 W	7843	8993	27888	25051	4945	2043	4661	1225	441	364	
100 W	320	391	336	1851	627	403	153	579	481	141	
2000											
40 W	1014	2065	4968	5865	662	312	598	944	256	80	
60 W	8284	9498	29456	26459	5223	2158	5210	1369	493	407	
100 W	338	413	355	1955	662	426	171	648	538	158	
2003											
40 W	1188	2418	5819	6869	775	366	830	1310	356	111	
60 W	9702	11124	34498	30988	6117	2527	7230	1900	683	565	
100 W	396	484	416	2290	775	499	237	899	747	219	
2008											
40 W	1473	2999	7216	8518	961	454	1216	1920	521	162	
60 W	12030	13794	42778	38426	7585	3134	10599	2786	1002	828	
100 W	491	600	515	2839	961	618	347	1318	1095	321	

Fonte: SAUER et al., 1999a.

As simulações realizadas, mesmo período de utilização (2h/dia) e a diferença entre as potência das lâmpadas, mostram que a substituição de lâmpadas proposta poderia gerar uma economia anual de energia (1999) de 1.690 MWh no cenário Realista, chegando, ao final do período (2008), em 9.982 MWh. Estas simulações estão representadas na tabela 2.2.

Tabela 2.2. Energia economizada com substituição de lâmpadas incandescentes, anual e acumulada para os três cenários (MWh/ano).

	Pessimista		Realista		Otimista	
	ano a ano	acumulado	ano a ano	acumulado	ano a ano	acumulado
1999	1126	1126	1690	1690	2253	2253
2000	2248	3375	3373	5062	4497	6750
2001	1249	4624	1874	6936	2499	9249
2003	575	5199	862	7799	1150	10398
2008	1456	6655	2183	9982	2911	13309

Para efetuar a análise econômica foi utilizada como figura de mérito o Custo da Energia Conservada (CEC), o Fator de Recuperação de Capital (FRC) e o balanço de benefícios e custos para o consumidor, para a concessionária e para sociedade (SAUER et al., Sumário metodológico, 1999b).

Sendo:

$$FRC = \frac{d \cdot (1 + d)^n}{(1 + d)^n - 1} \quad \text{onde } d - \text{ taxa de desconto real deflacionada}$$

$$CEC = \frac{FRC(d, n_E) \times CE - FRC(d, n_C) \times CC + CA_{O\&M}}{EC - EE}$$

onde:

CEC=Custo de Energia Conservada

d=taxa de desconto

n_E, n_C = vida útil das tecnologias (C = convencional e E = eficiente)

$CA_{O\&M}$ = custo adicional anual de operação e manutenção, se houver.

EE - consumo anual de energia com tecnologia eficiente

EC- consumo anual de energia com tecnologia convencional

CE - custo da tecnologia eficiente (investimento inicial)

CC - custo da tecnologia convencional

Para a concessionária de energia, tem-se:

$$CEC_E = \frac{(FRC(d, n_E) \times CE - FRC(d, n_C) \times CC + CA_{O\&M}) \times (1 - r)}{EC - EE}$$

onde r corresponde às perdas de transmissão e distribuição.

Para a sociedade, tem-se:

$$CEC_s = \frac{((FRC(d, n_E) \times CE - FRC(d, n_C) \times CC + CA_{O\&M}) + C_{gp}) \times (1 - r)}{EC - EE}$$

onde r corresponde às perdas de transmissão e distribuição e C_{gp} corresponde ao custo de gestão do programa de substituição.

Os parâmetros básicos assumidos para a análise econômica foram:

- Taxa de desconto 12%
- Vida média:
 - Lâmpadas incandescentes 960 h
 - Lâmpadas CF 8000 h
- Custo de diesel R\$0,338 por litro (em 1997)
- Consumo médio 0,38 litros por KWh (eficiência de conversão)
- custo de geração térmica existente R\$ 128,44/MWh
- Conta Consumo de Combustíveis concessionária (CCC) 30%
- CCC sociedade 70%
- custo geração térmica nova (R\$/MWh)
 - 1US\$ = 1,2 R\$: R\$74,36, custo combustível + R\$14,03, custo investimento
 - 1US\$ = 1,8 R\$: R\$74,36, custo combustível + R\$20,63, custo investimento
- custo geração hidráulica Venezuela
 - 1US\$ = 1,2 R\$: R\$33,07 /MWh
 - 1US\$ = 1,8 R\$: R\$49,60 /MWh
- Preço lâmpadas
 - Incandescente 40W R\$0,80
 - Incandescente 60W R\$0,85
 - Incandescente 100W R\$0,90
 - CF 13W R\$15,00
 - CF 20W R\$20,00
- Perdas totais sobre geração 17%
- custo de gestão do programa R\$ 2,00/lâmpada no primeiro ano
- Perdas Reator
 - CF 13W 2W
 - CF 20W 3W

A partir dos valores básicos adotados, foram calculadas as principais figuras de mérito do programa. Alguns dos parâmetros são quantidades incertas ou determinadas por algum processo. Desta forma é importante obter também a sensibilidade das figuras de mérito a variações destes parâmetros. Foram realizados dois tipos de análise de sensibilidade: diagrama "spider" e simulação de Monte Carlo.

O diagrama "spider" é montado variando cada um dos parâmetros incertos, enquanto mantém-se todos os outros constantes e verificando o impacto nas figuras de mérito. Foi avaliada a sensibilidade à variação dos seguintes parâmetros: taxa de desconto, vida da lâmpada incandescente, vida da lâmpada fluorescente compacta e custo da lâmpada fluorescente compacta.

No método de Monte Carlo, o estudo de sensibilidade utiliza-se de métodos estatísticos, utilizando distribuições discretas é construída uma árvore descrevendo as probabilidades e valores de cada variável. Este procedimento é mais realista pois permite que as diversas incertezas se interajam produzindo uma distribuição estatística dos resultados (SAUER et al., Sumário metodológico, 1999b), assumiram-se as seguintes distribuições para os parâmetros independentes:

- Vida lâmpada Incandescente (horas)	Normal (média=960, desv.padrão=96)
- Vida lâmpada CF (horas)	Normal (média=8000, desv.padrão=800)
- Uso diário (horas)	Triangular min.=1,mais provável=3,max.=5)
- Custo CF 20W (Reais)	Triang. (min=15,mais provável=20,max=25)
- Custo CF 3W (Reais)	Triang. (min=11,mais provável=15,max=19)

Pelo método "spider" observou-se que o custo mais elevado (R\$100,69/MWh) ainda é inferior ao custo médio da energia térmica gerada (R\$128,44/MWh) e próximo da tarifa cobrada no estrato 3 (R\$114,21/MWh sem ICMS). Esses valores indicam que as trocas sugeridas são vantajosas para os consumidores, mesmo sem incentivos iniciais, exceto para a troca das lâmpadas de 40W nos estratos 1 e 2. Os custos também são inferiores ao da energia gerada, indicando que, também para a empresa, existiriam benefícios em substituir as lâmpadas consideradas, caso não existisse o CCC.

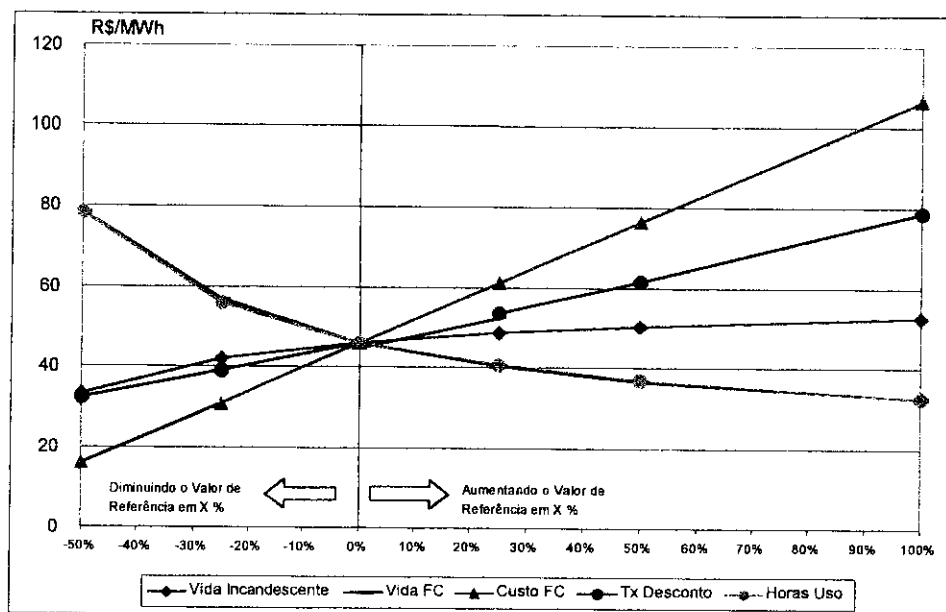


Figura 2.5. Sensibilidade do Custo da Energia Conservada. Lâmpada de 100W (2 horas de uso, 12% taxa de desconto).

Fonte: SAUER et al., 1999a.

A figura 2.5 mostra a importância do custo de aquisição da lâmpada fluorescente compacta (FC). O CEC é mais sensível a variações neste custo do que em qualquer outro parâmetro. Seguindo o custo da FC, a redução na vida desta lâmpada contribui para um aumento exponencial do valor do CEC. Esta análise indica que esforços de garantia de qualidade (vida) e de redução dos custos da lâmpada devem ser prioridades na elaboração de um programa. Este perfil de sensibilidade se repete para as outras trocas de lâmpadas e, de maneira similar, para o CEC da empresa.

A figura 2.6 é resultado da simulação de Monte Carlo. Assumiram-se distribuições para a vida das lâmpadas, para o preço da CF e para as horas de uso.

No caso demonstrado, figura 2.6, tem-se a curva de distribuição cumulativa do Custo da Energia Conservada para substituição de uma lâmpada incandescente de 100W por uma FC de 20W (25W contando reator).

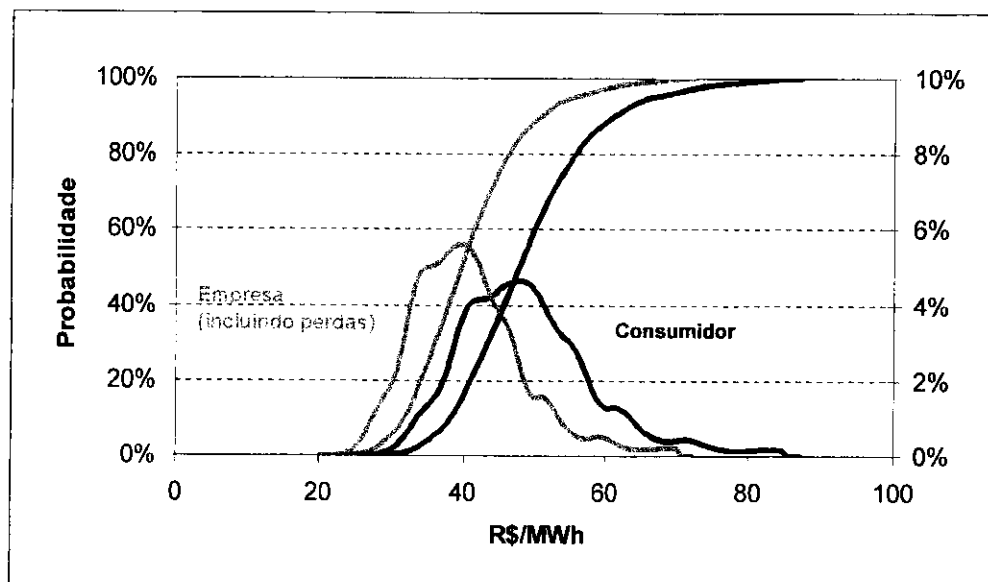


Figura 2.6. Curva de distribuição cumulativa do CEC

Fonte: SAUER et al., 1999a

Para outra figura de mérito utilizada, o Balanço de Custos e Benefícios, adotou-se como parâmetros base: BALANÇO ECONÔMICO ANUALIZADO (R\$/ano) (SAUER et al., 1999a).

CONSUMIDOR

Custos: Diferença no custo das lâmpadas eficientes

Benefícios: Custo da energia evitada (R\$/ano), Subsídio (Rebate) recebido e ICMS evitado

Balanço: Benefícios - Custos (R\$/ano)

EMPRESA

Custos: Perda de receita (R\$/ano), Custos administrativos do programa (R\$/lâmpada) e Subsídios.

Benefícios: Geração Evitada, Distribuição e Transmissão evitadas e Perdas de T&D evitadas

Balanço: Benefícios - custos (R\$/ano)

SOCIEDADE

Custos: Tecnologia nova e Custo de Gestão do Programa

Benefícios: Geração Evitada, Distribuição e Transmissão evitadas, Subsídio CCC evitado, Perdas de T&D evitadas e Tecnologia evitada

Balanço: Benefícios - custos (R\$/ano)

Tabela 2.3. Balanço Econômico das substituições (em R\$/ano/lâmpada/estrato, 1998).

Lâmpada 40W	1	2	3	4	5	6	8	9	10	11
Consumidor	-0,45	-0,45	0,60	0,87	0,87	0,87	1,05	1,05	1,05	1,05
Empresa	0,60	0,60	-0,09	-0,33	-0,33	-0,33	-0,48	-0,48	-0,48	-0,48
Sociedade	-0,54	-0,54	-0,54	-0,54	-0,54	-0,54	-0,54	-0,54	-0,54	-0,54
Lâmpada 60W										
Consumidor	0,10	0,10	1,52	1,89	1,89	1,89	2,14	2,14	2,14	2,14
Empresa	0,94	0,94	0,00	-0,32	-0,32	-0,32	-0,53	-0,53	-0,53	-0,53
Sociedade	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30
Lâmpada 100W										
Consumidor	1,68	1,68	4,92	5,75	5,75	5,75	6,31	6,31	6,31	6,31
Empresa	2,59	2,59	0,45	-0,27	-0,27	-0,27	-0,74	-0,74	-0,74	-0,74
Sociedade	3,49	3,49	3,49	3,49	3,49	3,49	3,49	3,49	3,49	3,49

Fonte: SAUER et al., 1999a.

A troca de lâmpadas de 40W, considerando-se um uso de 2 horas só apresenta benefícios ao consumidor a partir do estrato 3, já as trocas de lâmpadas de 60 e 100W apresentam um balanço custo-benefício positivo inclusive para a concessionária até o estrato 3 (SAUER et al., 1999a).

Simulou-se o balanço Custo Benefício para novas fontes de geração. A geração por novas unidades térmicas, devido ao seu menor custo, faz com que a sociedade tenha custos, no caso da troca de lâmpadas de 60 e 100W. Isso ocorre porque o benefício de evitar o pagamento do CCC é inferior ao custo da nova tecnologia - lâmpadas compactas fluorescentes. Para a empresa, a instalação de novas unidades termelétricas reduziria o custo de geração, fazendo com que a opção pelo programa de conservação de energia através da substituição de lâmpadas se tornasse menos vantajoso do que na situação atual. Esta situação ocorre mesmo quando se avalia o custo de geração, de uma nova unidade térmica, mediante a situação do dólar valorizado em relação ao real (SAUER et al., 1999a).

Para a opção de compra de energia elétrica da Venezuela, geração hidráulica, observa-se que, devido ao custo ainda inferior da geração hidráulica, os balanços apresentam-se negativos para a sociedade para as três trocas avaliadas, sendo favorável apenas ao consumidor (SAUER et al., 1999a)

2.4. Iluminação Pública

A Iluminação Públicas em Boa Vista possui um grande contraste, em regiões periféricas, áreas de expansão urbana, a iluminação é quase inexistente e por outro lado, há locais na cidade com altos níveis de iluminância, acima do recomendado pela norma ABNT – NBR 5101 (SAUER et al., Anexo III – Procedimento de campo: as medições 1998d).

O parque de lâmpadas da cidade passível de substituição possui 10.671 lâmpadas de 80 W de Vapor de Mercúrio (V.M.) e 250 lâmpadas de 250 W de V.M. que poderiam ser substituídas por lâmpadas de Vapor de Sódio (V.S.) de 150W e 70W respectivamente, mediante o critério da manutenção ou melhora do fluxo luminoso. As lâmpadas de 400W de VS que estão localizadas nos logradouros que possuem nível de iluminância acima do recomendado podem ser substituídas por lâmpadas de V.S. de menor fluxo luminoso. Porém uma campanha de acompanhamento do novo fluxo luminoso é recomendado (SAUER et al., Anexo III – Procedimento de campo: as medições 1998d).

Outra alternativa, para a melhoria da eficiência da IP, seria o desligamento temporário de lâmpadas, mediante sistemas controladores tipo ripple control, por onda de rádio ou por relés programados. Esta alternativa seria prioritariamente utilizada em Parques como o Anauá e o Airton Senna, mas também, poderia ser estendida para a totalidade das lâmpadas de 400 W existentes na cidade de Boa Vista (SAUER et al., 1999a).

Basicamente neste trabalho duas alternativas são avaliadas: a) substituição de lâmpadas de VM por lâmpadas de VS com manutenção ou melhora do fluxo luminoso e b) onde já existem lâmpadas de VS, com iluminâncias superiores às recomendadas pela norma, a adequação do fluxo luminoso pode ser obtida: 1 - via utilização de relés controladores pré-programados, para desligar temporariamente parte das lâmpadas, ou, 2 - via substituição de lâmpadas V.S por outras de menor potência elétrica e menor fluxo luminoso, sempre que possível e que sejam atendidas as limitações de engenharia e as restrições de viabilidade econômica (SAUER et al., 1999a).

2.4.1. Programa proposto

Lcvando-se em conta a quantidade de lâmpadas existentes de cada tipo específico, optou-se por dois programas distintos. O primeiro refere-se às lâmpadas de 250 W V.M. que devido

ao seu número reduzido (250 unidades), seriam trocadas no primeiro ano, 1999. O segundo refere-se às lâmpadas de 80 W V.M. que devido a sua quantidade (10.671 unidades), estudou-se duas alternativas: a troca de todas as lâmpadas no primeiro ano, 1999 e a troca das lâmpadas de acordo com sua vida útil. Considerando que a vida útil das lâmpadas de V.M. seja de 15.000 horas e o período de utilização diário seja de 12 horas, sua durabilidade será de 1.250 dias, portanto, todas as lâmpadas poderão ser substituídas num período de 3 anos e 5 meses. Quando a troca é realizada levando-se em conta a vida útil das lâmpadas, o custo do investimento utilizado nos cálculos é a diferença entre o custo de uma lâmpada de V.M. e o custo de uma de lâmpada de V.S. ou seja, o custo evitado das lâmpadas de V.M. (SAUER et al., 1999a).

Quanto aos locais com níveis de iluminância acima do recomendado, indica-se duas possibilidades de economia de energia sem prejudicar a qualidade de serviço:

- a) Programa de substituição imediata ou progressiva de lâmpadas por outras de potência inferior. Exemplo: 400 W V.S. por 250 W V.S. ou por 150 W V.S.

Porém, esta alternativa está atrelada à uma campanha de acompanhamento dos novos níveis de iluminância, portanto não será estudada.

- b) Utilização de equipamentos de controle da operação das lâmpadas ou parte delas.

Optou-se pelo estudo da utilização de relés controladores de horas ligadas. Este relé substituem os relés fotoelétricos convencionais com a vantagem de poderem ser programados para desligamento em horário e por período pré determinado. O relé foto elétrico, pode ser programado para desligar a(s) lâmpada(s) automaticamente em um horário pré determinado como por exemplo as 24:00 hs, permanecendo a(s) lâmpada(s) desligada até o próximo horário programado, por exemplo as 5:00 hs. Estes também podem ser programados para desligamento da(s) lâmpada(s) por período pré determinado (por exemplo de 4 – 7 horas) (SAUER et al., 1999a).

2.4.2. Análise: econômica e potencial de conservação de energia

Estima-se o potencial de energia conservada e o potencial de potência conservada quando da substituição das lâmpadas propostas em 105,12 MWh/ano para a troca de lâmpadas de VM de 250W por lâmpadas de VS de 150W, uma potência de 24 kW (SAUER et al., 1999a), para as demais trocas os valores de potencial de energia economizada, potencial de

potência conservada e seus respectivos valores acumulados estão demonstrados na tabela 2.4.

Tabela 2.4. Potencial de Energia e Potência Conservada

Tipo de troca	Potencial de Energia conservada (MWh/ano)	P.E.C. Acumulado	Potencial de Potência Conservada (kW)	P.P.C. Acumulado
VM 80W por VS 70W ano 1	95,53	95,53	21,81	21,81
VM 80W por VS 70W ano 2	95,53	191,05	21,81	43,62
VM 80W por VS 70W ano 3	95,53	286,58	21,81	65,43
VM 80W por VS 70W ano 4	40,57	327,57	9,26	74,69

Fonte: SAUER et al., 1999.

Para efetuar a análise econômica foi utilizada como figura de mérito o *Custo da Energia Conservada* (CEC), o *Fator de Recuperação de Capital* (FRC), anteriormente descritos, a *Taxa Interna de Retorno* (TIR) e o balanço de benefícios e custos para o consumidor, para a concessionária e para sociedade (SAUER et al., Sumário metodológico, 1999b).

Como parâmetros básicos da análise econômica assumiu-se:

- taxa de desconto 12%
- vida útil das lâmpadas de Vapor de Sódio 16.000 horas
- vida útil das lâmpadas de Vapor de Mercúrio 15.000 horas
- custo do diesel R\$ 0,338 por litro (em 1997)
- consumo médio 0,38 litros por KWh (eficiência de conversão)
- custo de geração térmica existente R\$ 128,44/MWh
- CCC concessionária 30%
- CCC sociedade 70%
- horas de utilização 12 horas/dia
- horas de utilização 4.380 horas/ano
- preço das lâmpadas de Vapor de Sódio
 - modelo : 70 W R\$ 13,20 (valor unitário)
 - modelo: 150W R\$ 17,00 (valor unitário)
- preço das lâmpadas de Vapor de Mercúrio
 - modelo : 80 W R\$ 5,70 (valor unitário)
 - modelo: 250W R\$ 13,00 (valor unitário)
- preço de reator + ignitor para lâmpadas de Vapor de Sódio
 - modelo : para lâmpada de 70 W R\$ 40,00 (valor unitário)
 - modelo: para lâmpada de 150W R\$ 57,00 (valor unitário)
- preço de reator + ignitor para lâmpadas de Vapor de Mercúrio

Capítulo 2 – Potencial de conservação de energia da cidade de Boa Vista – RR

modelo : para lâmpada de 80 W	R\$ 12,00 (valor unitário)
modelo: para lâmpada de 250W	R\$ 21,00 (valor unitário)
- perdas totais sobre geração	8%
- custo de geração por nova unidade térmica (R\$/MWh)	
1 US\$ = 1,2 R\$:	R\$74,36, custo combustível + R\$14,03, custo de investimento
1 US\$ = 1,8 R\$:	R\$74,36, custo combustível + R\$20,63, custo de investimento
- Tarifa de energia elétrica por estrato: R\$/kWh	
estrato	sem ICMS ICMS(%)
1	0,07613 0
2	0,07613 0
3	0,11421 17
4	0,12689 17
5	0,12689 17
6	0,12689 17

Comparando-se o custo da energia conservada com a tarifa de R\$ 69,74/MWh, observa-se que somente a alternativa de troca de lâmpada de V.M. de 250 W por V.S. de 150 W é viável (R\$ 29,18 MWh), isto se for levado em conta o custo evitado das lâmpadas de Vapor de Mercúrio. Os demais valores de CEC estão demonstrados na tabela 2.5 (SAUER et al., 1999a).

Tabela 2.5. Estimativas de CEC para as substituições analisadas

Tipo de troca	PMBV CEC (R\$/MWh)	Empresa CEC (R\$/MWh)
VM 80W por VS 70W	399,32	369,32
VM 250W por VS 150W	62,30	58,68
VM 250W por VS 150W*	31,51	29,18

Nota: * estimativas calculadas levando-se em conta o custo evitado das lâmpadas de Vapor de Mercúrio

Fonte: SAUER et al., 1999a.

Para a utilização de relés controladores foram adotadas as seguintes premissas:

- Estudo da Iluminância e Uniformidade dos logradouros;
- Variação da quantidade de horas programadas em que as lâmpadas permanecem apagadas;
- Tipos e quantidades de lâmpadas.

Os cálculos, da utilização de relés, foram realizados para as localidades: Parque Anauá, Avenida Capitão Enne Garcez, Centro Cívico, Avenida Glaycon de Paiva e Avenida Brigadeiro Eduardo Gomes, num total de 914 lâmpadas de Vapor de Sódio de 400 W das 1.800 existentes no ano base de 1997. O Custo da Energia Conservada foi calculado para uma variação de 2 a 6 horas evitadas. Nestas localidades estudou-se a variação das horas evitadas de 2 a 6 horas/dia, e os resultados obtidos demonstraram a viabilidade da utilização de relés controladores, para todas as localidades (SAUER et al., 1999a).

Para outra figura de mérito utilizada, o Balanço de Custos e Benefícios, adotou-se como parâmetros base: BALANÇO ECONÔMICO ANUALIZADO (R\$/ano)

PREFEITURA

Custos: Diferença no custo das lâmpadas eficientes

Benefícios: Custo da energia evitada (R\$/ano) e ICMS evitado

Balanço: Benefícios - Custos (R\$/ano)

EMPRESA

Custos: Perda de receita (R\$/ano).

Benefícios: Geração Evitada, Distribuição e Transmissão evitadas e Perdas de T&D evitadas

Balanço: Benefícios - custos (R\$/ano)

SOCIEDADE

Custos: Tecnologia nova.

Benefícios: Geração Evitada, Distribuição e Transmissão evitadas, Subsídio CCC evitado, Perdas de T&D evitadas

Balanço: Benefícios - custos (R\$/ano)

Calculando-se o Balanço de Custos e benefícios para as trocas, descritas anteriormente, observa-se que a Prefeitura Municipal de Boa Vista bem como a Sociedade tendem a ser beneficiadas com a troca das lâmpadas de V.M. de 250W, isto novamente levando-se em conta o custo evitado das lâmpadas de V.M. Já para a concessionária Eletronorte o balanço é negativo (SAUER et al., 1999a)..

A alternativa de utilização dos relés controladores mostrou-se favorável para a Prefeitura e para a Sociedade, sendo negativa para a Eletronorte devido a redução da receita que esta medida acarreta. (SAUER et al., 1999a).

2.5. Companhia de Águas e Esgoto de Roraima

O setor de Serviços Públicos abrange funções estritamente técnicas, como o caso da Companhia de Água e Esgoto de Roraima, a CAER, com seu bombeamento de água e de esgoto. Estes consumos estritamente técnicos são responsáveis por aproximadamente 70% do consumo global do setor de serviços e no caso dos motores, 22% do consumo de todo setor de atividades (SAUER et al., Relatório da pesquisa, 1998a).

Para a CAER, pode-se indicar algumas questões relativas aos parâmetros utilizados para se verificar a eficiência do bombeamento de água:

- Consumo específico de água por habitante, e seu potencial de redução, já que operando sobre esta variável, se reduz globalmente a demanda de água e, portanto, o consumo de energia.
- Condições técnicas das instalações, já que a eficiência do sistema é condicionada pelas perdas de carga e pelas perdas de tensão e, como se tratam de sistemas que trabalham em regime semi permanente, qualquer ganho, por pequeno que seja, na eficiência do sistema, acaba tendo um retorno rápido (SAUER et al., Relatório da pesquisa, 1998a).

Na primeira etapa deste trabalho, realizou-se apenas uma breve campanha de medições, em motores das principais instalações do Sistema Rio Branco de captação e da estação elevatória de esgotos de Caxangá. O principal objetivo foi levantar os parâmetros de desempenho dos motores para verificar, ainda que em caráter preliminar, as potencialidades de eventual intervenção buscando a racionalização do uso de energia, somente foram levantados dados sobre os parâmetros elétricos (SAUER et al., Relatório da pesquisa, 1998a).

2.5.1. Programa Proposto

O programa proposto baseia-se na substituição dos motores existentes por motores de alto rendimento plus, estas substituições são recomendadas, pois, foi constatado através das entrevistas e medições (1ª etapa) que estes motores já foram rebobinados ou são antigos, o que se traduz em um potencial de redução do consumo de energia caso estas máquinas ineficientes sejam substituídas. Baseia-se também na adequação do Fator de Potência (FP) identificado como estando abaixo do recomendado em algumas

localidades. A correção do fator de potência estaria evitando o pagamento da multa, que corresponde a um acréscimo na tarifa por potência referente à relação $F_{p\text{exigido}}/F_{p\text{medido}}$ (SAUER et al., 1999a).

A escolha pela substituição dos motores ocorreu pelo fato da campanha de medição ter sido breve e, portanto não ser passível a determinação dos parâmetros necessários para o redimensionamento dos conjuntos moto-bombas, que poderia proporcionar benefícios superiores aos permitidos pela mera substituição dos motores convencionais (SAUER et al., Relatório da pesquisa, 1998a).

Foram analisados 29 motores instalados: no Sistema Rio Branco-Parque da Águas, Estação Elevatória São Vicente, Estação Elevatória Caxangá, Pintolândia e São Sebastião.

2.5.2. Análise: econômica e potencial de conservação de energia

O potencial de conservação de energia da CAER não pode ser avaliado de uma forma simplista, unicamente pela hipótese da troca de equipamentos, cada unidade é um sistema e deve ser otimizado em função de seus parâmetros globais de funcionamento. Recomenda-se a execução de uma auditoria energética detalhada que pesquise o consumo específico de água por habitante, as condições técnicas das instalações e as condições de contorno de cada motor (SAUER et al., Relatório da pesquisa, 1998a).

Para efetuar a análise econômica foi utilizada como figura de mérito o *Custo da Energia Conservada* (CEC), o *Fator de Recuperação de Capital* (FRC), a *Taxa Interna de Retorno* (TIR), e o balanço de benefícios e custos para o consumidor, para a concessionária e para sociedade, todos descritos anteriormente (SAUER et al., Sumário metodológico, 1999b).

Como parâmetros básicos da análise econômica assumiu-se:

- taxa de desconto	2%
- vida dos motores	10 anos
- custo do diesel	R\$ 0,338 por litro (em 1997)
- consumo médio	0,38 litros por kWh (eficiência de conversão)
- custo de geração térmica existente	R\$ 128,44/MWh
- CCC concessionária	30%

Capítulo 2 – Potencial de conservação de energia da cidade de Boa Vista – RR

- CCC sociedade 70%
- perdas técnicas do sistema 8%
- custo geração térmica nova (R\$/MWh)
 - 1 US\$ = 1,2 R\$: R\$74,36, custo combustível + R\$14,03, custo de investimento
 - 1 US\$ = 1,8 R\$: R\$74,36, custo combustível + R\$20,63, custo de investimento
- custo geração hidráulica Venezuela
 - 1 US\$ = 1,2 R\$: R\$33,07/MWh
 - 1 US\$ = 1,8 R\$: R\$49,60/MWh

Utilizando-se os dados levantados de preço, rendimento e horas de uso dos motores, foi possível calcular o CEC para a substituição de cada motor de cada localidade. Para o Sistema Rio Branco foram analisados 12 motores com potências variando de 10 a 93,75 MW, os valores calculados de CEC demonstram que somente o motor 12¹ apresentou um CEC superior ao preço da tarifa de energia elétrica. O cálculo do CEC para os demais motores indica que a substituição por motores eficientes é viável (SAUER et al., 1999a).

Para Estação Elevatória São Vicente foram analisadas as substituições de 4 motores que, demonstraram serem passíveis de troca, tanto na perspectiva do consumidor quanto na perspectiva da concessionária, quando o CEC calculado foi comparado com a tarifa de R\$0,06343/KWh para consumo e de R\$4,343/KW para demanda de potência com isenção de ICMS (SAUER et al., 1999a).

Para Pintelândia, um bairro de Boa Vista, foram analisados 6 motores, para este conjunto de motores, somente a substituição de um motor de marca WEG não se apresentou viável devido ao número reduzido de horas de utilização (1095 horas/ano). Para São Sebastião, 6 motores foram analisados e todos apresentaram-se passíveis de troca. Estes resultados foram confirmados pelo cálculo da TIR (SAUER et al., 1999a).

Para outra figura de mérito utilizada, o Balanço de Custos e Benefícios, adotou-se como parâmetros base: BALANÇO ECONÔMICO ANUALIZADO (R\$/ano)

CAER

Custos: Custos dos novos motores

Benefícios: Custo da energia evitada (R\$/ano)

¹ Segundo as medições realizadas na 1ª etapa, cada motor foi identificado por potência, localização (estação), marca do fabricante, porém devido às más condições de manutenção, alguns motores não puderam ser identificados por seu fabricante, caso do motor número 12.

Balanço: Benefícios - Custos (R\$/ano)

EMPRESA

Custos: Perda de receita (R\$/ano).

Benefícios: Geração Evitada, Distribuição e Transmissão evitadas e Perdas de T&D evitadas

Balanço: Benefícios - custos (R\$/ano)

SOCIEDADE

Custos: Tecnologia nova.

Benefícios: Geração Evitada, Distribuição e Transmissão evitadas, Subsídio CCC evitado, Perdas de T&D evitadas

Balanço: Benefícios - custos (R\$/ano)

Observando o balanço geral de benefícios, observa-se que somente a empresa geradora de energia terá um resultado negativo, resultante de sua perda de receita com a geração evitada. O benefício maior, R\$ 72.270 anuais, ficará com a sociedade principalmente porque no custo da geração evitada, 70% do valor é pago pela sociedade através do CCC, não precisará ser alocado para geração de energia em Roraima (SAUER et al., 1999a).

2.6. Refrigeração Residencial

A refrigeração responde por 32% do consumo do setor residencial e este uso final apresenta um fenômeno bastante peculiar, demonstra uma tendência à saturação. De fato, com o aumento do consumo médio do domicílio, do primeiro ao sexto estrato, a incidência percentual do consumo é constantemente decrescente, de 41 a 14%, mostrando que outros usos (o ar condicionado) aumentam com maior rapidez. Este fenômeno é anômalo em relação ao verificado em outras pesquisas similares (SAUER et al., Relatório da pesquisa, 1998a).

A pesquisa de campo (1997) permitiu estimar que existiam 31.438 geladeiras em Boa Vista, sendo que destas, 42% tinham mais de cinco anos de uso. O modelo mais comum é o de geladeira de uma porta com volume de 200 a 290 litros, correspondendo a 69% do total, onde 12.063 unidades (38%) apresentavam menos de cinco anos de uso e 9.628 unidades (31%), mais de cinco anos de uso. Em segundo lugar, representando 16% do total de geladeiras em 1997, aparece o modelo de uma porta e com volume de 300 a 380 l, onde

10% possuíam menos de cinco anos e 6%, mais de cinco anos (SAUER et al., Relatório da pesquisa, 1998a).

Os dados de consumo, calculados pelo programa alimentado pela pesquisa de campo, demonstraram coerência com os dados obtidos pela campanha de medição. As medições determinaram um consumo de 65,08 KWh/mês e calculando a média dos consumos mensais de energia, para os aparelhos com mais de 5 anos (80,92 KWh/mês) e menos de 5 anos (58,40 KWh/mês), obtém-se um valor de 69,66 KWh/mês. Constatando-se assim, que os refrigeradores em Boa Vista mesmo os mais novos, não apresentam consumo próximo ao consumo especificado pelos fabricantes. Estes, quando contactados, indicam que o problema do elevado consumo dos equipamentos de refrigeração em regiões equatoriais (quentes) é conhecido, mas aparentemente não está equacionado. Sugere-se portanto, cautela quanto a campanhas de incentivo à venda de equipamentos de refrigeração de baixo consumo em regiões com clima equatorial, quando não especificamente projetada para esta condição climática (SAUER et al., Relatório da pesquisa, 1998a).

2.6.1. Programa proposto

Apesar das medições indicarem que mesmo as geladeiras com menos de cinco anos apresentaram um consumo de energia elevado em relação aos valores típicos de consumo, é possível sugerir e avaliar um programa de conservação de energia a partir da substituição dos refrigeradores convencionais por equipamentos eficientes (ganhadores do selo Procel de economia de energia).

Adotou-se os seguintes parâmetros básicos para o programa de substituição:

- Direcionado ao setor residencial.
- Substituição de geladeiras dos modelos de 200 a 280 litros, uma porta, com mais de cinco anos de vida, à medida que forem sendo sucateadas.
- Incentivo à compra de geladeiras eficientes por parte de novos consumidores que surgirem ao longo do período de análise para modelo 200 a 280 litros, uma porta, ao invés de geladeiras convencionais.
- A substituição será por geladeira modelo de volume nominal de 300 litros, uma porta e que tenha recebido selo Procel de Economia de Energia em 1998.

- Para o balanço geral de energia economizada, para as duas estratégias de inserção dos modelos eficientes, determinou-se que a substituição das geladeiras modelos de 200 a 280 l, por geladeiras eficientes resultará em uma economia de 13,40 KWh/unidade substituída ou 160,80 KWh/ano.

O programa está direcionado para o setor residencial pelo fato do setor de atividades representar apenas 8,5% do total de geladeiras estimadas para a cidade ou representar 5,5% do total dos aparelhos alvo para o programa de substituição (modelo 200 a 280 litros, uma porta, mais de cinco anos de vida). Tem como objetivo verificar o efeito da substituição dos refrigeradores existentes, com mais de cinco anos de uso, a medida que forem sendo sucateados e, sabendo-se que os modelos de 200 – 280 de uma porta são os modelos mais encontrados, o programa será restrito a análise da substituição destes modelos pelo modelo eficiente de volume nominal 300 litros, uma porta (SAUER et al., Relatório da pesquisa, 1998a e SAUER et al., 1999a).

Como indicado no item 2.3.1.1. em termos logísticos, o programa de substituição proposto possui as seguintes características:

- Necessidade de coordenação com o comércio local para revenda das geladeiras e recebimento dos eventuais cupons de desconto relativos ao programa;
- Acordo de quantidades em estoque com o comércio local e fabricantes de geladeiras;
- Elaboração de campanha de marketing visando a divulgação do programa e promoção do uso eficiente de energia;
- Criação de equipes de acompanhamento e avaliação do programa.

Pode-se afirmar que as considerações efetuadas na seção 2.3.1.1. para o programa de substituição de lâmpadas se aplicam para a elaboração do programa de substituição de refrigeradores. O programa proposto serve-se da mesma estrutura proposta para a iluminação residencial, figura 2.2. Um ponto divergente entre um programa de substituição de lâmpadas e um programa de substituição de geladeiras é a questão da diferença de custos entre os aparelhos convencional e eficiente, porque, para geladeiras, esta diferença tem uma amplitude menor (SAUER et al., 1999a).

2.6.2. Análise: econômica e potencial de conservação de energia

Novamente faz-se necessário a utilização de construção de cenários, estes serão os mesmos descritos no item 2.3.1.2.

Para estimar o montante de geladeiras existentes e que poderiam ser repostas em consequência de seu desgaste natural (sucateamento), foi definida uma expectativa média de vida dos aparelhos de 20 anos. A taxa de sobrevivência, que permite implicitamente avaliar a taxa de sucateamento, foi estimada para os anos: 1998 = 87%, 1999 = 82%, 2000 = 75%, 2001 = 67%, 2002 = 60%, 2003 = 52%, 2004 = 41%, 2005 = 31%, 2006 = 22%, 2007 = 13% e 2008 = 8% (SAUER et al., 1999a).

A projeção do parque total de geladeiras (sucateadas e novas) está representada na figura 2.7. Observa-se que, para o cenário Pessimista, das 18.044 geladeiras de 200-280 l existentes em 2008, estimou-se que 5.815 unidades poderão ser substituídas por aparelhos eficientes, para o cenário Realista, tem-se 8.722 geladeiras como alvo do programa de substituição e para o cenário Otimista, 11.630 unidades sendo substituídas por aparelhos eficientes. Para o cenário Realista, verifica-se que o montante de geladeiras a ser trocado anualmente por geladeiras eficientes está variando de 600 a 1000 unidades, número indicativo para o planejamento do estoque destes eletrodomésticos no comércio para a eventual implementação do programa de substituição em Boa Vista (SAUER et al., 1999a).

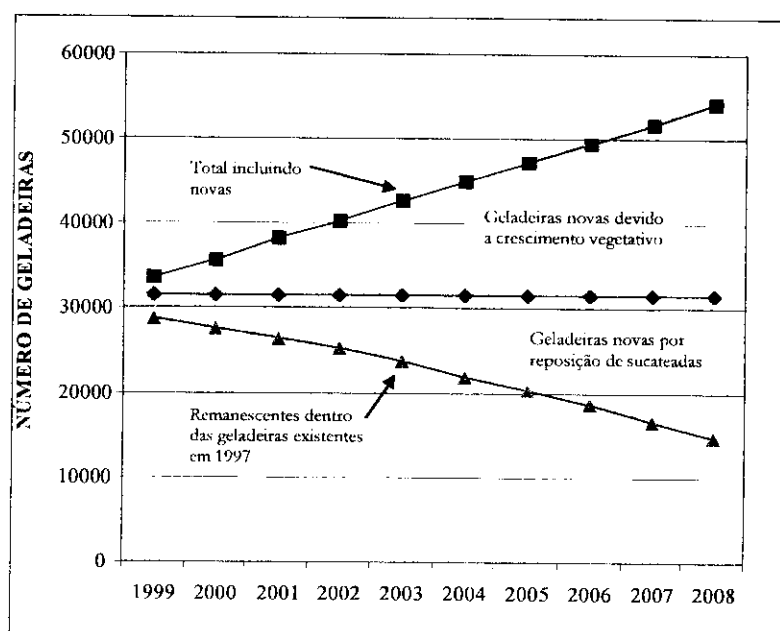


Figura 2.7. Projeção do parque total de geladeiras para Boa Vista, 1999 – 2008.

Fonte: SAUER et al., 1999a.

As simulações mostram que a substituição de geladeiras proposta poderia gerar uma economia anual de energia já em 1999 de 191 MWh no cenário Realista, chegando, ao final do período (2008), em 2.680 MWh (SAUER et al., 1999a).

Apesar da parcela conservada representar 2484 MWh em 2008, este valor equivale a uma redução de 4,74% da demanda de energia para o uso final refrigeração no setor residencial em relação ao cenário Tendencial. O cenário Realista pode reduzir o requerimento de energia em 0,52%, 1,11%, 1,72%, 2,69% e 4,74% nos anos 1999, 2000, 2001, 2003 e 2008 respectivamente, quando comparado ao cenário tendencial (SAUER et al., 1999a).

Para efetuar a análise econômica foi utilizada com figura de mérito o CEC e o cálculo do balanço de benefícios e custos para o consumidor, para a concessionária e para sociedade (SAUER et al., Sumário metodológico, 1999b).

Como parâmetros básicos da análise econômica assumiu-se:

- taxa de desconto 12%
- vida das geladeiras 20 anos
- custo do diesel R\$ 0,338 por litro (em 1997)
- consumo médio 0,38 litros por KWh (eficiência de conversão)
- custo de geração térmica existente R\$ 128,44 / MWh
- CCC sociedade 70%
- preço das geladeiras
 - modelo 300 l uma porta, convencional R\$ 500,00
 - modelo 300 l uma porta, selo PROCEL R\$ 540,00
- consumo de energia das geladeiras
 - modelo 300 l uma porta, convencional 700,80 KWh/ano
 - modelo 300 l uma porta, selo PROCEL 540,00 KWh/ano
- perdas totais sobre geração 17%
- custo de gestão do programa R\$ 20,00/geladeira no primeiro ano
- custo geração térmica nova (R\$/MWh)
 - 1 US\$ = 1,2 R\$: R\$74,36, custo combustível + R\$14,03, custo de investimento
 - 1 US\$ = 1,8 R\$: R\$74,36, custo combustível + R\$20,63, custo de investimento
- custo geração hidráulica Venezuela
 - 1 US\$ = 1,2 R\$: R\$33,07 /MWh
 - 1 US\$ = 1,8 R\$: R\$49,60 /MWh
- Tarifa de energia elétrica por estrato:

estrato	sem ICMS	ICMS(%)
1	0,07613	0
2	0,07613	0
3	0,11421	17
4	0,12689	17
5	0,12689	17
6	0,12689	17

Com estes parâmetros calculou-se o Custo da Energia Conservada sob o ponto de vista do consumidor, da empresa (incluindo as perdas na transmissão e distribuição, inclusive não técnicas) e da sociedade (incluindo custo de gestão do programa). A tabela 2.6. apresenta os valores obtidos.

Tabela 2.6. CEC para substituições das geladeiras

CEC (R\$/MWh) consumidor	33,30
CEC (R\$/MWh) empresa	27,64
CEC (R\$/MWh) sociedade	41,46

Fonte: SAUER et al., 1999a.

Nota-se que os valores do CEC para o consumidor são inferiores até da tarifa cobrada para o estrato 1 (R\$ 76,13 por MWh) e inferiores também ao custo de geração térmica (R\$ 128,44 por MWh). Isto significa que as substituições indicadas são vantajosas para o consumidor, pois para ele o custo para se conservar energia é menor do que a tarifa que ele paga para consumir a mesma quantidade economizada. (SAUER et al., 1999a).

Para a empresa, um CEC de R\$ 27,64 por MWh significa que esta estaria investindo este valor para evitar a geração de energia ao mesmo tempo que estaria tendo perda de receita equivalente a tarifa cobrada por MWh demandado pelo consumidor (SAUER et al., 1999a).

O CEC calculado anteriormente é dependente de parâmetros passíveis de variações, como a taxa de desconto, o potencial de energia conservada com a substituição e a diferença de preço entre as geladeiras convencional e eficiente. Com relação, por exemplo, à diferença de preços, sabe-se que este valor pode variar entre os diferentes estabelecimentos comerciais, de modelo para modelo e entre regiões. Para esta análise, o parâmetro custo da geladeira foi fixado com base em levantamento efetuado no comércio varejista da cidade de São Paulo. (SAUER et al., 1999a).

O maior preço da geladeira eficiente, ocorre, teoricamente em consequência da diferença de custo dos compressores, sendo este, o componente responsável pelo aumento da eficiência energética do aparelho. Outros componentes que também podem influenciar o custo da geladeira eficiente são: o material utilizado para o isolamento térmico e a estética (*design*) do eletrodoméstico. A princípio, uma estimativa feita na Universidade de São Paulo no PIPGE, USP, indicou que a diferença de preço dos compressores é de US\$ 50,00, valor

em fevereiro 1999, muito superior ao estabelecido no cálculo do CEC (SAUER, et al., 1999).

Para verificar a influência destes parâmetros, foi efetuada uma análise de sensibilidade para se observar como uma variação percentual destes altera o CEC (figura 2.8).

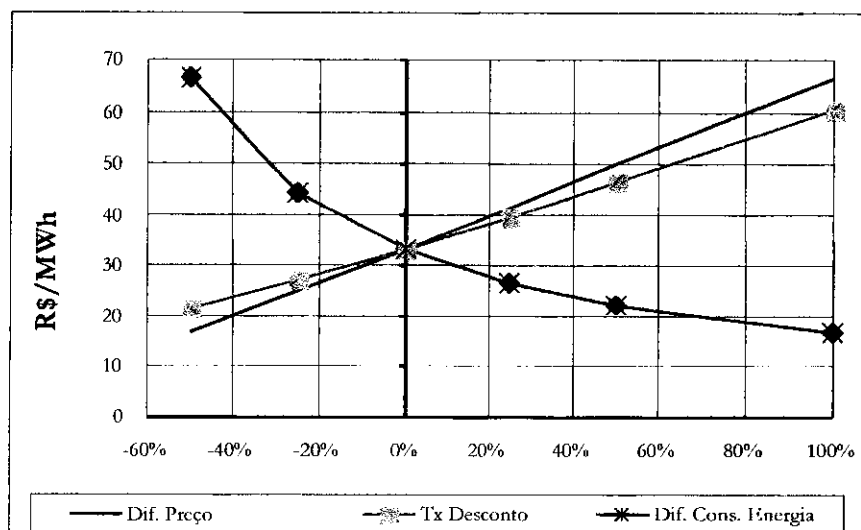


Figura 2.8. Análise de sensibilidade do CEC-consumidor.

Fonte: SAUER et al., 1999a.

A figura 2.6, mostra que o CEC é sensível a variação do potencial de energia economizada: uma redução de 50% deste potencial é capaz de elevar o custo em mais de R\$30,00, enquanto a elevação de 100% do potencial de conservação, reduz em R\$10,00 o CEC. A sensibilidade do CEC à diferença de preço das geladeiras apresenta a amplitude inversa da sensibilidade do CEC à quantidade de energia conservada. (SAUER et al., 1999a).

Para outra figura de mérito utilizada, o Balanço de Custos e Benefícios, adotou-se como parâmetros base: BALANÇO ECONÔMICO ANUALIZADO (R\$/ano)

CONSUMIDOR

Custos: Diferença no custo das geladeiras

Benefícios: Custo da energia evitada (R\$/ano), Subsídio (Rebate) recebido e ICMS evitado

Balanço: Benefícios - Custos (R\$/ano)

EMPRESA

Custos: Perda de receita (R\$/ano), Custos administrativos do programa (R\$/geladeira) e Subsídios.

Benefícios: Geração Evitada, Distribuição e Transmissão evitadas e Perdas de T&D evitadas

Balanço: Benefícios - custos (R\$/ano)

SOCIEDADE

Custos: Tecnologia nova e Custos de Gestão do Programa.

Benefícios: Geração Evitada, Distribuição e Transmissão evitadas, Subsídio CCC evitado, Perdas de T&D evitadas e Tecnologia evitada.

Balanço: Benefícios - custos (R\$/ano)

Tabela 2.7. Balanço benefício-custo para o programa de substituição de geladeiras, sem contabilizar subsídio (R\$/ano/geladeira).

Balanço (R\$) / estrato	1	2	3	4	5	6
consumidor	6,89	6,89	16,13	18,52	18,52	18,52
empresa	-7,45	-7,45	-13,58	-15,62	-15,62	-15,62
sociedade	16,85	16,85	16,85	16,85	16,85	16,85

Fonte: SAUER et al., 1999a.

O balanço indica que existe um benefício econômico para o consumidor na substituição das geladeiras mesmo sem considerar nenhum subsídio. Para a concessionária, por causa da perda de receita que ela teria ao deixar de receber a tarifa da energia elétrica conservada, o balanço apresenta-se negativo. Para a sociedade, o resultado final é positivo (SAUER et al., 1999a).

Com relação ao subsídio/rebate que pode ser concedido ao consumidor com o objetivo de incentivá-lo a optar pela compra da geladeira eficiente, mantida a diferença de preço das geladeiras aqui estipulada, o rebate que faria com que a geladeira eficiente apresentasse preço inferior a convencional seria acima de R\$ 40,00 (SAUER et al., 1999a).

Discutindo-se a possibilidade de nova fonte de geração, calculou-se o Balanço para a geração por novas unidades térmicas e para geração hidráulica (Venezuela). Para a empresa, a instalação de novas unidades termelétricas reduziria o custo de geração fazendo com que a opção pelo programa de conservação de energia através da substituição de geladeiras se tornasse menos vantajoso do que na situação atual. Esta situação ocorre mesmo quando se avalia o custo de geração da nova térmica mediante a situação do dólar valorizado em relação ao real (em 1997 o câmbio era de R\$/US\$).

Observa-se que, mesmo com o dólar valorizado (valor de 1 US\$ = 1,8 R\$ na época do estudo), o custo da compra de energia da Venezuela ainda permanece inferior ao custo de geração atual, mas não torna desvantajoso para o consumidor e para sociedade o balanço benefício-custo do programa de substituição de geladeiras. Já o custo de compra de energia da Venezuela ao câmbio anterior a desvalorização do Real, torna o programa de substituição de geladeiras desvantajoso sob a perspectiva da sociedade, pois seu custo R\$33,07 /MWh é inferior ao CEC para a sociedade: R\$41,46/MWh (SAUER et al., 1999a).

2.7. Condicionamento ambiental

As influências climáticas no consumo de energia para condicionamento ambiente são descritas por vários autores e trabalhos (GIVONI, B., 1976; GIVONI, B., 1992, LAMBERTS R. et al., 1997; FROTA, A. B. e SCHIFFER, S. R., 1995).

O condicionamento ambiente, é o uso final de maior influencia na demanda de energia da cidade de Boa Vista, representando 47% do consumo no setor residencial e 31% do setor atividades. O alto consumo deste uso final está atrelado ao clima severo (quente e úmido) e aos estilos arquitetônicos das construções empregados na cidade. Estes dois itens foram amplamente discutidos no capítulo 7 do volume “Relatório da Pesquisa” na primeira etapa dos trabalhos (SAUER et al., 1998a).

O programa proposto para a melhoria energética do condicionamento ambiental consiste basicamente em duas frentes, uma voltada as edificações e outra ao incentivo à aquisição de condicionadores de ar eficientes.

2.7.1. Otimização das edificações – programa proposto

Para a avaliação das medidas sugeridas na otimização das edificações, foi utilizada a Carta Bioclimática de Givoni (LAMBERTS R. et al., 1997) e também foram utilizadas simulações simplificadas do desempenho térmico das edificações, pelo modelo simplificado do Método de Avaliação do Desempenho Térmico das Edificações (FROTA, A. B. e SCHIFFER, S. R., 1995).

Existem vários métodos de cálculo de previsão do desempenho térmico dentre os quais, podem ser citados os de Mahoney (OLGYAY, V., 1963) de Nessi e Nissolle (KONYA, A.,

1980) e o do CSTB. O CSTB (Centre Scientifique et Technique du Batiment – de Paris) foi adotado para as simplificações deste trabalho, seguindo a metodologia proposta por Frota e Schiffer, pois se baseia em dados climáticos disponíveis e numa abordagem acessível no que se refere às características dos materiais.

O método CSTB, apresentado por Croiset (CROISET, M, 1972) e Borel (BOREL, J., 1967), apud Frota e Schiffer, se baseia no regime térmico permanente. “No caso de conforto térmico de verão, faz-se um balanço térmico sobre hipóteses montadas acerca do que sejam os ganhos e do que sejam as perdas e são consideradas trocas por diferença de temperatura e ganhos devido à incidência da radiação solar” (FROTA, A. B. e SCHIFFER, S. R., 1995).

▪ Utilização da Carta Bioclimática de Givoni

A carta é construída sobre o diagrama psicrométrico, que relaciona a temperatura do ar e a umidade relativa. Os dados de temperatura e umidade relativa podem ser plotados diretamente sobre a carta, onde são identificadas nove zonas de atuação. A figura 2.9 apresenta as nove zonas de conforto para o clima de Belém – Pará.

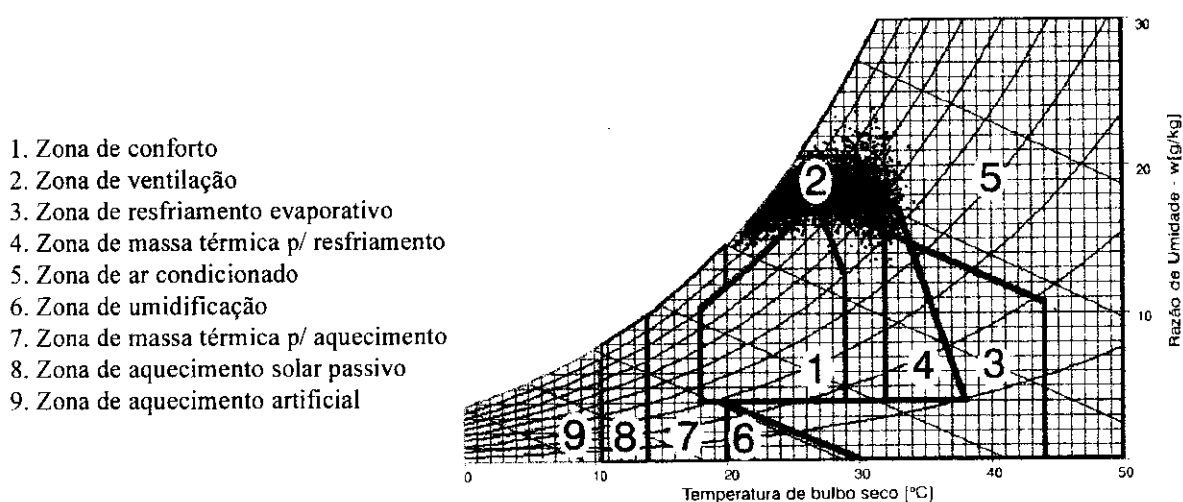


Figura 2.9. - Carta bioclimática com as estratégias indicadas para Belém

Fonte: LAMBERTS R. et al., - Eficiência Energética na Arquitetura, São Paulo, PW Editores, 1997.

A cidade de Belém possui características climáticas muito próximas à Boa Vista (segundo comparação entre os dados climáticos levantados para Belém por LAMBERTS, 1997 e os

dados climáticos de Boa Vista, levantados junto ao INMET, Manaus), portanto as estratégias indicadas para Belém, podem também ser recomendadas para Boa Vista.

Percebe-se uma grande concentração de pontos sobre a zona de ventilação (2), representando a grande necessidade desta estratégia para a cidade. A umidade relativa é bastante alta e as temperaturas nunca são inferiores a 20 °C. O clima é rigoroso, mostrando a necessidade de ar condicionado para várias horas do ano.

O conforto térmico é quase ausente na capital (Belém), representando apenas 0,7% das horas do ano, e o desconforto é provocado integralmente pelo calor (99,2% das horas do ano) (LAMBERTS, 1997). As estratégias bioclimáticas mais indicadas são:

1. Ventilação (85,6% para Belém, estimando-se para Boa Vista 85%);
2. Ar condicionado (9,2% para Belém, estimando-se para Boa Vista 10%).

A principal estratégia a ser adotada é a ventilação, que, considerando as interseções entre as zonas de resfriamento, pode estabelecer conforto térmico em até 89% das horas do ano (85,6% + 2,4% + 1%) para Belém e estimam-se valores semelhantes para Boa Vista. A adoção desta estratégia representa a quase totalidade da solução do problema de desconforto térmico ao longo do ano. As aberturas das edificações devem ser generosas, de forma a captar o vento e permitir a ventilação cruzada dos espaços internos. Também é importante o emprego de proteções solares nas aberturas, principalmente árvores bem localizadas e *brises*, evitando o ganho de calor solar. Nota-se a necessidade de ar condicionado em 9,2% das horas do ano (para Belém), para Boa Vista estima-se 10%, neste período de tempo é necessário que as aberturas (janelas, portas, chaminés, entre outras) possam ser isoladas, não permitindo a passagem de ar (SAUER et al., 1999a).

Nota-se a necessidade de ar condicionado em 9,2% das horas do ano para Belém (LAMBERTS, 1997). Portanto é importante que as aberturas, embora priorizem a ventilação, sejam passíveis de fechamento nos períodos em que a refrigeração via condicionadores de ar é desejável. Aqui se ressalta um exemplo em que a integração entre sistemas naturais e artificiais é a maneira mais adequada para obter conforto térmico ao longo de todo o ano. Sabe-se, porém, que o acesso a aparelhos de ar condicionados somente é permitida aos estratos de maior consumo em função da situação socioeconômica (SAUER et al., 1999a).

▪ Simulações do Método de Avaliação do Desempenho Térmico das Edificações

A principal motivação para a avaliação de temperatura não reside na determinação de seus valores em si, porém, na análise do impacto das medidas mitigadoras sobre as temperaturas máximas. Isto é, o interesse reside na redução diferencial de temperaturas obtidas através da adoção de medidas individuais ou simultâneas como pintura da cobertura, substituição de telha de amianto por telha de barro e arborização (SAUER et al., 1999a).

As simulações realizadas utilizam-se de vários parâmetros como, Temperatura do ar, Radiação solar incidente, Coeficiente global de transmissão de calor, Coeficiente de absorção da radiação solar, Fator de ganho solar de material transparente, Calor sensível do corpo humano, Frequência horária da ventilação, Ganhos de calor solar, Perdas de calor devido à diferença de temperatura interna e externa, Perdas devido à ventilação, Inércia térmica da construção, Temperatura externa média e alongação, Temperatura interna máxima resultante e Efeito chaminé.

As simulações foram realizadas tomando-se como base casas fictícias assim caracterizadas:

Tipo 1 – Classe de alto consumo de energia elétrica, estratos 5 e 6.

- Área construída = 289 m²
- Telhado = amianto
- Janela = madeira com vidro (2) com, 1,00 X 1,80 m
- Pé direito = 2,80 m
- Parede = alvenaria

Tipo 2 – Classe de médio consumo de energia elétrica, estratos 3 e 4.

- Área construída = 100 m²
- Telhado = amianto
- Janela = madeira com vidro(1) com, 1,00 X 1,80 m
- Pé direito = 2,60 m
- Parede = alvenaria

Tipo 3 – Classe de baixo consumo de energia elétrica, estratos 1 e 2.

- Área construída = 49 m²
- Telhado = amianto
- Janela = madeira com vidro com, 1,00 X 1,20 m
- Pé direito = 2,60 m
- Parede = alvenaria

Tipo 4 – Classe de baixo consumo de energia, estratos 1 e 2 (Pintolândia).

- Área construída = 59 m²
- Telhado = amianto
- Janela = madeira com vidro com, 1,00 X 1,20 m
- Pé direito = 2,60 m
- Parede = madeira

As medidas mitigadoras sugeridas foram: a) substituição das telhas de amianto por telhas de barro, (b) pintura dos telhados na cor branca (caiação) e (c) arborização do terreno. As casas foram consideradas sem divisão interna e com formato quadrado, para simplificar a representação de orientação solar (SAUER et al, 1999a).

Na utilização de telhas de barro, os resultados indicam que somente a troca do tipo de telha não atingiria a temperatura da zona de conforto que está situada entre 22 – 27 °C (FROTA, A. B. e SCHIFFER, S. R., 1995) – mesmo que utilizada a banda proposta por Givoni de 18 – 29 °C (LAMBERTS, 1997). A simulação dos efeitos da pintura branca da cobertura foi realizada mantendo-se os parâmetros das casas, somente foi modificada a coloração da cobertura e novamente verificou-se que com a pintura das telhas ainda não é atingida a temperatura da zona de conforto (SAUER et al., 1999a).

Para simular a arborização do terreno próximo à casa, foi adotada a hipótese de redução pela metade da radiação solar incidente anteriormente adotada, (a radiação solar incidente é caracterizada em ganhos de calor devido a radiação solar incidente). A arborização do terreno simulado também não permitiu que se atingisse a temperatura da zona de conforto (SAUER et al., 1999a).

Simulou-se a utilização do conjunto de medidas: troca da telha de amianto pela telha de barro + pintura do telhado de branco + arborização do terreno, a temperatura interna máxima, aproxima-se da temperatura da zona de conforto. Esta aproximação nos mostra que alternativas simples, quando utilizadas em conjunto, podem apresentar uma grande melhora do conforto ambiental, portanto um ganho na eficiência energética para fim de conforto ambiental (SAUER et al., 1999a).

Uma outra alternativa para a redução da temperatura interna das edificações é a utilização de aberturas superiores, favorecendo o efeito chaminé. Isto pode ser feito através de

diversos dispositivos, como lanternins, aberturas no telhado, exaustores eólicos ou aberturas zenitais. (LAMBERTS, 1997).

Simulou-se a utilização de aberturas localizadas na parte superior da parede das edificações, as dimensões das casas hipotéticas foram mantidas e as dimensões das aberturas (novas janelas) foram definidas para cada tipo de casa. Apesar do aumento da frequência horária da ventilação, não ocorreu uma significativa diminuição da temperatura interna máxima em nenhuma das casas simuladas (SAUER et al., 1999a).

Nenhuma das alternativas estudadas conseguiu anular a necessidade do uso de equipamentos para o condicionamento ambiente, mas podem influenciar de maneira benéfica o consumo associado ao uso final condicionamento ambiente. O diferencial de temperatura (permitido pela redução de temperatura decorrente das medidas) integrada ao longo do tempo (ano), reduz a carga térmica. O coeficiente de desempenho (COP) de cada aparelho de ar condicionado, indica a relação entre energia elétrica consumida e energia térmica retirada do ambiente. Pode-se assim estimar a redução de consumo elétrico proporcionado pelas medidas (SAUER et al., 1999a).

De uma forma análoga, a redução de temperatura do ambiente afeta positivamente outro uso final a refrigeração, traduzindo-se por dois efeitos: reduz a carga térmica que penetra no refrigerador por condução pelo envoltório (gabinete) e, facilita a retirada de calor pela troca térmica entre o condensador e o ambiente (SAUER et al., 1999a).

Simularam-se os efeitos das medidas sobre o consumo dos refrigeradores padrão (refrigerador de 270 litros, modelo com maior incidência nos estratos pesquisados). Dependendo de cada medida utilizada, ou da soma delas, foram obtidos ganhos (expressos em kWh/mês) variando de um mínimo de 3,36 até um máximo de 8,92 kWh/mês. Verificando-se assim a viabilidade das medidas propostas no que diz respeito a diminuição do consumo de energia elétrica (SAUER et al., 1999a).

2.7.2. Substituição de Condicionadores de Ar Convencionais

O condicionamento ambiental representa 47% do consumo do setor residencial sendo o ar condicionado responsável por 34% e a ventilação por 13%, no setor de atividades, estes

valores são 31% do consumo do setor com, 29% para os condicionadores e apenas 2% para os ventiladores (SAUER et al., Relatório da pesquisa, 1998a).

A pesquisa de campo (1997) permitiu estimar que existiam 20 864 condicionadores de ar em Boa Vista, sendo que destes, 63,1% estavam instalados em residências. Os modelos mais comuns de condicionador são os de potência entre $7,91 \times 10^6$ Joule e $1,27 \times 10^7$ Joule (Sistema Internacional), conhecidos no mercado por suas potências descritas no Sistema Britânico, 7 500 e 12 000 BTU (1 BTU = 1055 Joule), correspondendo a 82,3% do total (17 178 unidades). Caso sejam considerados apenas os 13 162 condicionadores residenciais, 5 657 destes são de $7,91 \times 10^6$ Joule (7 500 BTU) e 5.250 são de $1,05 \times 10^7$ Joule (10 000 BTU), representando, respectivamente, 43% e 40% do total de condicionadores residenciais (SAUER et al., Relatório da pesquisa, 1998a).

3.7.2.1. Programa proposto

O programa está direcionado para os setores residencial e comercial e tem como objetivo verificar o efeito da substituição dos condicionadores existentes a medida que forem sendo sucateados e, sabendo-se que os modelos de $7,91 \times 10^6$ Joule e $1,05 \times 10^7$ Joule são os modelos mais encontrados, o programa será restrito a análise da substituição destes modelos (SAUER et al., 1999a).

Considerando-se o crescimento vegetativo da população, domicílios e das atividades, partiu-se da premissa que estes novos eletrodomésticos a serem adquiridos serão modelos que utilizam a tecnologia convencional e que existe a possibilidade do consumidor, mediante incentivos e informações adequadas, optar por comprar um aparelho eficiente (Selo Procel de Economia de Energia). Para estes casos, também serão analisados somente os modelos de $7,91 \times 10^6$ Joule e $1,05 \times 10^7$ Joule. As substituições ocorrerão por aparelhos semelhantes e, de acordo com a lista publicada pelo Procel dos aparelhos que receberam o Selo de Economia de Energia em 1998 (SAUER et al., 1999a).

A redução no consumo esta baseada na diferença de potência entre os equipamentos convencionais e os ganhadores do selo Procel, 300W para os modelos de $7,91 \times 10^6$ Joule e 350W para os de $1,05 \times 10^7$ Joule. Como o número de horas de uso dos condicionadores varia muito entre e dentro dos estratos, a energia economizada é resultante de projeções que consideram o número de horas de uso registrados nas pesquisas (SAUER et al., 1999a).

Adotou-se os seguintes parâmetros básicos para o programa de substituição:

- Direcionado ao setor residencial e comercial.
- Substituição de condicionadores com potência de $7,91 \times 10^6$ Joule e $1,05 \times 10^7$ Joule, à medida que forem sendo sucateados.
- Incentivo a compra de condicionadores eficientes por parte de novos consumidores que surgirem ao longo do período de análise para modelos de $7,91 \times 10^6$ Joule e $1,05 \times 10^7$ Joule, ao invés de condicionadores convencionais.
- A substituição será por condicionador com capacidade de $7,91 \times 10^6$ Joule e $1,05 \times 10^7$ Joule que tenha recebido selo Procel de Economia de Energia em 1998.
- A substituição dos aparelhos provoca uma redução da potência útil de 300 W para o modelo $7,91 \times 10^6$ Joule e de 350 W para o modelo $1,05 \times 10^7$ Joule.

2.7.2.2. Análise: econômica e potencial de conservação de energia

Para estimar o montante de condicionadores existentes e que poderiam ser repostos em consequência de seu desgaste natural (sucateamento), foi definida uma expectativa média de vida dos aparelhos de 10 anos. A taxa de sobrevivência, que permite implicitamente avaliar a taxa de sucateamento, foi estimada para os anos demonstrados na tabela 2.8 (SAUER et al., 1999a):

Tabela 2.8. Taxa de sobrevivência das geladeiras por ano.

Ano	% remanescentes
1999	0,970
2000	0,950
2001	0,910
2002	0,850
2003	0,780
2004	0,650
2005	0,500
2006	0,410
2007	0,300
2008	0,200

Fonte: SAUER et al., 1999a.

A figura 2.10 apresenta a projeção do parque total de condicionadores de ar de potência $7,91 \times 10^6$ e $1,05 \times 10^7$ Joule para Boa Vista para o período de análise, 1999 – 2008.

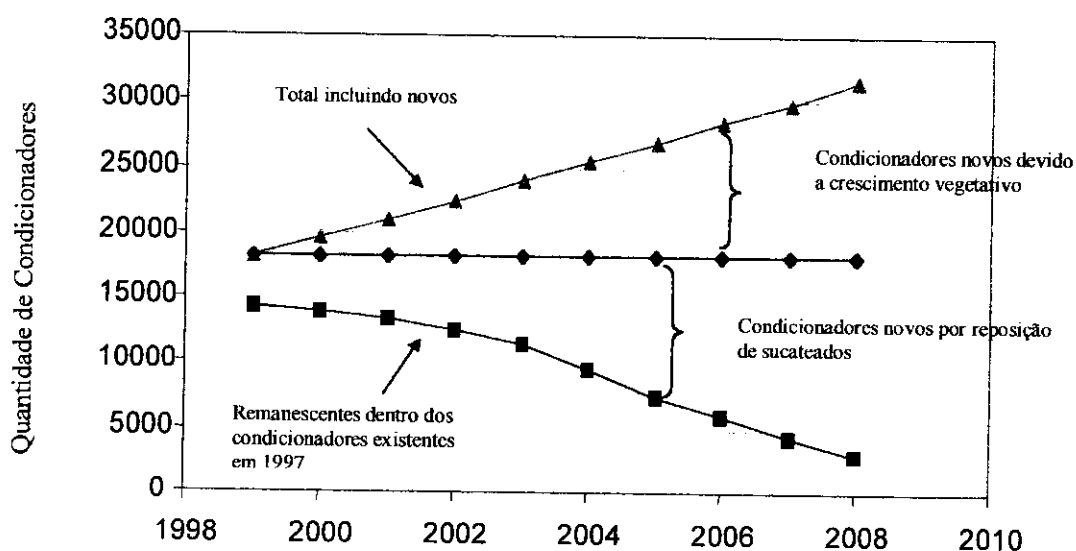


Figura 2.10. Projeção do parque total de condicionadores potência $7,91 \times 10^6$ e $1,05 \times 10^7$ Joule para Boa Vista, 1999 – 2008.

Fonte: SAUER et al., 1999a.

Para o cenário Realista, verifica-se que o montante de aparelhos de ar condicionado a ser trocado anualmente por aparelhos eficientes está variando de 800 a 2000 unidades, número indicativo para o planejamento do estoque destes eletrodomésticos no comércio para a eventual implementação do programa de substituição em Boa Vista (SAUER et al., 1999a).

As simulações mostram que a substituição de condicionadores proposta poderia gerar uma economia anual de energia já em 1999 de 1334 MWh no cenário Realista, chegando, ao final do período (2008), em 29090 MWh (SAUER et al., 1999a).

A parcela conservada representa 29.090 MWh em 2008 para o cenário realista, este valor equivale a uma redução de 21,20% da demanda de energia para o uso final condicionamento ambiental em relação ao cenário tendencial (108.153 MWh para cenário Realista contra 137.243 MWh para cenário tendencial). O cenário Realista pode reduzir o consumo de energia em 1,80%, 3,73%, 5,92%, 10,41% e 21,20% nos anos 1999, 2000, 2001, 2003 e 2008 respectivamente, quando comparado ao cenário tendencial (SAUER et al., 1999a).

Para efetuar a análise econômica foi utilizada com figura de mérito o CEC e o cálculo do balanço de benefícios e custos para o consumidor, para a concessionária e para sociedade (SAUER et al., Sumário metodológico, 1999b).

Como parâmetros básicos da análise econômica assumiu-se:

- taxa de desconto 12%
- vida dos aparelhos de ar condicionado 10 anos
- custo do diesel R\$ 0,338 por litro (em 1997)
- consumo médio 0,38 litros por KWh (eficiência de conversão)
- custo de geração térmica existente R\$ 128,44/MWh
- CCC concessionária 30%
- CCC sociedade 70%
- preço dos condicionadores
 - 7,91 x 10⁶ Joule, convencional R\$540,00
 - 7,91 x 10⁶ Joule, selo PROCEL R\$ 640,00
 - 1,05 x 10⁷ Joule, convencional R\$740,00
 - 1,05 x 10⁷ Joule, selo PROCEL R\$840,00
- consumo de energia dos condicionadores, considerando 8 horas de uso/dia e fator de utilização de 0,68
 - 7,91 x 10⁶ Joule, convencional 244,8 KWh/mês
 - 7,91 x 10⁶ Joule, selo PROCEL 195,8 KWh/mês
 - 1,05 x 10⁷ Joule, convencional 285,6 KWh/ano
 - 1,05 x 10⁷ Joule, selo PROCEL 228,5 KWh/ano
- perdas totais sobre geração 17%
- custo de gestão do programa R\$ 20,00/Condicionador no primeiro ano
- custo geração térmica nova (R\$/MWh)
 - 1 US\$ = 1,2 R\$: R\$74,36, custo combustível + R\$14,03, custo de investimento
 - 1 US\$ = 1,8 R\$: R\$74,36, custo combustível + R\$20,63, custo de investimento
- custo geração hidráulica Venezuela
 - 1 US\$ = 1,2 R\$: R\$33,07 /MWh
 - 1 US\$ = 1,8 R\$: R\$49,60 /MWh
- Tarifa de energia elétrica por estrato: R\$/kWh

estrato	Sem ICMS	ICMS (%)
1	0,07613	0
2	0,7613	0
3	0,11421	17
4	0,12689	17

5	0,12689	17
6	0,12689	17
8	0,13535	17
9	0,13535	17

Com estes parâmetros calculou-se o Custo da Energia Conservada sob o ponto de vista do consumidor, da empresa (incluindo as perdas na transmissão e distribuição, inclusive não técnicas) e da sociedade (incluindo custo de gestão do programa). A tabela 2.9. apresenta os valores obtidos.

Tabela 2.9. CEC para substituições dos condicionadores.

	7,91 x 10 ⁶ J	1,05 x 10 ⁷ J
CEC (R\$/MWh) consumidor	30,12	25,83
CEC (R\$/MWh) empresa	25,00	21,44
CEC (R\$/MWh) sociedade	30,00	25,73

Fonte: SAUER et al., 1999a.

Nota-se que os valores do CEC para o consumidor são inferiores até da tarifa cobrada para o estrato 1 (R\$ 76,13 por MWh) e inferiores também ao custo de geração térmica (R\$ 128,44 por MWh). Isto significa que as substituições indicadas são vantajosas para o consumidor, pois para ele o custo para se conservar energia é menor do que a tarifa que ele paga para consumir a mesma quantidade economizada (SAUER et al., 1999a).

O CEC calculado anteriormente é dependente de parâmetros passíveis de variações, como a taxa de desconto, o potencial de energia conservada com a substituição e a diferença de preço entre os condicionadores convencional e eficiente. Para verificar a influência destes parâmetros, foi efetuada uma análise de sensibilidade para se observar como uma variação percentual destes altera o CEC e está representada na figura 2.11.

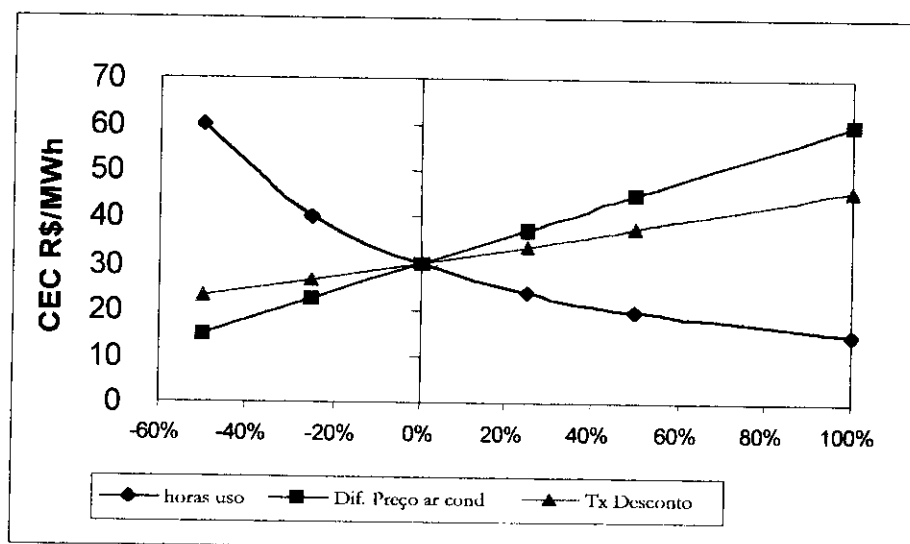


Figura 2.11. Análise de sensibilidade do CEC-consumidor, potência $7,91 \times 10^6$ Joule.

Fonte: SAUER et al., 1999a.

Para outra figura de mérito utilizada, o Balanço de Custos e Benefícios, adotou-se como parâmetros base: BALANÇO ECONÔMICO ANUALIZADO (R\$/ano)

CONSUMIDOR

Custos: Diferença no custo dos condicionadores

Benefícios: Custo da energia evitada (R\$/ano), Subsídio (Rebate) recebido e ICMS evitado

Balanço: Benefícios - Custos (R\$/ano)

EMPRESA

Custos: Perda de receita (R\$/ano), Custos administrativos do programa (R\$/equipamento) e Subsídios.

Benefícios: Geração Evitada, Distribuição e Transmissão evitadas e Perdas de T&D evitadas

Balanço: Benefícios - custos (R\$/ano)

SOCIEDADE

Custos: Tecnologia nova e Custos de Gestão do Programa.

Benefícios: Geração Evitada, Distribuição e Transmissão evitadas, Subsídio CCC evitado, Perdas de T&D evitadas e Tecnologia evitada.

Balanço: Benefícios - custos (R\$/ano)

Os cálculos dos Balanços, para os dois tipos de condicionadores de ar, podem ser observados nas tabelas 2.10 e 2.11.

Tabela 2.10. Balanço Custo-benefício para o programa de substituição de condicionadores, sem contabilizar subsídio² (R\$/ano/condicionador), $7,91 \times 10^6$ Joule.

Balanço (R\$)/estrato	1	2	3	4	5	6	8	9
Consumidor	27,03	27,03	60,81	69,53	69,53	69,53	75,34	75,34
Empresa	-20,99	-20,99	-43,37	-50,82	-50,82	-50,82	-55,79	-55,79
Sociedade	69,68	69,68	69,68	69,68	69,68	69,68	69,68	69,68

Fonte: SAUER et al., 1999a.

Tabela 2.11. Balanço custo-benefício para o programa de substituição de condicionadores, sem contabilizar subsídio (R\$/ano/condicionador), $1,05 \times 10^7$ Joule.

Balanço (R\$)/estrato	1	2	3	4	5	6	8	9
Consumidor	34,47	34,47	90,81	90,81	90,81	90,81	90,81	90,81
Empresa	-23,89	-23,89	-64,47	-64,47	-64,47	-64,47	-64,47	-64,47
Sociedade	84,79	84,79	84,79	84,79	84,79	84,79	84,79	84,79

Fonte: SAUER et al., 1999a.

Com relação ao preço dos condicionadores, nota-se que, para sociedade, mantendo o custo de geração a R\$128,44/MWh, a diferença de preço poderia ser maior e, mesmo assim, estaria sendo vantajoso conservar energia com a substituição dos condicionadores, pois o balanço benefício-custo ainda estaria dando resultado positivo (SAUER et al., 1999a).

Avaliando-se a alternativa de novas fontes de geração, para a empresa, a instalação de novas unidades térmicas reduziria o custo de geração, fazendo que a opção pelo programa de conservação de energia, através da substituição de condicionadores, se tornasse menos vantajosa em relação a situação atual. Este caso ocorre mesmo quando se avalia o custo de geração da nova térmica mediante a situação do dólar (1997) valorizado em relação ao real (SAUER et al., 1999a).

Para o programa proposto de substituição de aparelhos de ar condicionado, observou-se que, mesmo sem um subsídio, o balanço custo benefício apresenta-se positivo para o consumidor e para a sociedade. (SAUER et al., 1999a).

² O subsídio aqui fixado para ilustrar o fluxo de caixa seria, se utilizado, de R\$100,00 por ser este o valor que zera o CEC para o consumidor.

2.8. Avaliação Integrada de Recursos de Oferta e Demanda

No processo do PIR são utilizados tanto os recursos do lado da oferta como os recursos do lado da demanda para obter o plano de mínimo custo que cumpre com os objetivos da concessionária e as necessidades dos consumidores. O principal objetivo é a minimização dos custos da eletricidade para todos os grupos de consumidores. O processo incorpora uma retroalimentação que considera as relações entre os preços da eletricidade e a demanda de eletricidade pelo consumidor. Isto assegura que o preço da eletricidade seja consistente com os custos envolvidos no plano considerado (SAUER et al., Sumário metodológico, 1999b).

No planejamento de mínimo custo as previsões de demanda são substituídas pela construção de vários cenários de crescimento de demanda e o plano de abastecimento consiste na escolha da combinação de mínimo custo que envolva medidas de conservação, gerenciamento e opções de expansão do sistema (SAUER et al., Sumário metodológico, 1999b).

Uma técnica utilizada para estimar as economias nos custos do setor elétrico é a obtenção dos requerimentos futuros de potência e a comparação com a introdução do programa de eficiência. A diferença entre os dois cenários será a potência de ponta evitada. As economias em combustíveis e os menores custos do capital investido fornecem a base para determinar os benefícios das concessionárias e da sociedade (SAUER et al., Sumário metodológico, 1999b).

A efetividade de cada programa proposto foi estudada através de alguns índices, que foram calculados para permitir avaliar, conjuntamente, as opções de oferta e demanda de energia visando atender a necessidade por serviços energéticos da população. As análises foram efetuadas comparando-se os cenários realista e o tendencial (SAUER et al., 1999a).

Para a obtenção da melhor opção de geração utilizou-se o método gráfico denominado *curva de seleção das alternativas de geração elétrica* que compara diferentes opções do lado da oferta de acordo com os custos de capital e operação e permite identificar a mistura de opções que satisfaz uma demanda determinando a opção ótima sob o ponto de vista econômico (SAUER et al., Sumário metodológico, 1999b). Como resultado observa-se que a compra de energia da Venezuela apresentou-se como a opção de menor custo

para fornecimento de energia devido às condições contratuais, porque os investimentos em capacidade de transmissão até 200 MW, também já estão feitos e são irreversíveis (sunk costs). Isto, mesmo com a desvalorização da moeda brasileira em relação ao dólar, ocorrida em janeiro de 99 (SAUER et al., 1999a).

Pelo lado da Demanda, utilizou-se o método gráfico denominado *Curva Cumulativa de Recurso*. Uma curva cumulativa ou curva de oferta de energia economizada consiste principalmente, num artifício para comparar e visualizar o custo efetivo de várias medidas de conservação entre as próprias e que também pode ser utilizado em comparação com o preço da energia, para determinar quais das medidas possuem custo efetivo (SAUER et al., Sumário metodológico, 1999b). Foram geradas curvas de simulações no Cenário Realista, para os anos de 1999, 2000, 2003 e 2008 (SAUER et al., 1999a).

A figura 2.12 demonstra a Curva Cumulada de Recurso para o ano de 2008 e suas principais conclusões.

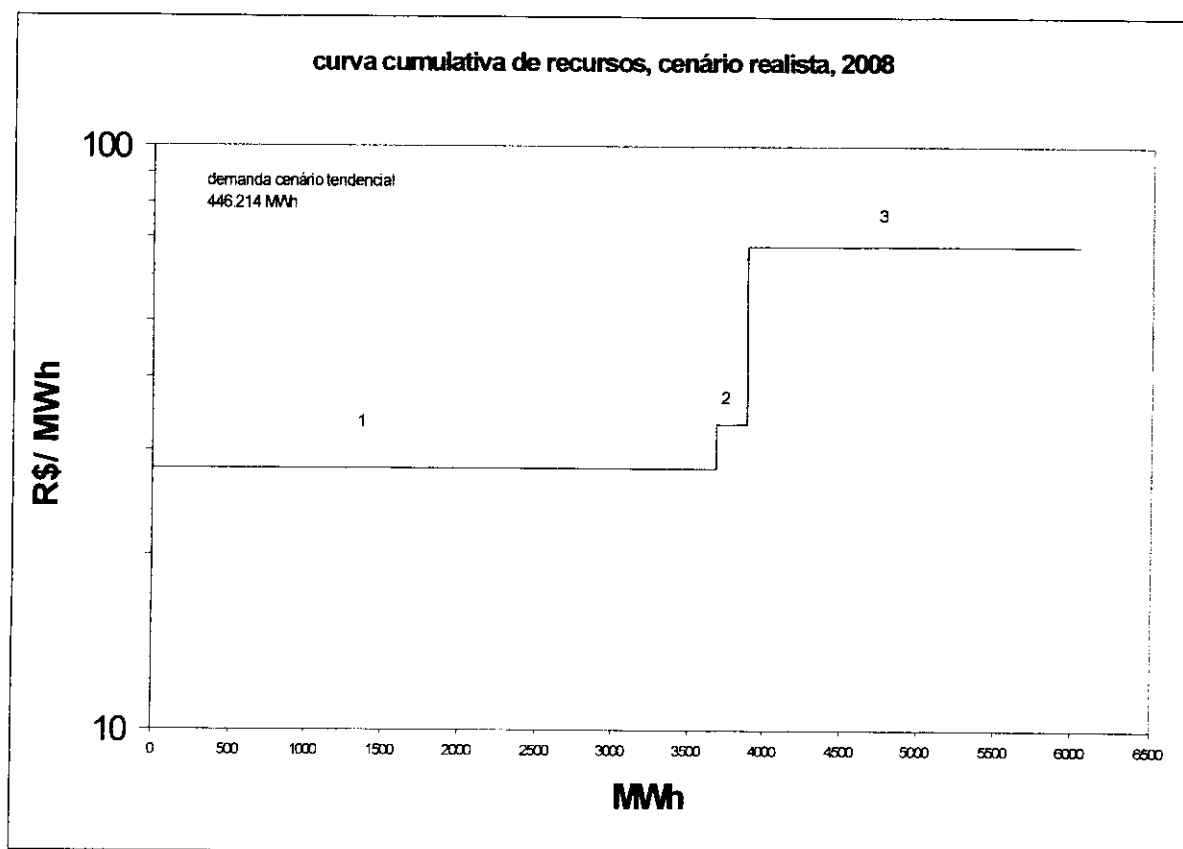


Figura 2.12. Curva Cumulativa de Recursos

Fonte: SAUER et al., 1999a.

A tabela 2.12 apresenta as opções de conservação de energia e seus respectivos CEC, atuando como índice de cada uma das mediadas apresentadas no gráfico 2.7 (medidas 1, 2 e 3).

Tabela 2.12. Potencial de conservação de energia e CEC de cada medida de conservação de energia apresentada no gráfico 2.7.

opção de conservação	CEC R\$/MWh	potencial de conservação MWh
1 ar condicionado ($7,91 \times 10^6$ e $1,05 \times 10^7$)	27,97	3 683,3
2 refrigeradores	33,3	195,0
3 incandescente por CF - residencial	67,06	2 155,3

Fonte: SAUER et al., 1999a.

Novamente pelo lado da oferta utiliza-se a *curva de seleção das alternativas de geração*, que determina a combinação ótima sob o ponto de vista econômico. Esta combinação ótima é feita com usinas de baixo custo de capital e alto custo de operação nas horas de ponta e o contrário para as horas de base (SAUER et al., Sumário metodológico, 1999b).

O método descrito considera diferentes custos da energia economizada com os programas de conservação e gerenciamento da demanda, na ponta e na base, e apresenta na mesma curva, para efeito de comparação, os resultados dos recursos de oferta. Esta curva é denominada *curva integrada dos recursos de oferta e demanda* (SAUER et al., Sumário metodológico, 1999b).

Para a construção da curva integrada, deve-se, primeiramente definir o conceito de Fator de Carga da Conservação (FCC), o qual é análogo ao fator de capacidade da unidade geradora e ao fator de carga da concessionária, e relaciona as economias do programa de substituição nas horas de ponta com as economias totais de energia (SAUER et al., Sumário metodológico, 1999b).

A Curva integrada de recursos de oferta e demanda para os programas propostos e para as opções de oferta de energia para Boa Vista está representada na figura 211. Pela análise da curva referida, pode-se observar quais usos finais aparecem no período fora da ponta do sistema; são aqueles cujo FCC é maior do que 1 (um). Para a curva representada pela figura 2.13, observa-se que dois usos finais possuem FCC

maior que 1 são eles: ar condicionado e os motores da CAER (SAUER et al., 1999b).

Observa-se também que, com exceção do programa proposto para conservação de energia através da introdução de geladeiras eficientes, as outras opções apresentam um custo por KW economizado superior a opção de geração de menor custo, que é Guri - Venezuela. A troca de lâmpadas de VM de 250W por lâmpadas de VS de 150 W apresentou custo semelhante ao custo da potência gerada por Guri (SAUER et al., 1999b).

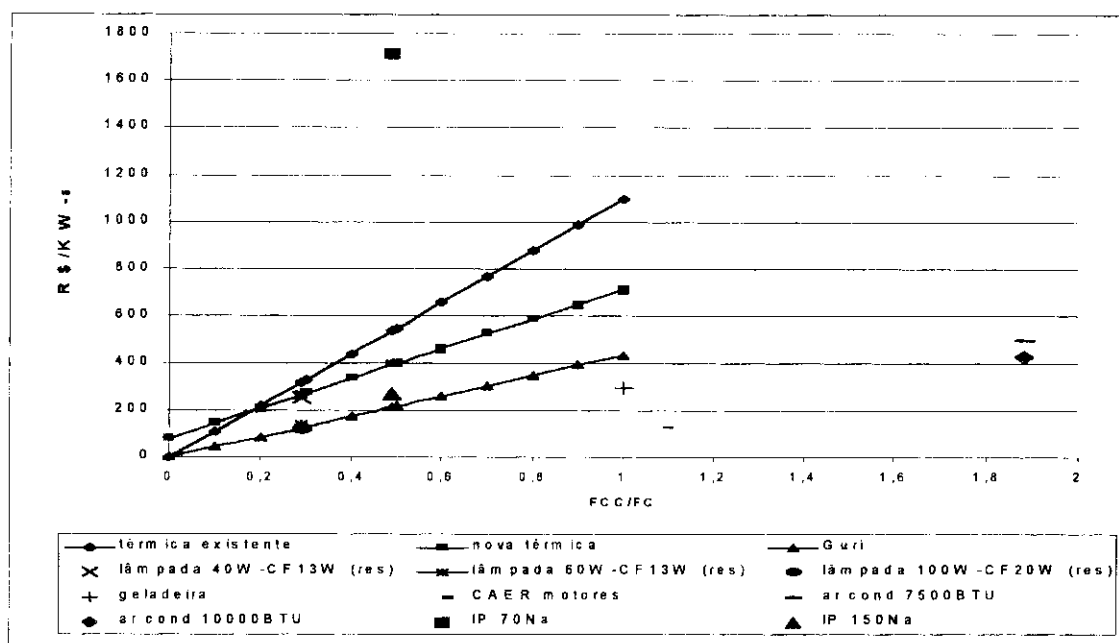


Figura 2.13. Curva integrada dos recursos de oferta e demanda para Boa Vista – RR.

Fonte: SAUER et al., 1999a.

Existe, para cada medida de conservação, um valor do *Fator de Efetividade de Custo* (FEC). Este índice permite uma comparação das medidas junto à curva de seleção de recursos (SAUER et al., 1999a).

O cálculo do FEC possibilita uma análise mais precisa das opções de oferta de energia, visto que este índice estabelece uma relação entre o custo para economizar e o custo para gerar 1KW. Ou seja, é definido como sendo o quociente entre o custo anual de um programa de conservação e o custo anual da tecnologia de geração mais econômica, com $FCC = fc$ (fator de capacidade) (SAUER, I. L. e AVENDAÑO M. F. S., 1996).

Para o caso de Boa Vista a geração mais econômica seria através da hidrelétrica de Guri. SAUER et al. 1999a, em seu estudo do Custo de expansão da geração, transmissão e distribuição de acordo com o Fator de Carga, para a geração via Guri, calculou a variação do custo de geração conforme todas as etapas da cadeia geração-distribuição foram consideradas. Estes cálculos podem ser observados na figura 2.14.

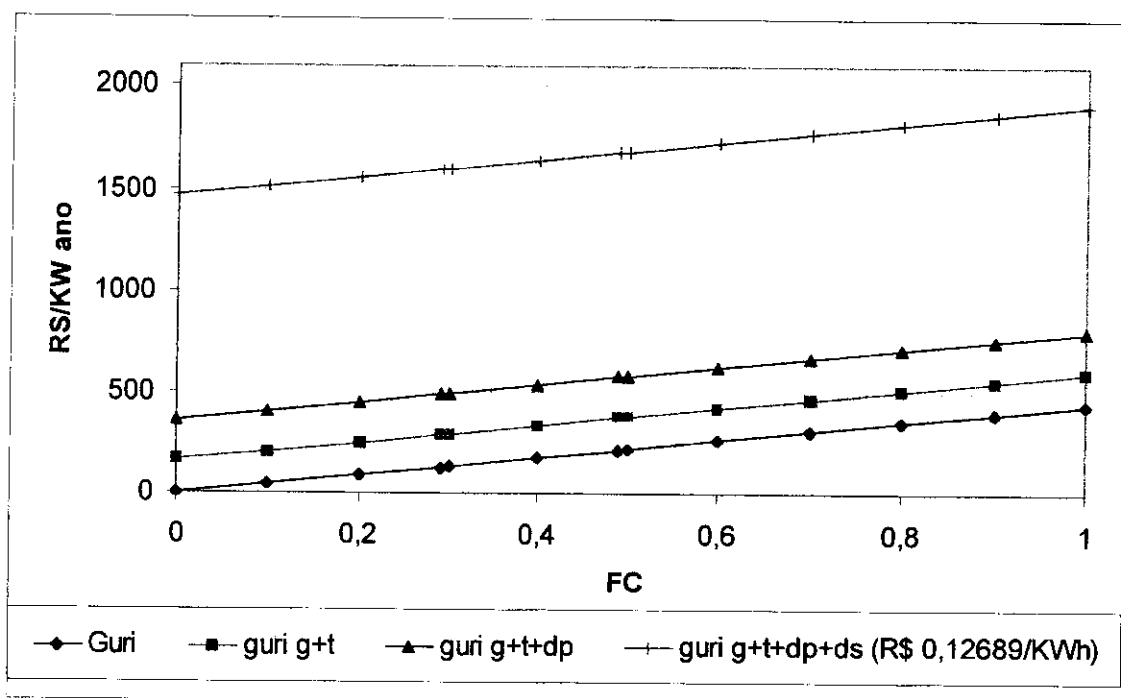


Figura 2.14 Custo de expansão da geração, transmissão e distribuição de acordo com o FC

sendo:

g: geração

t: transmissão

Fonte: SAUER et al., 1999a

dp: distribuição primária

ds: distribuição secundária (tarifa de R\$0,12689/KWh)

Cruzando-se graficamente os valores das medidas que apresentam FCC menor ou igual a 1 quando levados em consideração todos os custos, de todas as etapas de geração até a distribuição secundária, SAUER et al. 1999a, verificou que somente a opção de substituição de lâmpadas de vapor de mercúrio 80W por 70W na iluminação pública apresentou FEC maior do que a unidade. Com isso demonstra-se que a viabilidade dos programas propostos podem sofrer grandes variações quando todos os custos são computados, salientando-se que os custos ambientais neste caso não foram levados em conta, estas variações de viabilidade podem ser novamente alteradas.

2.8.1. Curvas de Carga

Apresentam-se, como síntese, as curvas de carga para as projeções do cenário Realista, demonstrando o efeito que todos os programas de conservação de energia podem gerar na curva de carga diária do Sistema Boa Vista, em comparação com as curvas de carga do cenário tendencial segundo SAUER et al. 1999a.

A demanda máxima diária apresenta um potencial de redução de até 9% no cenário Realista (figura 2.15), em relação à demanda máxima verificada no cenário tendencial, sendo que este potencial é variável ao longo do período analisado. Em termos de energia, observa-se um potencial de redução no cenário Realista que pode chegar a 4,22% no ano de 2008, em comparação ao cenário tendencial (figura 2.16) (SAUER et al., 1999a).

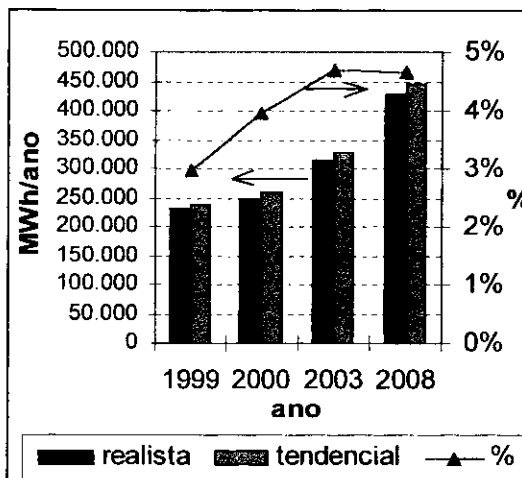
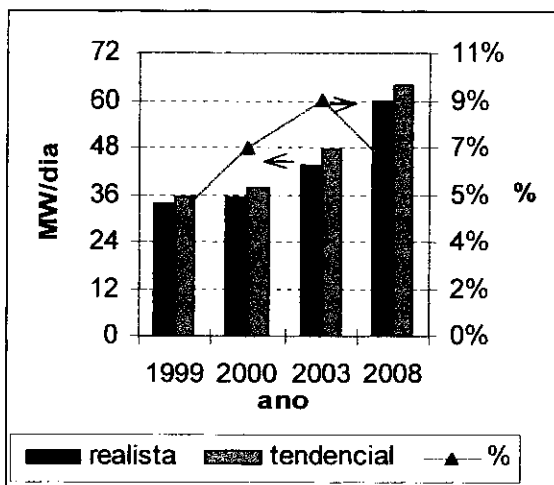


Figura 2.15. Demanda máxima para cenários Realista e Tendencial e porcentagem de redução.

Figura 2.16. Demanda de energia para cenários Realista e Tendencial e porcentagem de redução.

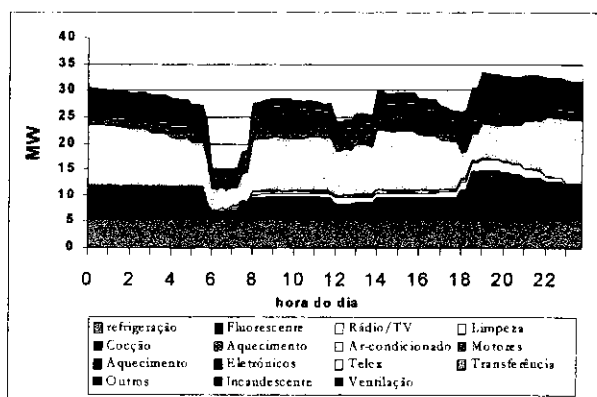
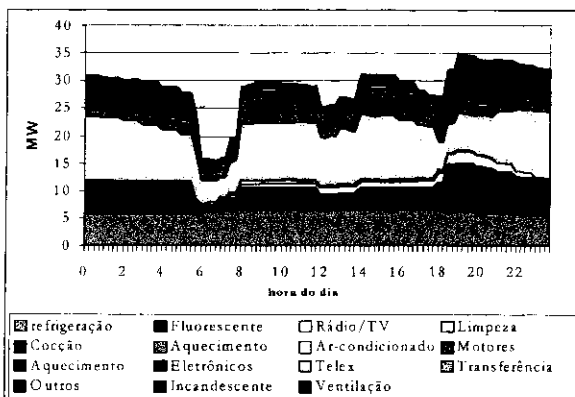


Figura 2.17 Curva de carga cenário tendencial, verão, semana, 1999.

Figura 2.18. Curva de carga cenário realista, verão, semana, 1999.

Capítulo 2 – Potencial de conservação de energia da cidade de Boa Vista – RR

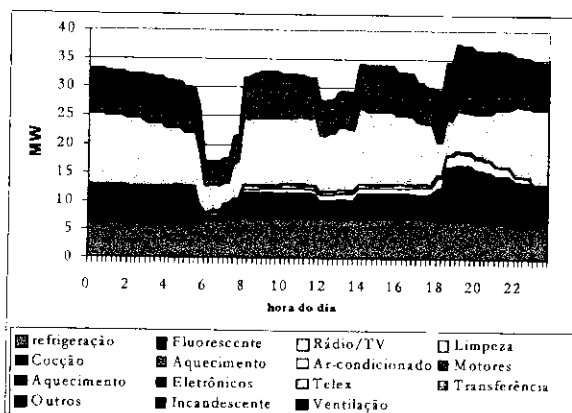


Figura 2.19 Curva de carga cenário tendencial, verão, semana, 2000.

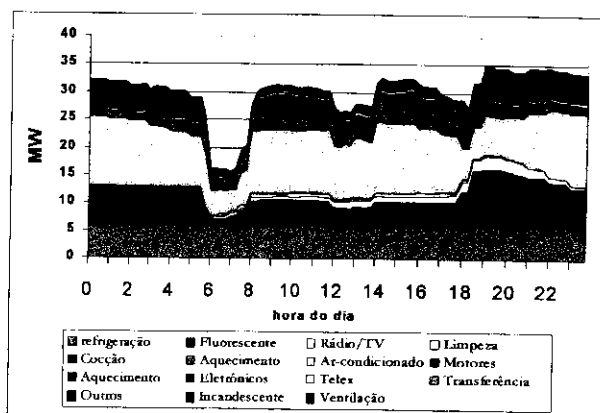


Figura 2.20. Curva de carga cenário realista, verão, semana, 2000.

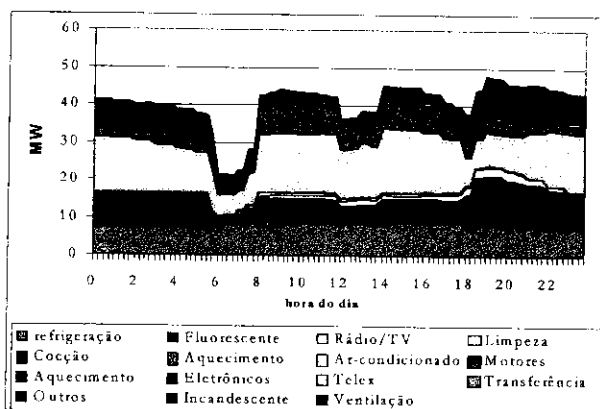


Figura 2.21. Curva de carga cenário tendencial, verão, semana, 2003.

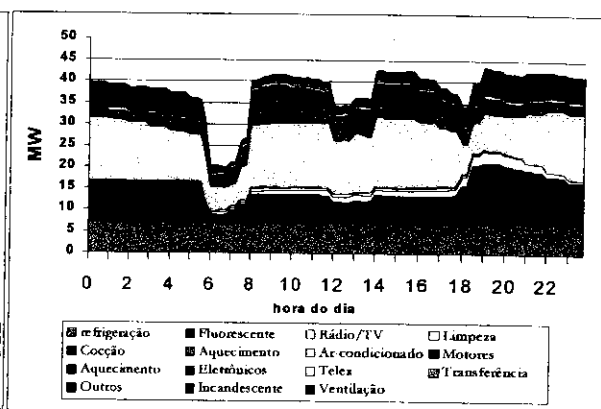


Figura 2.22. Curva de carga cenário realista, verão, semana, 2003.

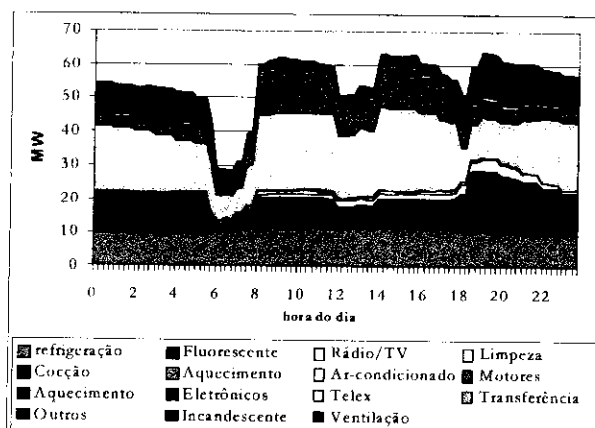


Figura 2.23. Curva de carga cenário tendencial, verão, semana, 2008.

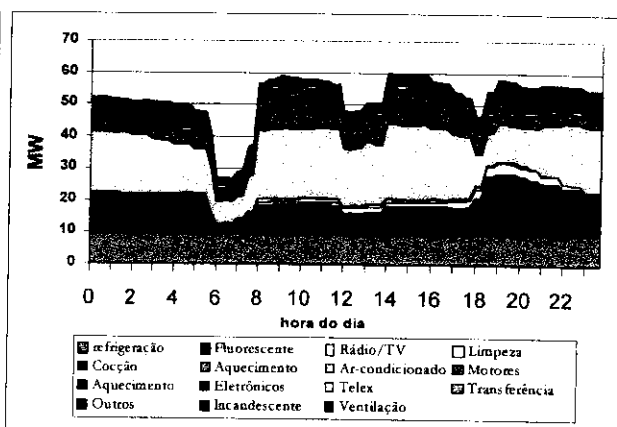


Figura 2.24. Curva de carga cenário realista, verão, semana, 2008.

Fonte: SAUER et al., 1999a (todos os gráficos)

CAPÍTULO 3

MANUAL PARA ELABORAÇÃO DO PROGRAMA ANUAL DE COMBATE AO DESPERDÍCIO DE ENERGIA ELÉTRICA – METODOLOGIA ANEEL.

3.1. Introdução

São apresentados neste capítulo, um breve retrospecto da evolução da metodologia disponibilizada pela ANEEL para a elaboração de programas de conservação de energia e, a aplicação da metodologia do Manual da ANEEL, para os mesmos programas propostos no capítulo 2, com referência ao texto sumariado do Anexo I.

Com o intuito de normatizar os Programas que lhe devem ser entregues para apreciação, a ANEEL estabelece em seu manual uma metodologia que deverá ser seguida pelas concessionária na apresentação de seus programas para o cumprimento das resoluções vigentes (RESOLUÇÕES 242, 261 e 271). Constam também deste Manual os tipos de projetos que poderão ser incluídos, sua estrutura de apresentação e os critérios que serão considerados para a aprovação e acompanhamento.

3.1.1. Histórico

Em sua primeira versão, Ciclos 1999/2000, o Manual englobava duas partes principais. Uma denominada **Considerações Gerais Sobre o Programa** que discutia: a Resolução 261, os agentes envolvidos na aprovação dos programas (ANEEL e a ELETROBRAS através do PROCEL e nos estados onde a ANEEL possui convênio com órgãos estaduais, as empresas deverão submeter seus programas diretamente a eles, como por exemplo a Comissão de Serviços Públicos de Energia – CSPE, em São Paulo), a estrutura básica (objetivos e metas), e a aprovação e acompanhamento do mesmo.

A Segunda parte, denominada **Considerações Sobre os Projetos**, apresentava o conceito/definição dos tipos de projetos que poderiam ser desenvolvidos bem como sua forma de apresentação e critérios para análise (avaliação econômica). Esta versão foi disponibilizada para o público no final de 1999 e constava de 45 páginas.

Em sua segunda versão, Ciclo 2000/2001 algumas modificações foram introduzidas sendo a maior modificação causada pela adição de uma terceira parte, o **Roteiro Básico para Elaboração de Projetos**. Esta parte identificava em quais campos os projetos seriam aceitos, como: Cogeração, Comércio e Serviços, Educação, Gestão Energética Municipal, Iluminação Pública, Industrial, Marketing, Poderes Públicos, Residencial, Rural, Treinamento e, Melhoria do fator de Carga e Perdas. Esta parte do manual somente foi disponibilizada para domínio público na metade do ano de 2000 (veiculada pela Internet) até então estava em vigência a primeira versão, Ciclo 1999/2000 onde esta terceira parte apenas era referendada. Esta versão constava de 149 páginas.

Em sua terceira versão, ocorreram pequenas modificações no que tange a metodologia empregada para análise dos projetos, porém são adicionadas duas novas partes, **Roteiro Básico para Elaboração de Projetos – Oferta e Anexos** e a terceira parte passa a se chamar **Roteiro Básico para Elaboração de Projetos – Usos Finais**. Esta versão foi disponibilizada para o público no final do ano de 2000, foi disponibilizada em arquivo PDF e constava de 294 páginas.

Em sua quarta e última versão não ocorreram mudanças quanto a metodologia, as mudanças ocorridas referem-se a diagramação e configuração do Manual.

A quarta versão do Manual consta de cinco partes principais, **Considerações Gerais Sobre o Programa** discorre sobre os recursos a serem investidos, quem são os agentes envolvidos na aprovação dos programas, sua estrutura básica, aprovação e acompanhamento do mesmo.

Considerações Sobre os Projetos, define os tipos de projetos que serão aceitos, a forma de apresentação e os critérios para análise dos mesmos. **Roteiro Básico para Elaboração de Projetos – Usos Finais**, define em quais campos os projetos serão aceitos sendo: Comércio e Serviços, Educação, Gestão Energética Municipal, Iluminação Pública, Residencial, Rural, Treinamento e Cogeração.

Roteiro Básico para Elaboração de Projetos – Oferta determina as diretrizes e o modo de apresentação de projetos em: Treinamento e Capacitação, Controladores de demanda/Novas modalidades tarifárias e Perdas, identifica em quais campos serão aceitos

os projetos desenvolvidos para melhoria da oferta como por exemplo melhoria do fator de carga e diminuição das perdas.

Anexos traz tabelas e metodologias de cálculo complementares e a Resolução 271/2000 da ANEEL. Esta versão foi disponibilizada para o público no começo deste ano, 2001. Até o presente momento é a última versão disponibilizada encontra-se disponível no site da ANEEL em formato PDF e consta de 169 páginas.

Uma descrição sumária do Manual, descrevendo os princípios mais relevantes da metodologia proposta encontra-se em anexo. Anexo I.

3.1.2. Descrição sumária da metodologia da ANEEL

A descrição sumária da metodologia da ANEEL, voltada aos pontos relevantes desta dissertação, é apresentada no Anexo I, na figura 3.1 apresenta-se esquematicamente as principais etapas desta metodologia.

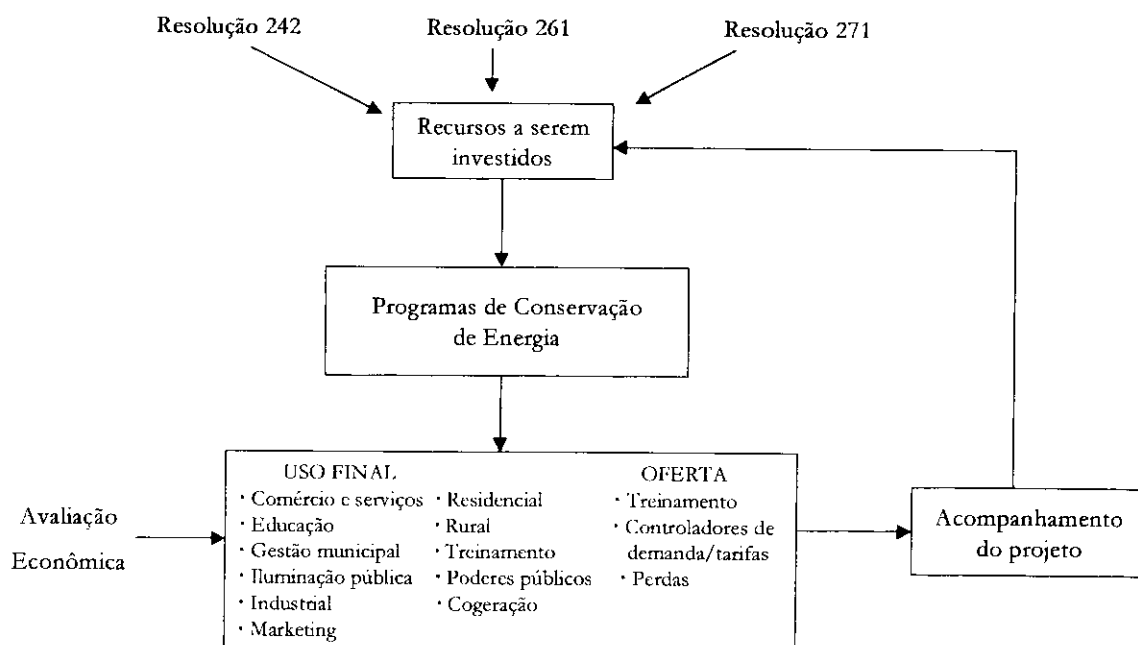


Figura 3.1. Atividades envolvidas na metodologia da ANEEL.

A aplicação da metodologia da ANEEL aborda os mesmos programas de conservação de energia propostos pela metodologia do PIPGE, sendo eles: Iluminação residencial, Iluminação pública, Motores da CAER, Refrigeradores e Condicionadores de ar.

3.2. Iluminação Residencial

Seguindo-se o roteiro básico para elaboração de projetos em Iluminação residencial, descrito no item III.3.2 (Anexo I) tem-se como parâmetro o cálculo da Relação Custo – Benefício. Para tanto são calculadas as figuras de mérito: Investimentos Anualizados, Benefícios, Energia Economizada, Custo de produção, Redução de demanda na ponta e Custo marginal de distribuição na média tensão.

O Custo marginal de distribuição na média tensão, de acordo com o item II.4. Critérios para Análise dos Projetos, seriam publicados no “Relatório de custos Marginais de Distribuição” que seriam atualizados anualmente pela Eletrobrás. Porém, as informações contidas neste item não são suficientes para uma pesquisa eficiente nos arquivos eletrônicos da Eletrobrás que, por várias vezes, são citados como fonte de dados disponíveis para aplicação das fórmulas. As outras figuras de mérito são calculadas a seguir.

3.2.1. Cálculo da relação Custo – Benefício

Para o cálculo dos custos e dos benefícios primeiramente deve-se observar se o projeto tem duração igual ou superior a um ano. Para projetos com duração igual a um ano o cálculo dos custos é representado por K (descrito no item II.4. do Anexo I), porém, para a substituição de lâmpadas proposta o projeto deverá ser plurianual.

Os projetos plurianuais apresentam características específicas quanto a forma de avaliação econômica e apresentação. Os benefícios e os custos que ocorrem em períodos distintos devem ser deslocados para um período t coincidente, no caso, para o ano zero. Calculando-se os Valores Presentes dos Custos e dos Benefícios.

O Manual recomenda a utilização do Cálculo da Relação Custo-Benefício para projetos Plurianuais como sendo:

$$RCB = \frac{VPC}{VPB}$$

onde:

RCB = relação Custo-Benefício

VPC = valor presente dos Custos

VPB = valor presente dos Benefícios

O Manual define Valor Presente de um fluxo de caixa, a uma taxa de juros, como a quantia atual (neste caso, a data atual é tomada como origem e referência para a contagem de tempo) equivalente a um fluxo de custos e benefícios.

$$P = F \times FVA' (i,n)$$

onde:

P = valor presente

$$FVA' (i,n) = 1/(1+i)^n$$

i = taxa de juros ou taxa de desconto

n = número de períodos

Outro item importante nos cálculos dos custos e benefícios é a quantidade de equipamentos que serão alvos do projeto.

3.2.1.1. Cálculo da quantidade de lâmpadas que deverão ser substituídas.

Para o cálculo do custo total deve-se conhecer a quantidade de lâmpadas a ser substituída em cada ano durante a duração do programa (5, 10, ou mais anos). A quantidade de lâmpadas a ser substituída esta diretamente relacionada à quantidade de lâmpadas existente e ao período de utilização das mesmas, pois este parâmetro afeta a vida útil do equipamento. A utilização de um número de horas que não seja realístico com o local escolhido para a aplicação do projeto, poderá incorrer num super ou sub dimensionamento da quantidade de lâmpadas a ser substituída por ano durante a duração do programa. O dimensionamento incorreto da quantidade de lâmpadas pode dificultar o planejamento do programa, a coordenação conjunta com o comércio e a transformação de mercado desejada.

Para o cálculo da quantidade de lâmpadas que seriam substituídas em Boa Vista utilizou-se o banco de dados obtidos na pesquisa de campo e a construção de cenários de referência e futuros. O Manual não faz qualquer referência de como deverá ser o procedimento do cálculo do número de lâmpadas a serem substituídas e sequer cita a ferramenta de construção de cenários.

Na tabela 3.1 está apresentada a quantidade de lâmpadas existentes em Boa Vista no ano de 1997 levantadas pela pesquisa de campo. São indicadas as potências e as horas de uso.

Tabela 3.1. Número de lâmpadas incandescentes por faixa de potência e horas de uso

Todos Estratos	Horas de uso (h/dia)						Total	%
	< 1	1	2	3	4	>= 5		
Pot. Lâmpada (W)								
25	154	228	88	130	241	442	1.283	0,81
40	9 624	5 718	2.009	3 338	1 563	6 204	28 456	18,07
60	33 359	17 201	10.651	18 601	11 583	28 396	119 791	76,07
100	1 310	1 230	605	446	672	2 716	6.979	4,43
150	174	83	174	0	0	533	964	0,61
Total	44 621	24 460	13 527	22 515	14 059	38 291	157 473	100

Fonte: SAUER et al., 1999a.

Devido a importância da determinação das horas de uso de cada tipo de lâmpada, especifica-se nas tabelas 3.2 e 3.3 o número de horas de uso médio por tipo de lâmpada, por estrato de consumo e por potência.

Tabela 3.2. Número de horas de uso médio por tipo de lâmpada e estrato de consumo

	Estrato										
	1	2	3	4	5	6	8	9	10	11	
Todas											
Incandescentes	4,1	3,6	3,6	4,0	2,9	3,4	3,8	6,8	9,1	7,7	
Fluorescentes	5,0	2,8	4,2	3,8	4,1	4,1	3,2	6,8	9,0	10,6	
Uso médio superior a 2h/dia											
Incandescentes	5,5	5,4	6,0	6,5	7,1	5,4	5,7	9,4	10,8	8,9	
Fluorescentes	5,7	3,5	5,8	6,2	6,3	5,4	4,3	7,4	9,2	11,6	

Fonte: SAUER et al., 1999a.

Tabela 3.3. Número de horas de uso médio por potência e estrato de consumo

	40W	60W	100W
Setor Residencial			
Estrato 1	5,8	5,4	5,5
Estrato 2	6,2	5,2	11,0
Estrato 3	5,8	5,9	12,0
Estrato 4	6,3	6,5	6,5
Estrato 5	8,9	6,6	8,6
Estrato 6	7,5	5,1	6,2
Setor Atividades			
Estrato 8	6,5	5,7	11,8
Estrato 9	8,7	9,1	11,0
Estrato 10	12,6	8,7	12,2
Estrato 11	12,0	6,2	13,4

Fonte: SAUER et al., 1999a.

Com os dados levantados na pesquisa de campo determinaram-se quais os tipos de lâmpadas incandescentes com maior penetração, sendo elas de 40, 60 e 100W. Utilizando-se estes dados e a média de horas de utilização, calculou-se a quantidade de lâmpadas incandescentes passíveis de substituição, os resultados obtidos estão demonstrados nas tabelas 3.4. e 3.5.

Tabela 3.4. Número de lâmpadas incandescentes de 40, 60 e 100W passíveis de substituição (1997)

	40W	60W	100W
Setor Residencial	25 738	111 190	5 679
Estrato 1	1 179	9 694	524
Estrato 2	2 560	12 960	320
Estrato 3	9 900	41 250	550
Estrato 4	8 181	35 552	2 727
Estrato 5	3 192	9 006	1 140
Estrato 6	726	2 728	418
Setor Atividades	2 718	8 601	1 300
Estrato 8	1 260	5 580	240
Estrato 9	1 170	1 677	494
Estrato 10	232	698	424
Estrato 11	56	646	142
Total	28 456	119 791	6 979

Fonte: SAUER et al., 1999a.

Tabela 3.5. Número de horas médias de uso diário - Lâmpadas Incandescentes

	40W	60W	100W
Setor Residencial			
Estrato 1	5,83	5,36	5,50
Estrato 2	6,17	5,15	11,00
Estrato 3	5,75	5,93	12,00
Estrato 4	6,33	6,54	6,47
Estrato 5	8,90	6,61	8,58
Estrato 6	7,45	5,08	6,23
Setor Atividades			
Estrato 8	6,50	5,73	11,75
Estrato 9	8,69	9,12	11,00
Estrato 10	12,58	8,73	12,17
Estrato 11	12,00	6,15	13,43

Fonte: SAUER et al., 1999a.

Para um correto direcionamento das campanhas de orientação da população quanto ao local onde as novas lâmpadas deverão ser instaladas, é de grande importância o conhecimento da localização das lâmpadas incandescentes nas residências e atividades produtivas. Estes dados podem ser observados na tabela 3.6.

Tabela 3.6. Localização das lâmpadas incandescentes c/ mais que 2 h de uso diário

Todas as Lâmpadas	Estrat o 1	Estrat o 2	Estrat o 3	Estrat o 4	Estrat o 5	Estrat o 6	Estrat o 8	Estrat o 9	Estrat o 10	Estrat o 11	Tota l	Setor Resid.
Quartos	1310	1120	4125	4848	627	352	480	117	0	0	12979	12382
Sala	1572	1760	5500	3939	1026	374	600	65	8	1	14845	14171
Banheiro S.	524	160	1650	1818	342	110	120	39	18	75	4856	4604
Banheiro E.	0	0	0	0	0	22	0	78	0	8	108	22
Cozinha	1441	1440	3575	3232	399	154	480	104	8	0	10833	10241
Hall Entrada	0	0	0	202	0	22	60	0	44	0	328	224
Quarto E.	0	0	0	0	0	44	0	0	10	0	54	44
Área Serviço	0	320	1925	808	342	110	0	0	0	0	3505	3505
Área Externa	1703	2560	5225	6363	1311	594	1080	1612	74	85	20607	17756
Área Interna	393	1120	2750	1212	114	22	720	26	68	100	6525	5611
Corredor *	0	0	0	202	228	66	0	416	376	42	1330	496
Escritórios	0	0	0	0	57	44	0	52	12	65	230	101
Atendimento	0	480	275	404	0	22	420	156	140	77	1974	1181
Depósitos	0	0	0	0	0	0	0	91	0	0	91	0
Oficinas	0	160	0	0	0	0	0	26	0	0	186	160
Área **	0	0	0	303	0	198	0	52	138	0	691	501
Varanda	655	160	2200	3333	627	418	240	39	8	0	7680	7393
Total	7598	9280	27225	26664	5073	2552	4200	2873	904	453	86822	78392

Nota: E = Empregada, S = Social

* corredor escadas e outros

** Área de exposição e vendas

Fonte: SAUER et al., 1999a.

Com base nas planilhas de dados, crescimento populacional, número de horas de uso médio e grau de penetração das lâmpadas incandescentes, estima-se a quantidade de lâmpadas incandescentes necessária para suprir a demanda por estrato por ano, para o período de análise, 1997 a 2008. Esta estimativa é apresentada na tabela 3.7.

Tabela 3.7. Estimativa da quantidade de lâmpadas incandescentes 40, 60 e 100 W para suprir a demanda adicional, por estrato, ano a ano (cenário de referência).

	ESTRATO									
	1	2	3	4	5	6	8	9	10	11
1997										
40 W	786	1600	3850	4545	513	242	420	663	180	56
60 W	6419	7360	22825	20503	4047	1672	3660	962	346	286
100 W	262	320	275	1515	513	330	120	455	378	111
1998										
40 W	907	1847	4444	5246	592	279	501	791	215	67
60 W	7409	8496	26347	23666	4671	1930	4367	1148	413	341
100 W	302	369	317	1749	592	381	143	543	451	132
1999										
40 W	960	1955	4704	5553	627	296	535	844	229	71
60 W	7843	8993	27888	25051	4945	2043	4661	1225	441	364
100 W	320	391	336	1851	627	403	153	579	481	141
2000										
40 W	1014	2065	4968	5865	662	312	598	944	256	80
60 W	8284	9498	29456	26459	5223	2158	5210	1369	493	407
100 W	338	413	355	1955	662	426	171	648	538	158
2003										
40 W	1188	2418	5819	6869	775	366	830	1310	356	111
60 W	9702	11124	34498	30988	6117	2527	7230	1900	683	565
100 W	396	484	416	2290	775	499	237	899	747	219
2008										
40 W	1473	2999	7216	8518	961	454	1216	1920	521	162
60 W	12030	13794	42778	38426	7585	3134	10599	2786	1002	828
100 W	491	600	515	2839	961	618	347	1318	1095	321

Fonte: SAUER et al., 1999a

Com base na pesquisa de campo, determinaram-se três cenários além do cenário de referência, sendo estes: Cenário Pessimista, Realista e Otimista. Estes três cenários são referentes à tendência da população em participar de campanhas de conservação de energia, com penetrações de 40, 60 e 80% da nova tecnologia. Portanto, estima-se a quantidade de lâmpadas a serem trocadas no Setor Residencial na tabela 3.8.

Tabela 3.8. Estimativa da quantidade de lâmpadas incandescentes para suprir a demanda adicional, por estrato, ano a ano para os três cenários no setor residencial.

	1997 Total	Pessimista	Realista	Otimista
40 W	11536	4614	6922	9229
60 W	62826	25130	37696	50261
100 W	3215	1286	1929	2572
1998				
40 W	13315	5326	7989	10652
60 W	72519	29008	43511	58015
100 W	3710	1484	2226	2968
1999				
40 W	14095	5638	8457	11276
60 W	76763	30705	46058	61410
100 W	3928	1571	2357	3142
2000				
40 W	14886	5954	8932	11909
60 W	81078	32431	48647	64862
100 W	4149	1660	2489	3319
2001				
40 W	15713	6285	9428	12570
60 W	85582	34233	51349	68466
100 W	4379	1752	2628	3504
2002				
40 W	16586	6634	9952	13269
60 W	90337	36135	54202	72270
100 W	4623	1849	2774	3698
2003				
40 W	17435	6974	10461	13948
60 W	94956	37982	56974	75965
100 W	4860	1944	2916	3888
2004				
40 W	18404	7361	11042	14723
60 W	100231	40093	60139	80185
100 W	5130	2052	3078	4104
2005				
40 W	19426	7770	11656	15541
60 W	105800	42320	63480	84640
100 W	5415	2166	3249	4332
2006				
40 W	20505	8202	12303	16404
60 W	111678	44671	67007	89342
100 W	5716	2286	3429	4573
2007				
40 W	21644	8658	12987	17316
60 W	117882	47153	70729	94305
100 W	6033	2413	3620	4827
2008				
40 W	21621	8648	12973	17297
60 W	117747	47099	70648	94198
100 W	6024	2410	3614	4819

Retomando o cálculo da relação Custo – Benefício, parte-se para o cálculo do Valor presente dos Custos.

3.2.1.2. Valor Presente dos Custos (VPC)

Segundo o item II.4.1 do manual da ANEEL, o Custo dos equipamentos CPE deverá ser calculado pela soma dos custos unitários de equipamento, mão de obra e indiretos multiplicada pela quantidade total de equipamento correspondente.

O programa propõe a troca de lâmpadas incandescentes de 40, 60 e 100 W que serão substituídas por lâmpadas fluorescentes compactas de 13 e de 20 W. Como demonstrado na tabela 3.7. temos a quantidade total de lâmpadas a serem trocadas para os 3 cenários propostos. As lâmpadas de 40 e 60 W serão substituídas por fluorescentes compactas de 13 W, para facilitar o gerenciamento do programa e proporcionar melhoria no fluxo luminoso.

Para o cálculo do Valor Presente dos Custos foram calculados os custos unitários que incluem o custo de aquisição da nova lâmpada mais o custo de gerenciamento do programa. Os parâmetros utilizados para os cálculos foram:

- Taxa de desconto 12%
- Vida média
 - Lâmpada incandescente 960 h
 - Lâmpada fluorescente 8.000 h
- Preço das lâmpadas
 - Incandescente 40W R\$ 0,80
 - Incandescente 60W R\$ 0,85
 - Incandescente 100W R\$ 0,90
 - FC 13W R\$15,00
 - FC 20W R\$20,00
- Custo de gestão do programa R\$ 2,00/lâmpada no primeiro ano.

Os valores obtidos são demonstrados nas tabelas de 3.9 à 3.14. Faz-se uma estimativa dos Custos Totais (se todas as lâmpadas fossem substituídas) a valor presente e dos Custos sob a ótica dos três cenários propostos.

Tabela 3.9. Estimativa dos Custos Totais a Valor Presente da substituição de lâmpadas incandescentes de 40 W por lâmpadas F.C. de 13 W.

Ano	Custos anualizados R\$	Núm. Lâmp.	CVP total
1998	4,07	13 315	48 426
1999	4,07	14 095	45 770
2000	4,07	14 886	43 159
2001	4,07	15 713	40 676
2002	4,07	16 586	38 336
2003	4,07	17 435	35 980
2004	4,07	18 404	33 910
2005	4,07	19 426	31 959
2006	4,07	20 505	30 120
2007	4,07	21 644	28 387
2008	4,07	21 621	25 318
Total		193 630	402 041

Tabela 3.10. Estimativa dos Custos a Valor Presente – Cenários (40 W por 13 W).

Ano	CVP total Pessimista	Realista	Otimista
1998	48 426	19 370	29 055
1999	45 770	18 308	27 462
2000	43 159	17 264	25 896
2001	40 676	16 270	24 406
2002	38 336	15 334	23 001
2003	35 980	14 392	21 588
2004	33 910	13 564	20 346
2005	31 959	12 784	19 175
2006	30 120	12 048	18 072
2007	28 387	11 355	17 032
2008	25 318	10 127	15 191
Total	402 041	160 816	241 225

Tabela 3.11. Estimativa dos Custos Totais a Valor Presente da substituição de lâmpadas incandescentes de 60 W por lâmpadas F.C. de 13 W.

Ano	Custos anualizados R\$	Núm. Lâmp.	CVP total
1998	17,24	72 519	229 959
1999	17,51	76 763	217 336
2000	17,81	81 078	204 958
2001	18,15	85 582	193 165
2002	18,52	90 337	182 050
2003	18,95	94 956	170 856
2004	19,42	100 231	161 025
2005	19,95	105 800	151 760
2006	20,55	111 678	143 028
2007	21,21	117 882	134 798
2008	21,96	117 747	120 217
Total		1 054 573	1 909 151

Tabela 3.12. Estimativa dos Custos a Valor Presente – Cenários (60 W por 13 W).

Ano	CVP total	Pessimista	Realista	Otimista
1998	229 959	91 983	137 975	183 967
1999	217 336	86 934	130 402	173 869
2000	204 958	81 983	122 975	163 966
2001	193 165	77 266	115 899	154 532
2002	182 050	72 820	109 230	145 640
2003	170 856	68 342	102 514	136 685
2004	161 025	64 410	96 615	128 820
2005	151 760	60 704	91 056	121 408
2006	143 028	57 211	85 817	114 422
2007	134 798	53 919	80 879	107 838
2008	120 217	48 087	72 130	96 174
Total	1 909 151	763 661	1 145 491	1 527 321

Tabela 3.13. Estimativa dos Custos Totais a Valor Presente da substituição de lâmpadas incandescentes de 100W por lâmpadas F.C. de 20 W.

Ano	Custos anualizados R\$	Núm. Lâmp.	CVP total
1998	6,35	3 710	21 042
1999	6,35	3 928	19 892
2000	6,35	4 149	18 760
2001	6,35	4 379	17 680
2002	6,35	4 623	16 663
2003	6,35	4 860	15 641
2004	6,35	5 130	14 741
2005	6,35	5 415	13 893
2006	6,35	5 716	13 093
2007	6,35	6 033	12 340
2008	6,35	6 024	11 001
Total		53 968	174 744

Tabela 3.14. Estimativa dos Custos a Valor Presente – Cenários (100 W por 20 W).

Ano	CVP total	Pessimista	Realista	Otimista
1998	21 042	8 417	12 625	16 834
1999	19 892	7 957	11 935	15 913
2000	18 760	7 504	11 256	15 008
2001	17 680	7 072	10 608	14 144
2002	16 663	6 665	9 998	13 330
2003	15 641	6 256	9 385	12 513
2004	14 741	5 896	8 845	11 793
2005	13 893	5 557	8 336	11 114
2006	13 093	5 237	7 856	10 475
2007	12 340	4 936	7 404	9 872
2008	11 001	4 400	6 600	8 801
Total	174 744	69 898	104 847	139 795

As tabelas a cima apresentam os valores obtidos pelo cálculo dos custos dos investimentos para os cenários propostos, que serão utilizados nos cálculos da relação Custo-Benefício.

3.2.1.3. Cálculo dos Benefícios

Segundo o item II.4. os benefícios possuem duas parcelas, o Custo Evitado de Demanda e o Custo Evitado de Energia. O custo evitado de demanda deverá ser obtido pelo produto entre a Redução de Demanda na Ponta e o Custo Marginal da Média Tensão, e o custo evitado de energia deverá ser obtido pelo produto entre a Energia Evitada e o Custo de Produção da Usina Termelétrica.

Para a determinação do Custo Evitado de Energia é necessário o cálculo da Energia Evitada ou segundo o item III. 3.2. Substituição de Lâmpadas Incandescentes em Residências, Energia Economizada que é definida por:

- Energia Economizada (EE)

$$EE \text{ (MWh/ano)} = N \times [(P1 - P2) \times U] \times 10^{-6}$$

Onde:

N = nº de pontos substituídos

$P1$ = potência da lâmpada incandescente substituída (W)

$P2$ = potência (W) da lâmpada eficiente (integral) ou do conjunto (Lâmpada eficiente + reator)

U = tempo de utilização das lâmpadas no ano (horas/ano)

Sendo:

U = (horas de uso/dia \times 365 dias). Usar 5h/dia, ou seja, $U = 1.825$ h, exceto se existir outro valor (justificar).

Para o cálculo da E.E. foram utilizados os dados obtidos na tabela 3.3 para se estipular um número médio de horas de utilização diária para os estratos residenciais e da tabela 3.8. o número de pontos substituídos. As potências utilizadas foram $P1 = (13W \text{ da lâmpada} + 2W \text{ do reator}) = 15W$ e $P2 = (20W \text{ da lâmpada} + 5W \text{ do reator}) = 25W$. Os dados obtidos são apresentados nas tabelas 3.15 à 3.18.

Tabela 3.15. Energia Economizada (MWh/ano) na troca de lâmpadas incandescentes de 40W por F.C. de 13 W

Ano	Total	Pessimista	Realista	Otimista
1998	819	327	491	655
1999	867	347	520	693
2000	915	366	549	732
2001	966	386	580	773
2002	1 020	408	612	816
2003	1 072	429	643	858
2004	1 132	453	679	905
2005	1 194	478	717	956
2006	1 261	504	756	1 009
2007	1 331	532	799	1 065
2008	1 329	532	798	1 064
Total	12 615	5 046	7 569	10 092

Tabela 3.16. Energia Economizada (MWh/ano) na troca de lâmpadas incandescentes de 60W por F.C. de 13 W

Ano	Total	Pessimista	Realista	Otimista
1998	6 883	2 753	4 130	5 506
1999	7 286	2 914	4 371	5 828
2000	7 695	3 078	4 617	6 156
2001	8 123	3 249	4 874	6 498
2002	8 574	3 430	5 144	6 859
2003	9 012	3 605	5 407	7 210
2004	9 513	3 805	5 708	7 610
2005	1 041	4 017	6 025	8 033
2006	10 599	4 240	6 360	8 479
2007	11 188	4 475	6 713	8 950
2008	11 175	4 470	6 705	8 940
Total	106 051	42 421	63 631	84 841

Tabela 3.17. Energia Economizada (MWh/ano) na troca de lâmpadas incandescentes de 100W por F.C. de 20 W

Ano	Total	Pessimista	Realista	Otimista
1998	843	337	506	674
1999	892	357	535	714
2000	942	377	565	754
2001	995	398	597	796
2002	1 050	420	630	840
2003	1 104	442	662	883
2004	1 165	466	699	932
2005	1 230	492	738	984
2006	1 298	519	779	1 039
2007	1 370	548	822	1 096
2008	1 368	547	821	1 095
Total	12 987	5 195	7 792	10 390

Tabela 3.18. Energia Economizada (MWh/ano) na troca de lâmpadas incandescentes por F.C. (total)

Ano	Total	Pessimista	Realista	Otimista
1998	8 544	3 418	5 126	6 835
1999	9 044	3 618	5 427	7 235
2000	9 553	3 821	5 732	7 642
2001	10 083	4 033	6 050	8 067
2002	10 644	4 257	6 386	8 515
2003	11 188	4 475	6 713	8 950
2004	11 810	4 724	7 086	9 448
2005	12 466	4 986	7 479	9 973
2006	13 158	5 263	7 895	10 527
2007	13 889	5 556	8 334	11 111
2008	13 873	5 549	8 324	11 098
Total	124 252	49 701	74 551	99 401

Para a determinação do Custo Evitado de Demanda é necessário o cálculo da Redução de Demanda na Ponta – RDP, segundo o item III.3.2. Substituição de Lâmpadas Incandescentes em Residências, RDP é definida por:

- Redução de Demanda na Ponta (RDP)

$$RDP \text{ (kW)} = N \times [(P1 - P2)] \times FCP \times 10^{-3}$$

Onde:

N = nº de pontos substituídos

P1 = potência da lâmpada incandescente substituída (W)

P2 = potência (W) da lâmpada eficiente (integral) ou do conjunto (Lâmpada eficiente + reator)

FCP = Fator de coincidência na ponta

Para o cálculo da RDP foram utilizados os dados da tabela 3.8, as potências P1 = 15W e P2 = 25W, e o FCP determinado pelo manual de 0,62. Os valores obtidos estão representados nas tabelas 3.19 a 3.22.

Tabela 3.19. Redução de Demanda na Ponta (kW/ano) na troca de lâmpadas incandescentes de 40W por F.C. de 13 W

Ano	Total	Pessimista	Realista	Otimista
1998	206	83	124	165
1999	218	87	131	175
2000	231	92	138	185
2001	244	97	146	195
2002	257	103	154	206
2003	270	108	162	216
2004	285	114	171	228
2005	301	120	181	241
2006	318	127	191	254
2007	335	134	201	268
2008	335	134	201	268
Total	3 001	1 201	1 801	2 401

Tabela 3.20. Redução de Demanda na Ponta (kW/ano) na troca de lâmpadas incandescentes de 60W por F.C. de 13 W

Ano	Total	Pessimista	Realista	Otimista
1998	2 023	809	1 214	1 619
1999	2 142	857	1 285	1 713
2000	2 262	905	1 357	1 810
2001	2 388	955	1 433	1 910
2002	2 520	1 008	1 512	2 016
2003	2 649	1 060	1 590	2 119
2004	2 796	1 119	1 678	2 237
2005	2 952	1 181	1 771	2 361
2006	3 116	1 246	1 869	2 493
2007	3 289	1 316	1 973	2 631
2008	3 285	1 314	1 971	2 628
Total	29 423	11 769	17 654	23 538

Tabela 3.21. Redução de Demanda na Ponta (kW/ano) na troca de lâmpadas incandescentes de 100W por F.C. de 20 W

Ano	Total	Pessimista	Realista	Otimista
1998	173	69	104	138
1999	183	73	110	146
2000	193	77	116	154
2001	204	81	122	163
2002	215	86	129	172
2003	226	90	136	181
2004	239	95	143	191
2005	252	101	151	201
2006	266	106	159	213
2007	281	112	168	224
2008	280	112	168	224
Total	2 509	1 004	1 506	2 008

Tabela 3.22. Redução de Demanda na Ponta (kW/ano) na troca de lâmpadas incandescentes por F.C. (total).

Ano	Total	Pessimista	Realista	Otimista
1998	2 402	961	1 441	1 922
1999	2 543	1 017	1 526	2 034
2000	2 686	1 074	1 611	2 149
2001	2 835	1 134	1 701	2 268
2002	2 992	1 197	1 795	2 394
2003	3 146	1 258	1 887	2 516
2004	3 320	1 328	1 992	2 656
2005	3 505	1 402	2 103	2 804
2006	3 699	1 480	2 220	2 960
2007	3 905	1 562	2 343	3 124
2008	3 900	1 560	2 340	3 120
Total	34 933	13 973	20 960	27 947

A) Cálculo do Custo Evitado de Energia e de Demanda

Segundo V.1. Projetos Plurianuais, o cálculo dos benefícios anuais é definido como sendo o valor em reais (R\$) da Redução de Demanda na Ponta x N° de Equipamentos Previstos x Custo Evitado de Potência. Sendo que para Projetos nas Tensões de Distribuição em Sistemas Térmicos Isolados, a parcela do custo evitado de demanda deverá ser obtida pelo produto entre a demanda evitada na ponta e custo marginal da média tensão. A parcela do Custo Evitado de energia deverá ser obtida pelo produto entre a energia evitada pelo custo de produção na usina termelétrica.

Para os cálculos dos Custos Evitados de Energia foram utilizados os dados das tabelas 3.15 à 3.18 e o Custo de Produção para Boa Vista Energia de 128,44 R\$/MWh (SAUER et al., 1999a). Os valores obtidos são apresentados nas tabelas 3.23 a 3.26.

Tabela 3.23. Cálculo do custo evitado de energia anual da troca de lâmpadas incandescentes de 40 W por F.C. de 13 W (R\$/ano).

Ano	Total	Pessimista	Realista	Otimista
1998	105 154	42 062	63 093	84 123
1999	111 314	44 526	66 789	89 051
2000	117 561	47 024	70 537	94 049
2001	124 092	49 637	74 455	99 274
2002	130 986	52 395	78 592	104 789
2003	137 692	55 077	82 615	110 153
2004	145 341	58 136	87 205	116 273
2005	153 416	61 366	92 049	122 733
2006	161 939	64 776	97 163	129 551
2007	170 935	68 374	102 561	136 748
2008	170 750	68 300	102 450	136 600
Total	1 529 181	611 672	917 509	1 223 345

Tabela 3.24. Cálculo do custo evitado de energia anual da troca de lâmpadas incandescentes de 60 W por F.C. de 13 W (R\$/ano).

Ano	Total	Pessimista	Realista	Otimista
1998	884 016	353 606	530 410	707 213
1999	935 751	374 300	561 450	748 601
2000	988 351	395 340	593 011	790 681
2001	1 043 260	417 304	625 956	834 608
2002	1 101 218	440 487	660 731	880 975
2003	1 157 526	463 010	694 515	926 021
2004	1 221 833	488 733	733 100	977 466
2005	1 289 712	515 885	773 827	1 031 770
2006	1 361 363	544 545	816 818	1 089 090
2007	1 436 994	574 798	862 197	1 149 595
2008	1 435 351	574 140	861 211	1 148 281
Total	12 855 375	5 142 150	7 713 225	10 284 300

Tabela 3.25. Cálculo do custo evitado de energia anual da troca de lâmpadas incandescentes de 100 W por F.C. de 20 W (R\$/ano).

Ano	Total	Pessimista	Realista	Otimista
1998	108 226	43 290	64 936	86 581
1999	114 585	45 834	68 751	91 668
2000	121 032	48 413	72 619	96 826
2001	127 756	51 103	76 654	102 205
2002	134 854	53 942	80 912	107 883
2003	141 773	56 709	85 064	113 419
2004	149 650	59 860	89 790	119 720
2005	157 963	63 185	94 778	126 371
2006	166 739	66 696	100 043	133 391
2007	176 002	70 401	105 601	14 802
2008	175 729	70 292	105 437	140 583
Total	1 574 311	629 724	944 587	1 259 449

Tabela 3.26. Cálculo do custo total evitado de energia anual da troca de lâmpadas incandescentes por F. C.(R\$/ano).

Ano	Total	Pessimista	Realista	Otimista
1998	1 097 396	438 958	658 438	877 917
1999	1 161 651	464 660	696 990	929 320
2000	1 226 945	490 778	736 167	981 556
2001	1 295 108	518 043	777 065	1 036 087
2002	1 367 059	546 823	820 235	1 093 647
2003	1 436 991	574 796	862 194	1 149 593
2004	1 516 824	606 729	910 094	1 213 459
2005	1 601 092	640 437	960 655	1 280 873
2006	1 690 041	676 016	1 014 025	1 352 033
2007	1 783 932	713 573	1 070 359	1 427 146
2008	1 781 830	712 732	1 069 098	1 425 464
Total	15 958 867	6 383 547	9 575 320	12 767 094

Para os cálculos dos Custos Evitados de Demanda foram utilizados os dados das tabelas 3.19 a 3.22. e o Custo Marginal de Distribuição para a Média Tensão para Boa Vista Energia de 26,00 R\$/kW (Plano decenal de expansão 1999/2008). Os valores obtidos são apresentados nas tabelas 3.27 a 3.30.

Tabela 3.27. Cálculo do custo evitado de demanda anual da troca de lâmpadas incandescentes de 40 W por F.C. de 13 W (R\$/ano).

Ano	Total	Pessimista	Realista	Otimista
1998	5 366	2 146	3 220	4 293
1999	5 680	2 272	3 408	4 544
2000	5 999	2 400	3 599	4 799
2001	6 332	2 533	3 799	5 066
2002	6 684	2 674	4 010	5 347
2003	7 026	2 811	4 216	5 621
2004	7 417	2 967	4 450	5 933
2005	7 829	3 131	4 697	6 263
2006	8 264	3 305	4 958	6 611
2007	8 723	3 489	5 234	6 978
2008	8 713	3 485	5 228	6 971
Total	78 033	31 213	46 820	62 426

Tabela 3.28. Cálculo do custo evitado de demanda anual da troca de lâmpadas incandescentes de 60 W por F.C. de 13 W (R\$/ano).

Ano	Total	Pessimista	Realista	Otimista
1998	52 605	21 042	31 563	42 084
1999	55 684	22 274	33 410	44 547
2000	58 814	23 526	35 288	47 051
2001	62 081	24 833	37 249	49 665
2002	65 530	26 212	39 318	52 424
2003	68 881	27 552	41 329	55 105
2004	72 708	29 083	43 625	58 166
2005	76 747	30 699	46 048	61 398
2006	81 011	32 404	48 607	64 809
2007	85 511	34 205	51 307	68 409
2008	85 414	34 165	51 248	68 331
Total	764 987	305 995	458 992	611 990

Tabela 3.29. Cálculo do custo evitado de demanda anual da troca de lâmpadas incandescentes de 100 W por F.C. de 20 W (R\$/ano).

Ano	Total	Pessimista	Realista	Otimista
1998	4 485	1 794	2 691	3 588
1999	4 749	1 900	2 849	3 799
2000	5 016	2 006	3 010	4 013
2001	5 295	2 118	3 177	4 236
2002	5 589	2 236	3 353	4 471
2003	5 876	2 350	3 525	4 701
2004	6 202	2 481	3 721	4 962
2005	6 547	2 619	3 928	5 237
2006	6 910	2 764	4 146	5 528
2007	7 294	2 918	4 377	5 835
2008	7 283	2 913	4 370	5 826
Total	65 247	26 099	39 148	52 197

Tabela 3.30. Cálculo do custo total evitado de demanda anual da troca de lâmpadas incandescentes por F.C. (R\$/ano).

Ano	Total	Pessimista	Realista	Otimista
1998	62 457	24 983	37 474	49 965
1999	66 113	26 445	39 668	52 890
2000	69 829	27 932	41 898	55 863
2001	73 709	29 483	44 225	58 967
2002	77 804	31 121	46 682	62 243
2003	81 783	32 713	49 070	65 427
2004	86 327	34 531	51 796	69 061
2005	91 123	36 449	54 674	72 898
2006	96 185	38 474	57 711	76 948
2007	101 529	40 611	60 917	81 223
2008	101 410	40 564	60 846	81 128
Total	908 267	363 307	544 960	726 613

B) Cálculo dos Benefícios à Vapor Presente

Segundo V.1. Projetos Plurianuais, o cálculo do Valor Presente dos Benefícios deverá ser obtido pelo Benefício Anual x FVA (i,n) x FVA'(i,n') onde i = taxa de desconto anual de 12%, n = Vida Útil da Tecnologia e n' = ano do investimento. Sendo:

$$FVA (i,n) = \frac{(1+i)^n - 1}{i (1+i)^n} \quad FVA' (i,n') = \frac{1}{(1+i)^n}$$

Utilizando-se os dados da tabela 3.5 e uma vida média da lâmpada Fluorescente Compacta de 8.000 horas, estima-se a vida útil das lâmpadas Fluorescentes Compactas em:

- Vida Útil lâmpada FC na troca de incandescente de 40 W = 3,3 anos
- Vida Útil lâmpada FC na troca de incandescente de 60 W = 3,8 anos
- Vida Útil lâmpada FC na troca de incandescente de 100 W = 2,9 anos

Utilizando-se a vida útil acima descrita e uma taxa de 12 % tem-se:

- FVA lâmpada FC na troca de incandescente de 40 W = 2,620728
- FVA lâmpada FC na troca de incandescente de 60 W = 2,938696
- FVA lâmpada FC na troca de incandescente de 100 W = 2,318832

Os benefícios anuais estão divididos em benefícios obtidos pela economia de energia e benefícios obtidos pela redução de demanda na ponta, assim representados:

Benefício_{EE} = E.E. (MWh/ano) x Número de lâmpadas x Custo de produção

Benefício_{RDP} = R.D.P. (kW) x Número de lâmpadas x Custos evitados de potência

Nos cálculos dos benefícios, devido a parcela de energia evitada, foram utilizados os dados das tabelas 3.23 a 3.26 e os valores de FVA e FVA' calculados para cada tipo de lâmpada. Os resultados obtidos são apresentados nas tabelas 3.31 a 3.34.

Tabela 3.31. Cálculo do Valor presente dos Benefícios (R\$) – Energia Evitada (40W por 13W).

Ano	Total	Pessimista	Realista	Otimista
1998	31 987	12 795	19 192	25 589
1999	30 233	12 093	18 140	24 186
2000	28 508	11 403	17 105	22 807
2001	26 868	10 747	16 121	21 494
2002	25 322	10 129	15 193	20 257
2003	23 766	9 506	14 260	19 013
2004	22 399	8 959	13 439	17 919
2005	21 110	8 444	12 666	16 888
2006	19 895	7 958	11 937	15 916
2007	18 750	7 500	11 250	15 000
2008	16 723	6 689	10 034	13 379
Total	265 561	106 224	159 337	212 449

Tabela 3.32. Cálculo do Valor presente dos Benefícios (R\$) – Energia Evitada (60W por 13W).

Ano	Total	Pessimista	Realista	Otimista
1998	239 811	95 924	143 887	191 849
1999	226 648	90 659	135 989	181 318
2000	213 739	85 496	128 244	170 991
2001	201 441	80 576	120 865	161 153
2002	189 850	75 940	113 910	151 880
2003	178 176	71 271	106 906	142 541
2004	167 924	67 170	100 754	134 339
2005	158 262	63 305	94 957	126 609
2006	149 155	59 662	89 493	119 324
2007	140 573	56 229	84 344	112 458
2008	125 368	50 147	75 221	100 295
Total	1 990 948	796 379	1 194 569	1 592 758

Tabela 3.33. Cálculo do Valor presente dos Benefícios (R\$) – Energia Evitada (100W por 20W).

Ano	Total	Pessimista	Realista	Otimista
1997	194 174	77 669	116 504	155 339
1998	200 062	80 025	120 037	160 050
1999	189 123	75 649	113 474	151 299
2000	178 361	71 344	107 016	142 688
2001	168 098	67 239	100 859	134 478
2002	158 425	63 370	95 055	126 740
2003	148 709	59 484	89 225	118 967
2004	140 152	56 061	84 091	112 122
2005	132088	52 835	79 253	105 670
2006	124 488	49 795	74 693	99 590
2007	117 325	46 930	70 395	93 860
2008	104591	41. 837	62 755	83 673
Total	1 661 423	664 569	996 854	1 329 138

Tabela 3.34. Cálculo do Valor presente total dos Benefícios (R\$) – Energia Evitada.

Ano	Total	Pessimista	Realista	Otimista
1998	309 005	123 602	185 403	247 204
1999	292 053	116 821	175 232	233 642
2000	275 419	110 167	165 251	220 335
2001	259 571	103 828	155 743	207 657
2002	244 636	97 854	146 781	195 708
2003	229 599	91 840	137 759	183 679
2004	216 388	86 555	129 833	173 110
2005	203 937	81 575	122 362	163 150
2006	192 203	76 881	115 322	153 762
2007	181 143	72 457	108 686	144 915
2008	161 543	64 617	96 926	129 235
Total	2 565 497	1 026 199	1 539 298	2 052 397

Para os cálculos dos benefícios, devido a parcela de redução de demanda na ponta, foram utilizados os dados das tabelas 3.27 à 3.30 e os valores de FVA e FVA' calculados para cada tipo de lâmpada. Os resultados obtidos são apresentados nas tabelas 3.35 à 3.38.

Tabela 3.35. Cálculo do Valor presente dos Benefícios (R\$) – Redução de Demanda na Ponta (40W por 13W).

Ano	Total	Pessimista	Realista	Otimista
1998	1 828	731	1 097	1 463
1999	1 728	691	1 037	1 382
2000	1 629	652	978	1 303
2001	1 536	614	921	1 228
2002	1 447	579	868	1 158
2003	1 358	543	815	1 087
2004	1 280	512	768	1 024
2005	1 206	483	724	965
2006	1 137	455	682	910
2007	1 072	429	643	857
2008	956	382	573	765
Total	15 178	6 071	9 107	12 142

Tabela 3.36. Cálculo do Valor presente dos Benefícios (R\$) – Redução de Demanda na Ponta (60W por 13W).

Ano	Total	Pessimista	Realista	Otimista
1998	15 983	6 393	9 590	12 786
1999	15 106	6 042	9 063	12 085
2000	14 245	5 698	8 547	11 396
2001	13 426	5 370	8 055	10 741
2002	12 653	5 061	7 592	10 123
2003	11 875	4 750	7 125	9 500
2004	11 192	4 477	6 715	8 953
2005	10 548	4 219	6 329	8 438
2006	9 941	3 976	5 965	7 953
2007	9 369	3 748	5 621	7 495
2008	8 356	3 342	5 013	6 684
Total	132 693	53 077	79616	106 154

Tabela 3.37. Cálculo do Valor presente dos Benefícios (R\$) – Redução de Demanda na Ponta (100W por 20W).

Ano	Total	Pessimista	Realista	Otimista
1998	1 727	691	1 036	1 382
1999	1 633	653	980	1 306
2000	1 540	616	924	1 232
2001	1 451	580	871	1 161
2002	1 368	547	821	1 094
2003	1 284	514	770	1 027
2004	1 210	484	726	968
2005	1 140	456	684	912
2006	1 075	430	645	860
2007	1 013	405	608	810
2008	903	361	542	722
Total	14 343	5 737	8 606	11 474

Tabela 3.38. Cálculo do Valor presente total dos Benefícios (R\$) – Redução de Demanda na Ponta.

Ano	Total	Pessimista	Realista	Otimista
1998	19 538	7 815	11 723	15 631
1999	18 466	7 386	11 080	14 773
2000	17 414	6 966	10 449	13 931
2001	16 412	6 565	9 847	13 130
2002	15 468	6 187	9 281	12 374
2003	14 517	5 807	8 710	11 614
2004	13 682	5 473	8 209	10 945
2005	12 895	5 158	7 737	10 316
2006	12 153	4 861	7 292	9 722
2007	11 453	4 581	6 872	9 163
2008	10 214	4 086	6 129	8 171
Total	162 213	64 885	97 328	129 770

C) Cálculo da Relação Custo – Benefício a Valor presente

$$\mathbf{RCB = VPC/VPB}$$

O cálculo da RCB será realizado apenas para o cenário total (quantidade total de lâmpadas que poderiam ser substituídas) já que os outros cenários guardam uma relação constante entre si (40% para o pessimista, 60% para o realista e 80% para o otimista).

Para a substituição de lâmpadas incandescentes de 40 W por lâmpadas F.C. de 13 W temos:

Valor Presente dos Benefícios

$$VPB = \Sigma B_{FE} + \Sigma B_{RDP}$$

$$VPB = (265\,561 + 15\,178) = 280\,738$$

Valor Presente dos Custos

$$VPC = 402\,041$$

$$\mathbf{RCB = 402\,041/280\,738 = 1,43}$$

Para a substituição de lâmpadas incandescentes de 60 W por lâmpadas F.C. de 13 W temos:

Valor Presente dos Benefícios

$$VPB = (1\,990\,948 + 132\,693) = 2\,123\,641$$

Valor Presente dos Custos

$$VPC = 1\,909\,151$$

$$\mathbf{RCB = 1\,909\,151/2\,123\,641 = 0,90}$$

Para a substituição de lâmpadas incandescentes de 100 W por lâmpadas F.C. de 20 W temos:

Valor Presente dos Benefícios

$$VCB = (308\,988 + 114\,343) = 323\,331$$

$$VPC = 174\,744$$

$$\mathbf{RCB = 174\,744/323\,331 = 0,54}$$

Os cálculos realizados para as substituições de lâmpadas incandescentes de 60W e 100W, mostram que a relação Custo-Benefício é menor que a unidade, portanto, pela utilização desta figura de mérito, estas substituições são viáveis. Para a substituição das lâmpadas de 40W o cálculo da relação Custo-Benefício demonstrou ser maior que a unidade, portanto, esta substituição não demonstrou viabilidade.

3.3. Iluminação Pública

O segundo programa proposto, Iluminação Pública refere-se às trocas de lâmpadas de vapor de mercúrio – VM por lâmpadas de vapor de sódio – VS.

Seguindo-se o roteiro básico para elaboração de projetos em Iluminação Pública, descrito no item III.2 (Anexo I) tem-se como parâmetro básico o cálculo da Relação Custo – Benefício.

Para a realização deste cálculo deve-se determinar o sistema existente a ser substituído e o sistema proposto. Segundo dados levantados pela pesquisa de campo, Boa Vista possuía em 1997, um parque de lâmpadas passível de substituição de: 10.671 lâmpadas de 80W de VM e 250 lâmpadas de 250W de V.M. que poderiam ser substituídas por lâmpadas de VS de 70W e 150W respectivamente, mediante o critério da manutenção ou melhora do fluxo luminoso.

Novamente o manual não indica como deverão ser efetuadas as trocas. Optou-se por levar em consideração a vida útil e tempo de utilização das lâmpadas de VM dando origem a um programa plurianual. Devido ao reduzido número de lâmpadas de VM de 250W (250 unidades), estas seriam trocadas no 1º ano, as de VM de 80W, levando-se em conta que a vida útil destas lâmpadas seja de 15.000 horas (segundo pesquisa de mercado e por levantamento em catálogos de fabricantes SAUER et al., 1999a) e que o período de utilização diário seja de 12 horas, sua durabilidade será de 1.250 dias, portanto, todas as lâmpadas poderão ser substituídas num período de 3 anos e 5 meses. O Manual estipula a vida útil para lâmpadas em VS e VM não identificando a potência de cada tipo e trabalha com números inteiros aproximados o que pode gerar distorções nos cálculos do FRC ou do FVA.

3.3.1. Cálculo da relação Custo – Benefício para a substituição de lâmpadas de VM de 250W.

A substituição de lâmpadas de VM de 250W deverá ser realizada em 1 ano, portanto, a Relação Custo-Benefício será:

3.3.1.1. Cálculo dos Investimentos (Custos)

Segundo o manual da ANEEL, o cálculo dos investimentos de projetos que podem ser implementados em um ano é dado por:

$$K = FRC_{(i,n)} \times CT$$

Onde:

$$FRC = \frac{i(1+i)^n}{(1+i)^n - 1}$$

n = Vida útil

CT = Custo total do projeto

$$\text{Vida útil (anos)} = \frac{\text{Vida média da lâmpada (h) indicado pelo fornecedor}}{\text{Tempo de utilização da lâmpada no ano (h/ano)}}$$

Como parâmetros básicos da análise econômica das duas substituições propostas assumiram-se:

- taxa de desconto	12%
- vida útil das lâmpadas de Vapor de Sódio	16 000 horas
- vida útil das lâmpadas de Vapor de Mercúrio	15 000 horas
- horas de utilização	4 380 horas/ano
- custo de geração térmica existente	R\$ 128,44/MWh
- preço das lâmpadas de Vapor de Sódio	
modelo : 70 W	R\$ 13,20 (valor unitário)
modelo: 150W	R\$ 17,00 (valor unitário)
- preço das lâmpadas de Vapor de Mercúrio	
modelo : 80 W	R\$ 5,70 (valor unitário)
modelo: 250W	R\$ 13,00 (valor unitário)
- preço de reator + ignitor para lâmpadas de Vapor de Sódio	
modelo : para lâmpada de 70 W	R\$ 40,00 (valor unitário)
modelo: para lâmpada de 150W	R\$ 57,00 (valor unitário)
- preço de reator + ignitor para lâmpadas de Vapor de Mercúrio	
modelo : para lâmpada de 80 W	R\$ 12,00 (valor unitário)
modelo: para lâmpada de 250W	R\$ 21,00 (valor unitário)

Como as lâmpadas serão substituídas somente quando as de VM terminarem suas vidas, o cálculo dos custos será da diferença entre os custos da lâmpada de VM e da VS. Lembrando-se que pelas lâmpadas possuírem vida útil diferentes, terão FRC diferentes.

Portanto,

$$K = (\text{FRC}_{inc} * \text{CT}_{inc}) - (\text{FRC}_{flu} * \text{CT}_{flu}).$$

$$K = \text{R\$ } 13,25 \text{ (valor unitário)}$$

3.3.1.2. Cálculo dos Benefícios

Os benefícios para projetos nas tensões de distribuição em sistemas isolados, segundo o item II.4. do Anexo I são compostos pelo custo evitado de energia e o custo evitado de demanda. A parcela do custo evitado de demanda deverá ser obtida pelo produto entre a demanda evitada na ponta e custo marginal da média tensão. O Custo evitado de energia deverá ser obtido pelo produto entre a energia evitada pelo custo de produção que para a Boa Vista Energia é de R\$ 128,44 por MWh e o custo marginal na média tensão como sendo de R\$ 26,00 por kW.

A) Cálculo da Redução de Demanda na Ponta (RDP) e Energia Economizada (EE)

Segundo o Manual, os parâmetros que deverão ser calculados para a determinação dos benefícios serão a Redução de demanda na Ponta e a Energia economizada. Sendo:

$$\text{RDP} = [N_1 \times (P_1 + R_1)] - [N_2 \times (P_2 + R_2)] \times \text{FCP} \times 10^{-3} \text{ kW}$$

Onde:

FCP = fator de coincidência na ponta = 1

N1 = Número de pontos do sistema existente

N2 = Número de pontos do sistema proposto

P1 = Potência da lâmpada substituída (W)

R1 = Potência do reator substituído (W), se houver

P2 = Potência da lâmpada proposta (W)

R2 = Potência do reator proposto (W)

U = Tempo de utilização das lâmpadas durante o um ano = 4.380 horas/ano.

$$\text{EE} = \text{RDP} \times U \times 10^{-3} \text{ MWh/ano}$$

Os cálculos foram realizados segundo os parâmetros: P1 = 250W, R1 = 20W, P2 = 150W, R2 = 24W, FCP = 1, N1 = N2 = 250 pontos e U = 4.380. Resultando em:

$$\text{RDP} = 24,00 \text{ kW}$$

$$\text{EE} = 105,12 \text{ MWh/ano}$$

Portanto, pode-se calcular o valor do benefício como:

$$Y = (RDP \times CMMT) + (EE \times CP)$$

Onde:

Y = benefícios

CMMT = Custo marginal da média tensão

CP = Custos de produção

Resultando num valor de $Y = R\$ 14.126,00$ e numa relação custo benefício de: $RCB = \text{Custos anualizados/Benefícios}$

$$RCB = (13,24 \times 250) / 14.126,00 = 0,234507951$$

Mostrando que a relação Custo-Benefício é menor que a unidade, portanto, as substituições são viáveis segundo esta figura de mérito.

3.3.2. Cálculo da relação Custo – Benefício para a substituição de lâmpadas de VM de 80W.

Para a troca das lâmpadas de VM de 80W por lâmpadas de VS de 70W propõem-se um projeto plurianual, onde a relação custo benefício será determinada por:

$$RCB = \frac{VPC}{VPB}$$

3.3.2.1. Cálculo dos Custos a Valor Presente

Os custos a valor presente são calculados a partir do fator FVA' que leva em conta uma taxa de juros de 12% a. a., custos anualizados de R\$ 12,23 (que expressam a diferença entre os custos das lâmpadas e seus respectivos reatores, levando-se em conta o FRC de cada equipamento) e o número de períodos de 3,65 anos. Os resultados obtidos são apresentados na tabela 3.39.

$$P = F \times FVA' (i,n)$$

onde:

P = valor presente

$$FVA' (i,n) = 1/(1+i)^n$$

i = taxa de juros ou taxa de desconto

n = número de períodos

Tabela 3.39. Estimativa dos Custos Totais a Valor Presente da substituição de lâmpadas de VM de 80W por lâmpadas VS de 70W.

Ano	Custos anualizados R\$	Núm. Lâmp.	CVP total
1998	12,23	2 921	31 893
1999	12,23	2 921	28 476
2000	12,23	2 921	25 425
2001	12,23	1 907	15 418
Total		10 670	101 212

3.3.2.2. Cálculo dos Benefícios a Vapor Presente

Para o cálculo dos benefícios a valor presente é necessária a obtenção dos valores de Redução de Demanda na Ponta e Energia Economizada. As fórmulas utilizadas nos cálculos de RDP e EE são as mesmas demonstradas no item A) e os parâmetros utilizados foram: P1 = 80W, P2 = 70W, R1 = 10W, R2 = 13W, FCP = 1, U = 4.380, N1 = N2 = 2.921 pontos no primeiro ano, 2.921 no segundo ano, 2.921 no terceiro ano e 1.907 pontos no quarto ano. Os resultados obtidos estão apresentados na tabela 3.40.

Tabela 3.40. Estimativa da Redução de demanda na ponta para a substituição de lâmpadas de VM de 80W por lâmpadas VS de 70W.

Anos	Núm. Lâmp.	RDP (kW)
1998	2 921	20
1999	2 921	20
2000	2 921	20
2001	1 907	13
Total	10 670	75

Tabela 3.41. Estimativa de Energia Economizada para a substituição de lâmpadas de VM de 80W por lâmpadas VS de 70W.

Anos	Núm. Lâmp.	EE (MWh/ano)
1998	2 921	90
1999	2 921	90
2000	2 921	90
2001	1 907	58
Total	10 670	327

A) Cálculo do Custo Evitado de Energia e de Demanda

Como citado anteriormente, o cálculo do benefício anual é definido como sendo o valor em reais (R\$) da Redução de Demanda na Ponta x N° de Equipamentos Previstos x Custo Marginal da média Tensão para a parcela da demanda. A parcela do custo evitado de energia deverá ser obtida pelo produto entre a energia evitada pelo custo de produção na usina termelétrica.

Para os cálculos foram utilizados os dados das tabelas 3.40 e 3.41, Custo Marginal da Média Tensão de R\$ 26,00 kW e Custo de Produção de R\$ 128,44 MWh. Os resultados obtidos são apresentados na tabela 3.42.

Tabela 3.42. Estimativa dos valores de Custo Evitados de Demanda (CED) e Custos Evitados de Energia (CEE) da troca de lâmpadas de VM de 80W (R\$/ano).

Anos	Núm. Lâmp.	CEE	CED
1998	2 921	11 502	532
1999	2 921	11 502	532
2000	2 921	11 502	532
2001	1 907	7 511	347
Total	10 670	42 018	1 942

B) Cálculo dos Benefícios a Valor Presente

Como o projeto é plurianual o cálculo do Valor Presente dos Benefícios deverá ser obtido pelo Benefício Anual x FVA (i,n) x FVA'(i,n') onde i = taxa de desconto anual de 12%, n = Vida Útil da Tecnologia e n' = ano do investimento. Sendo:

$$FVA(i,n) = \frac{(1+i)^n - 1}{i(1+i)^n} \quad FVA'(i,n') = \frac{1}{(1+i)^n}$$

Para o cálculo dos benefícios foram utilizados os dados da tabela 3.42 valores calculados de FVA e FVA'. Os valores obtidos estão demonstrados na tabela 3.43.

Tabela 3.43. Cálculo do Valor presente dos Benefícios (R\$) – EE e RDP.

Anos	Benefício EE	Benefício RDP
1998	3 636	168
1999	3 246	150
2000	2 898	134
2001	1 757	81
Total	11 537	533

C) Cálculo da Relação Custo – Benefício a Valor presente

$$\text{RCB} = \text{VPC}/\text{VPB}$$

Para a substituição de lâmpadas de VM de 80 W por lâmpadas de VS de 70W temos:

Valor Presente dos Benefícios

$$\text{VPB} = \Sigma B_{\text{EE}} + \Sigma B_{\text{RDP}}$$

$$\text{VPB} = (11\,537 + 533) = 12\,070$$

Valor Presente dos Custos

$$\text{VPC} = 101\,212$$

$$\text{RCB} = 101\,212/12\,070 = 8,38$$

Como a relação Custo-Benefício é maior que a unidade, as substituições não são viáveis segundo esta figura de mérito.

3.4. Motores da CAER

O manual não indica qual deverá ser a tratamento dado a projetos em substituição de motores convencionais por motores de alto rendimento. No item III.3 do manual, referente a Gestão Energética Municipal, são apresentados modelos de tabelas onde são citados os serviços de saneamento público. Estas tabelas possuem sugestões de cenários para a relação de ações de combate ao desperdício de energia, porém, não são detalhados os métodos que deverão ser utilizados para os cálculos dos mesmos.

Devido a inexistência de metodologia específica, da ANEEL, para este tipo de projeto, cálculos não serão desenvolvidos, pois, apenas estaria sendo apresentada novamente a metodologia utilizada no capítulo 2.

3.5. Refrigeradores

Apesar das medições, realizadas na cidade de Boa Vista, demonstrarem que até as geladeiras com menos de cinco anos possuíam um consumo de energia elevado (em relação aos valores típicos de consumo, citados no item 2.3.4. página 34), sugeriu-se um programa

de conservação de energia a partir da substituição de geladeiras convencionais por geladeiras ganhadoras do Selo PROCEL de economia (SAUER et al., 1999a).

O manual não possui um programa específico para a substituição de geladeiras, o item III.3.1 do anexo faz referência à Venda de Eletrodomésticos Eficientes, que engloba a substituição de condicionadores de ar e geladeiras.

Novamente a relação Custo-Benefício é o parâmetro utilizado para a determinação da viabilidade dos projetos. Para tanto são calculados os Custos e as duas parcelas que compõem os Benefícios: Custo Evitado de Energia e Custo Evitado de Demanda que, por sua vez, necessitam dos cálculos da Energia Economizada e da Redução de demanda na ponta. Devido à vida útil das geladeiras, o projeto proposto é plurianual e portanto os valores dos Custos e dos Benefícios deverão ser trazidos à valor presente. No cálculo da relação Custo-Benefício, não serão analisados os cenários devido a penetração das tecnologias - Cenário Otimista, Realista e Pessimista - , por apresentarem uma proporção constante de 80%, 60% e 40% respectivamente.

3.5.1. Cálculo da quantidade de geladeiras que deverão ser substituídas

Para o cálculo do custo total deve-se conhecer a quantidade de geladeiras a serem trocadas em cada ano durante a duração do programa. Segundo dados levantados pela pesquisa de campo, em 1997 existiam 31.438 geladeiras em Boa Vista. O modelo mais comum é o de geladeira de uma porta com volume de 200 a 290 litros, correspondendo a 69% do total. Em segundo lugar, representando 16% do total de geladeiras, aparece o modelo de uma porta e volume de 300 a 380 l, onde 10% possuíam menos de cinco anos e 6%, mais de cinco anos (SAUER et al., 1999a).

Em função das características da cidade, o programa de substituição está direcionado ao setor residencial pois, no comercial, a maioria dos equipamentos são desligados durante a noite.

Tabela 3.44. Parque estimado de geladeiras, por estrato residencial, existente em Boa Vista em 1997.

Modelo/estrato	1	2	3	4	5	6	Total
Menos de 5 anos, 1 porta, 200 a 280 litros	1441	2240	4400	3030	798	154	12063
Menos de 5 anos, 1 porta, 300 a 380 litros	262	320	1375	909	285	110	3261
Menos de 5 anos, 2 portas, 300 a 380 litros	0	0	550	303	57	66	976
Menos de 5 anos, 2 portas, 400 a 440 litros	0	0	0	404	399	110	913
Menos de 5 anos, frigobar, 40 a 80 litros	131	0	0	202	0	66	399
Menos de 5 anos, 1 porta, 100 a 180 litros	0	160	0	303	57	44	564
Mais de 5 anos, 1 porta, 200 a 290 litros	786	1280	3575	3535	342	110	9628
Mais de 5 anos, 1 porta, 300 a 380 litros	0	160	550	707	513	22	1952
Mais de 5 anos, 2 portas, 300 a 380 litros	0	0	0	303	57	0	360
Mais de 5 anos, 2 portas, 400 a 440 litros	0	0	0	404	171	132	707
Mais de 5 anos, frigobar, 40 a 80 litros	0	0	275	0	57	44	376
Mais de 5 anos, 1 porta, 100 a 180 l	0	160	0	0	57	22	239
Total por estrato	2620	4320	10725	10100	2793	880	31438

Nota: o modelo identifica: idade, número de portas e volume do refrigerador.

Fonte: SAUER et al., 1999a

Com isto, o modelo de geladeira escolhido para ser substituído foi o de uma porta, 200 a 280 litros. Para estimar o montante de geladeiras que poderiam ser repostas em consequência de seu desgaste natural (sucateamento), foi definida uma expectativa média de vida dos aparelhos de 20 anos. A taxa de sobrevivência, que permite implicitamente avaliar a taxa de sucateamento, foi estimada de acordo com o estabelecido na tabela 3.45.

Tabela 3.45. Taxa de sobrevivência anual das geladeiras com mais de cinco anos

Anos	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
Taxa	82%	75%	67%	60%	52%	41%	31%	22%	13%	8%

Fonte: SAUER et al., 1999a

A tabela 3.46 mostra a estimativa do número de geladeiras alvo do programa (modelo 200 a 280 litros, uma porta, mais de cinco anos de uso) sucateadas a serem posteriormente repostas durante o período de análise. A tabela 3.47 representa a estimativa do crescimento da frota de geladeiras alvo do programa (demanda adicional) ao longo do período de análise (1999 – 2008) e a tabela 3.48 representa a estimativa do total de geladeiras necessárias para a implementação do programa proposto (SAUER et al., 1999a).

Tabela 3.46. Estimativa da quantidade de geladeiras modelo 200-280 litros, uma porta, sucateadas a serem repostas, por estrato, ano a ano

Estrato	1	2	3	4	5	6
1999	39	64	179	177	17	6
2000	55	90	250	247	24	8
2001	63	102	286	283	27	9
2002	55	90	250	247	24	8
2003	63	102	286	283	27	9
2004	86	141	393	389	38	12
2005	79	128	358	354	34	11
2006	71	115	322	318	31	10
2007	71	115	322	318	31	10
2008	39	64	179	177	17	6

Fonte: SAUER et al., 1999a

Tabela 3.47. Estimativa da quantidade de geladeiras modelo 200-280 litros, uma porta, para suprir a demanda adicional, por estrato, ano a ano.

Estrato	1	2	3	4	5	6
1999	53	86	241	239	23	7
2000	54	88	246	243	23	8
2001	63	102	286	283	27	9
2002	51	83	231	229	22	7
2003	60	97	272	269	26	8
2004	55	89	248	245	24	8
2005	56	91	256	253	24	8
2006	58	94	263	260	25	8
2007	60	97	271	268	26	8
2008	57	93	259	256	25	8

Fonte: SAUER et al., 1999a

Tabela 3.48. Estimativa da quantidade total de geladeiras, modelo 200-280 litros uma porta, por estrato, ano a ano, necessárias para o programa.

Estrato	1	2	3	4	5	6	Total
1999	92	150	420	416	40	13	1 131
2000	109	178	496	490	47	16	1 336
2001	126	204	572	566	54	18	1 540
2002	106	173	481	476	46	15	1 297
2003	123	199	558	552	53	17	1 502
2004	141	230	641	634	62	20	1 728
2005	135	219	614	607	58	19	1 652
2006	129	209	585	578	56	18	1 575
2007	131	212	593	586	57	18	1 597
2008	96	157	438	433	42	14	1 180
Total	1 189	1 933	5 401	5 342	520	174	14 559

3.5.2. Cálculo dos Custos – VP

Os custos a valor presente são calculados a partir do fator FVA' que leva em conta uma taxa de juros de 12% a. a., custos anualizados de R\$ 21,42 (que expressam a diferença entre os custos das geladeiras convencionais e eficientes, levando-se em conta o FVA de cada equipamento) e o número de períodos igual a duração do programa, 10 anos. Os resultados obtidos são apresentados na tabela 3.48.

$$P = F \times FVA' (i,n)$$

onde:

P = valor presente

$$FVA' (i,n) = 1/(1+i)^n$$

i = taxa de juros ou taxa de desconto

n = número de períodos

Como parâmetros básicos da análise econômica assumiu-se:

- taxa de desconto	12%
- vida das geladeiras	20 anos
- custo do diesel	R\$ 0,338 por litro (em 1997)
- consumo médio	0,38 litros por kWh (eficiência de conversão)
- custo de geração térmica existente	R\$ 128,44/MWh
- CCC concessionária	70%
- CCC sociedade	30%
- preço das geladeiras	
modelo 300 l uma porta, convencional	R\$ 500,00
modelo 300 l uma porta, selo PROCEL	R\$ 540,00
- consumo de energia das geladeiras	
modelo 300 l uma porta, convencional	700,80 kWh/ano
modelo 300 l uma porta, selo PROCEL	540,00 kWh/ano
- perdas totais sobre geração	17%
- custo de gestão do programa	R\$ 20,00/geladeira no primeiro ano
- custo geração térmica nova (R\$/MWh)	

- 1 US\$ = 1,2 R\$: R\$74,36, custo combustível + R\$14,03, custo investimento
 1 US\$ = 1,8 R\$: R\$74,36, custo combustível + R\$20,63, custo investimento
- custo geração hidráulica Venezuela
 - 1 US\$ = 1,2 R\$: R\$33,07 /MWh
 - 1 US\$ = 1,8 R\$: R\$49,60 /MWh
 - Tarifa de energia elétrica por estrato:

estrato	R\$/kWh (sem ICMS)	ICMS(%)
1	0,07613	0
2	0,07613	0
3	0,11421	17
4	0,12689	17
5	0,12689	17
6	0,12689	17

Tabela 3.49. Estimativa dos custos totais a valor presente das geladeiras a serem substituídas pelo programa.

Anos	Custos anualizados	Núm. Geladeiras	CVP total
1999	R\$ 21,42	1 131	21 631
2000	R\$ 21,42	1 336	22 814
2001	R\$ 21,42	1 540	23 480
2002	R\$ 21,42	1 297	17 656
2003	R\$ 21,42	1 502	18 256
2004	R\$ 21,42	1 728	18 753
2005	R\$ 21,42	1 652	16 007
2006	R\$ 21,42	1 575	13 626
2007	R\$ 21,42	1 597	12 336
2008	R\$ 21,42	1 180	8 138
Total		14 538	172 698

3.5.3. Cálculo dos Benefícios – VP

Para o cálculo dos benefícios a valor presente é necessária a obtenção dos valores de Redução de Demanda na Ponta e Energia Economizada. A Energia Economizada é definida pelo Manual como: $EE \text{ (GWh/ano)} = N \times \text{Economia por modelo} \times 10^{-6}$, onde, N = número de equipamentos vendidos. A Economia por modelo (kWh), deveria ser obtida pela relação entre o valor do consumo médio do mercado e valor do consumo dos equipamentos vencedores do selo PROCEL de economia, que seriam disponibilizados no site <http://www.elektrobras.gov.br/procel>.

Porém não foi possível, com as informações obtidas no Manual e busca no site recomendado, a determinação do valor do consumo médio do mercado. O valor que será

utilizado foi obtido na pesquisa de campo em Boa Vista. No trabalho apresentado em SAUER et al., 1999a, ressalta-se a necessidade de uma pesquisa de campo abrangente, (com campanha de medições), que caracterize de forma realística o comportamento do consumo de refrigeradores em cidades de clima severo (quente e úmido) como o de Boa Vista.

O número de equipamentos vendidos somente será determinado ao final do período, ou seja, ao término do programa. Para os cálculos realizados serão adotados os valores da tabela 3.48. para cada ano do programa.

Segundo SAUER et al., 1999a, estipulou-se que a economia de energia gerada com a substituição dos aparelhos sucateados seria de 13,40 kWh/mês, esta seria a diferença entre o consumo dos refrigeradores de tecnologia convencional e os refrigeradores ganhadores do selo PROCEL em 1998. Ressalta-se que o valor atribuído ao consumo do refrigerador, ganhador do selo PROCEL, foi estipulado para exprimir um consumo coerente com as medições realizadas.

Utilizando-se um consumo de 700,80 kWh/ano para uma geladeira convencional de uma porta e 300 litros e um consumo de 540,00 kWh/ano para uma geladeira eficiente, calcula-se os valores de Energia Economizada, que são apresentados na tabela 3.50.

Tabela 3.50. Estimativa da Energia Economizada – EE pela substituição dos refrigeradores (GWh/ano).

Ano	Núm. Refrig.	EE
1999	1 131	0,18
2000	1 336	0,21
2001	1 540	0,25
2002	1 297	0,21
2003	1 502	0,24
2004	1 728	0,28
2005	1 652	0,27
2006	1 575	0,25
2007	1 597	0,26
2008	1 180	0,19
Total	14 538	2,34

Para o cálculo da Redução de Demanda na Ponta utiliza-se a fórmula recomendada no Manual de:

$$RDP \text{ (MW)} = \frac{EE \times FU \times 10^3}{U}$$

U

Onde:

FU = fator de Utilização Médio = 1,25

U = tempo de utilização dos refrigeradores no ano (em horas) = 8.760.

Com os dados da tabela 3.50 um FU de 1,25 e U = 8.760 calcula-se os valores de RDP para o programa de substituição de refrigeradores. Os valores obtidos são apresentados na tabela 3.51.

Tabela 3.51. Estimativa da Redução de Demanda na Ponta – RDP pela substituição dos refrigeradores (MW)

Ano	Núm. Refrig.	RDP
1999	1 131	0,03
2000	1 336	0,03
2001	1 540	0,04
2002	1 297	0,03
2003	1 502	0,03
2004	1 728	0,04
2005	1 652	0,04
2006	1 575	0,04
2007	1 597	0,04
2008	1 180	0,03
Total	14 538	0,33

3.4.3.1. Cálculo do Custo Evitado de Energia e de Demanda

Para o cálculo do Custo Evitado de Energia são utilizados os dados da tabela 3.50 e o Custo de Produção de R\$ 128,44 MWh, já para o Custo Evitado de Demanda, são utilizados os dados da tabela 3.51 e o Custo Marginal da Média Tensão de R\$ 26,00 kW. Os valores obtidos são apresentados na tabela 3.52.

Tabela 3.52. Estimativa dos valores de Custo Evitados de Demanda (CED) e Custos Evitados de Energia (CEE) pela substituição dos refrigeradores (R\$/ano).

Ano	Núm. Refrig.	CEE	CED
1999	1 131	23 359	675
2000	1 336	27 593	797
2001	1 540	31 806	919
2002	1 297	26 787	774
2003	1 502	31 021	896
2004	1 728	35 689	1 031
2005	1 652	34 119	986
2006	1 575	32 529	940
2007	1 597	32 983	953
2008	1 180	24 371	704
Total	14 538	300 256	8 673

A) Cálculo dos Benefícios a Valor Presente

Como o projeto é plurianual o cálculo do Valor Presente dos Benefícios deverá ser obtido pelo Benefício Anual x FVA (i,n) x FVA'(i,n') onde i = taxa de desconto anual de 12%, n = Vida Útil da Tecnologia e n' = ano do investimento. Sendo:

$$FVA(i,n) = \frac{(1+i)^n - 1}{i(1+i)^n} \quad FVA'(i,n') = \frac{1}{(1+i)^n}$$

Para o cálculo dos benefícios foram utilizados os dados da tabela 3.52 e os valores calculados de FVA e FVA'. Os valores obtidos estão demonstrados na tabela 3.53.

Tabela 3.53. Cálculo do Valor presente dos Benefícios (R\$) – EE e RDP.

Ano	Núm. Refrig.	Benefício _{EE}	Benefício _{RDP}
1999	1 131	2 792	81
2000	1 336	2 945	85
2001	1 540	3 031	88
2002	1 297	2 279	66
2003	1 502	2 357	68
2004	1 728	2 421	70
2005	1 652	2 066	60
2006	1 575	1 759	51
2007	1 597	1 592	46
2008	1 180	1 051	30
Total	14 538	22 292	644

B) Cálculo da Relação Custo – Benefício a Valor presente

$$RCB = VPC/VPB$$

Para as substituições de refrigeradores convencionais por refrigeradores eficientes temos:

Valor Presente dos Benefícios

$$VPB = \Sigma B_{IE} + \Sigma B_{RDP}$$

$$VPB = (22\,292 + 644) = 22\,936$$

Valor Presente dos Custos

$$VPC = 172\,698$$

$$RCB = 172\,698 / 22\,936 = 7,53$$

Como a relação Custo-Benefício é maior que a unidade, as substituições não são viáveis segundo esta figura de mérito.

3.6. Condicionadores de Ar

Como citado no item 3.4., o Manual não possui um programa específico para a substituição de condicionadores de ar, e sim a Venda de Eletrodomésticos Eficientes, que engloba a substituição de condicionadores de ar e geladeiras.

A relação Custo-Benefício é o parâmetro utilizado para a determinação da viabilidade dos projetos. Para tanto são calculados os Custos e os Benefícios a valor presente. Novamente não serão analisados os cenários devido a penetração das tecnologias - Cenário Otimista, Realista e Pessimista -, por apresentarem uma proporção constante de 80%, 60% e 40% respectivamente.

3.6.1. Cálculo da quantidade de condicionadores de ar que deverão ser substituídos

Segundo SAUER et al., 1999a, o condicionamento ambiente é o principal uso final em ordem de importância, com uma incidência média de 34% sobre o consumo residencial, com o consumo médio de 76,58 kWh/mês por domicílio e de 29 % sobre o consumo comercial, com o consumo médio de 2,15 kWh/mês por metro quadrado de estabelecimento. A maior parte dos condicionadores do setor residencial encontra-se nos estratos de consumo 4, 5 e 6, totalizando 10.901 aparelhos, representado 82,8% do total do setor residencial e 52,2% do total geral.

A pesquisa de campo (1997) permitiu estimar que existiam 20.864 condicionadores de ar em Boa Vista, sendo que destes, 63,1% estavam instalados em residências. Os modelos

mais comuns de condicionador são os de potência entre $7,91 \times 10^6$ Joule e $1,27 \times 10^7$ Joule (Sistema Internacional), conhecidos no mercado por suas potências descritas no Sistema Britânico, 7 500 e 12 000 BTU (1 BTU = 1055 Joule), correspondendo a 82,3% do total (17 178 unidades). Caso sejam considerados apenas os 13.162 condicionadores residenciais, 5.657 destes são de $7,91 \times 10^6$ Joule (7500 BTU) e 5.250 são de $1,05 \times 10^7$ Joule (10000 BTU), representando, respectivamente, 43% e 40% do total de condicionadores residenciais. Na tabela 3.54 está representada a quantidade de condicionadores de ar existentes em Boa Vista por modelo (potência) e por estrato de consumo.

Tabela 3.54. Parque estimado de condicionadores de ar por estrato existente em Boa Vista, 1997

Estrato J x 10⁷	1	2	3	4	5	6	8	9	10	11	Total
4,55x10 ⁶	0	0	275	101	0	110	0	78	20	3	587
7,91x10⁶	131	160	550	2525	1653	638	900	260	38	31	6 886
1,06x10⁷	0	320	550	1313	2451	616	720	1014	380	503	7 867
1,27x10 ⁷	0	0	275	101	171	396	360	728	292	102	2.425
1,48x10 ⁷	0	0	0	0	171	110	0	26	80	3	390
1,69x10 ⁷	0	0	0	0	0	66	0	52	80	43	241
1,90x10 ⁷	0	0	0	0	0	242	240	338	480	72	1.372
2,11x10 ⁷	0	0	0	0	114	0	0	0	30	1	145
2,22x10 ⁷	0	0	0	0	0	0	120	143	148	23	434
2,43x10 ⁷	0	0	0	0	57	0	0	0	0	0	57
2,53x10 ⁷	0	0	0	0	0	0	0	65	0	0	65
3,17x10 ⁷	0	0	0	0	0	0	0	195	44	80	319
4,22x10 ⁷	0	0	0	0	0	66	0	0	10	0	76
Total	131	480	1650	4040	4617	2244	2340	2899	1602	861	20.864

Fonte: SAUER et al., 1999a

Nota-se pela tabela 3.54 que os modelos com maior penetração são os equipamentos de $7,91 \times 10^6$ Joule e $1,05 \times 10^7$ Joule (7500 e 10000 BTU), com isto, são estes modelos de condicionadores escolhidos para serem substituídos. Para estimar o montante de condicionadores que poderiam ser repostos em consequência de seu desgaste natural (sucateamento), foi definida uma expectativa média de vida dos aparelhos de 10 anos. A taxa de sobrevivência, que permite implicitamente avaliar a taxa de sucateamento, foi estimada de acordo com o estabelecido na tabela 3.55.

Tabela 3.55. Taxa de sobrevivência anual dos condicionadores com mais de cinco anos em 1997 - % de Remanescentes

Anos	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
Taxa %	0,97	0,95	0,91	0,85	0,78	0,65	0,50	0,41	0,30	0,20

Fonte: SAUER et al., 1999a.

As tabelas 3.56 e 3.57 mostram a estimativa do número de condicionadores alvo do programa (modelos de $7,91 \times 10^6$ e $1,05 \times 10^7$ Joule) sucateados a serem posteriormente repostos durante o período de análise. As tabelas 3.58 e 3.59 representam a estimativa do crescimento da frota de condicionadores alvo do programa (demanda adicional) ao longo do período de análise (SAUER et al., 1999a).

Tabela 3.56. Estimativa da quantidade de condicionadores de $7,91 \times 10^6$ Joule, sucateados a serem repostos, por estrato, ano a ano.

ano/estrato	1	2	3	4	5	6	8	9	10	11	total
1999	3	3	11	51	33	13	18	5	1	1	138
2000	3	3	11	51	33	13	18	5	1	1	138
2001	5	6	22	101	66	26	36	10	2	1	275
2002	8	10	33	152	99	38	54	16	2	2	413
2003	9	11	39	177	116	45	63	18	3	2	482
2004	17	21	72	328	215	83	117	34	5	4	895
2005	20	24	83	379	248	96	135	39	6	5	1 033
2006	12	14	50	227	149	57	81	23	3	3	620
2007	14	18	61	278	182	70	99	29	4	3	757
2008	13	16	55	253	165	64	90	26	4	3	689
Total											5 440

Fonte: SAUER et al., 1999a.

Tabela 3.57 Estimativa da quantidade de condicionadores de $1,05 \times 10^7$ Joule, sucateados a serem repostos, por estrato, ano a ano.

ano/estrato	1	2	3	4	5	6	8	9	10	11	total
1999	0	6	11	26	49	12	14	20	8	10	157
2000	0	6	11	26	49	12	14	20	8	10	157
2001	0	13	22	53	98	25	29	41	15	20	315
2002	0	19	33	79	147	37	43	61	23	30	472
2003	0	22	39	92	172	43	50	71	27	35	551
2004	0	42	72	171	319	80	94	132	49	65	1 023
2005	0	48	83	197	368	92	108	152	57	75	1 180
2006	0	29	50	118	221	55	65	91	34	45	708
2007	0	35	61	144	270	68	79	112	42	55	865
2008	0	32	55	131	245	62	72	101	38	50	787
Total											6 215

Fonte: SAUER et al., 1999a.

Tabela 3.58. Estimativa da quantidade de condicionadores de, $7,91 \times 10^6$ Joule para suprir a demanda adicional, por estrato, ano a ano.

ano/estrato	1	2	3	4	5	6	8	9	10	11	total
1999	9	11	37	171	112	43	72	21	3	2	481
2000	9	11	38	173	114	44	135	39	6	5	573
2001	10	13	44	202	132	51	139	40	6	5	643
2002	8	10	36	163	107	41	175	51	7	6	605
2003	10	12	42	192	126	49	182	53	8	6	680
2004	9	11	38	175	115	44	143	41	6	5	587
2005	9	11	39	180	118	46	153	44	6	5	613
2006	10	12	40	186	122	47	164	47	7	6	640
2007	10	12	42	191	125	48	175	51	7	6	668
2008	10	12	40	183	120	46	194	56	8	7	675
Total											6 165

Fonte: SAUER et al., 1999a.

Tabela 3.59. Estimativa da quantidade de condicionadores de $1,05 \times 10^7$ Joule, para suprir a demanda adicional, por estrato, ano a ano.

ano/estrato	1	2	3	4	5	6	8	9	10	11	total
1999	0	22	37	89	166	42	58	81	30	40	564
2000	0	22	38	90	168	42	108	152	57	76	753
2001	0	26	44	105	196	49	111	157	59	78	825
2002	0	21	36	85	159	40	140	197	74	98	848
2003	0	24	42	100	187	47	146	205	77	102	930
2004	0	22	38	91	170	43	114	161	60	80	779
2005	0	23	39	94	175	44	122	172	65	85	820
2006	0	24	40	97	180	45	131	184	69	92	862
2007	0	24	42	100	186	47	140	198	74	98	908
2008	0	23	40	95	178	45	155	218	82	108	944
Total											8 235

Fonte: SAUER et al., 1999a.

Tabela 3.60. Estimativa da quantidade total de condicionadores de $7,91 \times 10^6$ Joule a serem repostos, por estrato, ano a ano.

ano/estrato	1	2	3	4	5	6	8	9	10	11	total
1999	12	14	48	222	145	56	90	26	4	3	620
2000	12	14	49	224	147	57	153	44	7	6	713
2001	15	19	66	303	198	77	175	50	8	6	917
2002	16	20	69	315	206	79	229	67	9	8	1 018
2003	19	23	81	369	242	94	245	71	11	8	1 163
2004	26	32	110	503	330	127	260	75	11	9	1 483
2005	29	35	122	559	366	142	288	83	12	10	1 646
2006	22	26	90	413	271	104	245	70	10	9	1 260
2007	24	30	103	469	307	118	274	80	11	9	1 425
2008	23	28	95	436	285	110	284	82	12	10	1 365
Total	198	241	833	3813	2497	964	2243	648	95	78	11 610

Tabela 3.61. Estimativa da quantidade total de condicionadores de 1,05 x 10⁷ Joule, a serem repostos, por estrato, ano a ano.

ano/estrato	1	2	3	4	5	6	8	9	10	11	total
1999	0	28	48	115	215	54	72	101	38	50	721
2000	0	28	49	116	217	54	122	172	65	86	909
2001	0	39	66	158	294	74	140	198	74	98	1 141
2002	0	40	69	164	306	77	183	258	97	128	1 322
2003	0	46	81	192	359	90	196	276	104	137	1 481
2004	0	64	110	262	489	123	208	293	109	145	1 803
2005	0	71	122	291	543	136	230	324	122	160	1 999
2006	0	53	90	215	401	100	196	275	103	137	1 570
2007	0	59	103	244	456	115	219	310	116	153	1 775
2008	0	55	95	226	423	107	227	319	120	158	1 730
Total	0	483	833	1983	3703	930	1793	2526	948	1252	14 451

3.6.2. Cálculo dos Custos a Valor Presente

Os custos a valor presente dos condicionadores de 7,91 x 10⁷ Joule são calculados a partir do fator FVA' que leva em conta uma taxa de juros de 12% a. a., custos anualizados de R\$ 21,24 (que expressam a diferença entre os custos dos condicionadores convencionais e eficientes, levando-se em conta o FVA de cada equipamento) e o número de períodos igual a duração do programa, 10 anos. Os resultados obtidos são apresentados na tabela 3.62. Para os condicionadores de 1,05 x 10⁷ Joule utilizou-se uma taxa de juros de 12% a. a., custos anualizados de R\$ 21,24 (pois apresenta a mesma diferença entre os custos) e um período de 10 anos. Os resultados obtidos são apresentados na tabela 3.63.

$$P = F \times FVA' (i,n)$$

onde:

P = valor presente

$$FVA' (i,n) = 1/(1+i)^n$$

i = taxa de juros ou taxa de desconto

n = número de períodos

Como parâmetros básicos da análise econômica assumiu-se:

- taxa de desconto 12%
- vida dos aparelhos de ar condicionado 10 anos
- custo do diesel R\$ 0,338 por litro

Capítulo 3 – Manual ANEEL – Aplicação comentada da metodologia

- consumo médio 0,38 litros por kWh (eficiência de conversão)
- custo de geração térmica existente R\$ 128,44/MWh
- CCC concessionária 30%
- CCC sociedade 70%
- preço dos condicionadores

7,91 x10 ⁶ Joule, convencional	R\$ 540,00
7,91 x10 ⁶ Joule, selo PROCEL	R\$ 640,00
1,05 x 10 ⁷ Joule, convencional	R\$ 740,00
1,05 x 10 ⁷ Joule, selo PROCEL	R\$840,00
- consumo de energia dos condicionadores, considerando 8 horas de uso/dia e fator de utilização de 0,68

7,91 x10 ⁶ Joule, convencional	244,8 kWh/mês
7,91 x10 ⁶ Joule, selo PROCEL	195,8 kWh/mês
1,05 x 10 ⁷ Joule, convencional	285,6 kWh/mês
1,05 x 10 ⁷ Joule, selo PROCEL	228,5 kWh/mês
- perdas totais sobre geração 17%
- custo de gestão do programa R\$ 20,00/Condicionador no primeiro ano
- custo geração térmica nova (R\$/MWh)

1 US\$ = 1,2 R\$: R\$74,36, custo combustível + R\$14,03, custo de investimento

1 US\$ = 1,8 R\$: R\$74,36, custo combustível + R\$20,63, custo de investimento
- custo geração hidráulica Venezuela

1 US\$ = 1,2 R\$: R\$33,07 /MWh

1 US\$ = 1,8 R\$: R\$49,60 /MWh
- Tarifa de energia elétrica por estrato:

estrato	R\$/kWh sem ICMS	ICMS(%)
1	0,07613	0
2	0,07613	0
3	0,11421	17
4	0,12689	17
5	0,12689	17
6	0,12689	17
8	0,13535	17
9	0,13535	17

Tabela 3.62. Estimativa dos custos totais a valor presente dos condicionadores de 7,91 x10⁶ a serem substituídos pelo programa.

Anos	Custos anualizados	Núm. Cond.	CVP total
1999	R\$ 21,24	620	11 757
2000	R\$ 21,24	713	12 072
2001	R\$ 21,24	917	13 862
2002	R\$ 21,24	1 018	13 740
2003	R\$ 21,24	1 163	14 015
2004	R\$ 21,24	1 483	15 957
2005	R\$ 21,24	1 646	15 813
2006	R\$ 21,24	1 260	10 808
2007	R\$ 21,24	1 425	10 914
2008	R\$ 21,24	1 365	9 334
Total		11 610	128 272

Tabela 3.63. Estimativa dos custos totais a valor presente dos condicionadores de 1,05 x 10⁷ Joule a serem substituídos pelo programa.

Anos	Custos anualizados	Núm. Cond.	CVP total
1999	R\$ 21,24	721	13 672
2000	R\$ 21,24	909	15 390
2001	R\$ 21,24	1 141	17 248
2002	R\$ 21,24	1 322	17 843
2003	R\$ 21,24	1 481	17 848
2004	R\$ 21,24	1 803	19 400
2005	R\$ 21,24	1 999	19 204
2006	R\$ 21,24	1 570	13 467
2007	R\$ 21,24	1 775	13 594
2008	R\$ 21,24	1 730	11 830
Total		14 451	159 497

3.6.3. Cálculo dos Benefícios a Vapor Presente

Para o cálculo dos benefícios a valor presente é necessária a obtenção dos valores de Redução de Demanda na Ponta e Energia Economizada. O Manual indica a mesma fórmula utilizada para o cálculo da Energia Economizada para refrigeradores e condicionadores de ar. $EE \text{ (GWh/ano)} = N \times \text{Economia por modelo} \times 10^{-6}$, onde, N = número de equipamentos vendidos. As mesmas críticas quanto a Economia por modelo (kWh) e Número de equipamentos vendidos se aplica ao caso dos condicionadores de ar.

Segundo SAUER et al., 1999a, estipulou que a economia de energia gerada com a substituição dos aparelhos sucateados de 7,91 x10⁷ Joule seria de 48,96 kWh/mês, esta seria a diferença entre o consumo dos condicionadores de tecnologia convencional e os condicionadores ganhadores do selo PROCEL em 1998. Para os aparelhos de 1,05 x 10⁷ Joule a economia de energia seria de 57,12 kWh/mês.

Utilizando-se uma Economia de Energia de 587,52 kWh/ano para um aparelhos de $7,91 \times 10^6$ Joule e uma Economia de Energia de 685,44 kWh/ano para aparelhos de $1,05 \times 10^7$ Joule, calcula-se os valores de Energia Economizada, que são apresentados nas tabelas 3.64 e 3.65.

Tabela 3.64. Estimativa da Energia Economizada – EE pela substituição dos condicionadores de $7,91 \times 10^6$ Joule (GWh/ano).

Ano	Núm. Cond.	EE
1999	620	0,36
2000	713	0,42
2001	917	0,54
2002	1 018	0,60
2003	1 163	0,68
2004	1 483	0,87
2005	1 646	0,97
2006	1 260	0,74
2007	1 425	0,84
2008	1 365	0,80
Total	11 610	6,82

Tabela 3.65. Estimativa da Energia Economizada – EE pela substituição dos condicionadores de $1,05 \times 10^7$ Joule (GWh/ano).

Ano	Núm. Cond.	EE
1999	721	0,49
2000	909	0,62
2001	1 141	0,78
2002	1 322	0,91
2003	1 481	1,02
2004	1 803	1,24
2005	1 999	1,37
2006	1 570	1,08
2007	1 775	1,22
2008	1 730	1,19
Total	14 451	9,91

Para o cálculo da Redução de Demanda na Ponta utiliza-se a fórmula recomendada no Manual de:

$$RDP \text{ (MW)} = \frac{EE \times FCP \times 10^3}{U}$$

Onde:

FCP = Fator de Coincidência na Ponta = 0,5

U = tempo de utilização dos condicionadores de ar no ano = 960 h

Porém, como para um tempo de utilização de 960 horas por ano implicaria uma utilização diária de 2,63 horas, este fator não estaria condizente com uma utilização de 5,44 horas diárias (lembrando-se que é utilizado um fator de utilização de 0,68) assumidas nos parâmetros básicos. O Manual não indica a possibilidade da utilização de um outro tempo de utilização (U), nem perante justificativa.

Para este estudo, será utilizado um tempo de utilização $U = 1986$ horas, que condiz com os parâmetros assumidos para os cálculos econômicos realizados no capítulo 2 deste trabalho. Com os dados das tabelas 3.64 e 3.65. um FCP de 0,5 e $U = 1986$ h calcula-se os valores de RDP para o programa de substituição de condicionadores. Os valores obtidos são apresentados na tabela 3.66 e 3.67.

Tabela 3.66. Estimativa da Redução de Demanda na Ponta – RDP pela substituição dos condicionadores de $7,91 \times 10^6$ Joule (MW)

Ano	Núm. Cond.	RDP
1999	620	0,09
2000	713	0,11
2001	917	0,14
2002	1 018	0,15
2003	1 163	0,17
2004	1 483	0,22
2005	1 646	0,24
2006	1 260	0,19
2007	1 425	0,21
2008	1 365	0,20
Total	11 610	1,72

Tabela 3.67. Estimativa da Redução de Demanda na Ponta – RDP pela substituição dos condicionadores de $1,05 \times 10^7$ Joule (MW)

Ano	Núm. Cond.	RDP
1999	721	0,12
2000	909	0,16
2001	1 141	0,20
2002	1 322	0,23
2003	1 481	0,26
2004	1 803	0,31
2005	1 999	0,35
2006	1 570	0,27
2007	1 775	0,31
2008	1 730	0,30
Total	14 451	2,49

3.6.3.1. Cálculo do Custo Evitado de Energia e de Demanda

Para o cálculo do Custo Evitado de Energia dos condicionadores de $7,91 \times 10^6$ Joule são utilizados os dados da tabela 3.64 e o Custo de Produção de R\$ 128,44 MWh, já para o Custo Evitado de Demanda, são utilizados os dados da tabela 3.66 e o Custo Marginal da Média Tensão de R\$ 26,00 kW. Os valores obtidos são apresentados na tabela 3.68. Para cálculo do Custo Evitado de Energia dos condicionadores de $1,05 \times 10^7$ Joule são utilizados os dados da tabela 3.65 e o Custo de Produção de R\$ 128,44 MWh, para Custo Evitado de Demanda são utilizados os dados da tabela 3.67. e o Custo Marginal da Média Tensão de R\$ 26,00 kW. Os valores obtidos são apresentados na tabela 3.69.

Tabela 3.68. Estimativa dos valores de Custo Evitados de Demanda (CED) e Custos Evitados de Energia (CEE) pela substituição dos condicionadores de $7,91 \times 10^6$ Joule (R\$/ano).

Ano	Núm. Cond.	CEE	CED
1999	620	46 786	2 385
2000	713	53 804	2 743
2001	917	69 198	3 527
2002	1 018	76 819	3 916
2003	1 163	87 761	4 474
2004	1 483	111 909	5 704
2005	1 646	124 209	6 331
2006	1 260	95 081	4 847
2007	1 425	107 532	5 481
2008	1 365	103 004	5 251
Total	11 610	876 103	44 659

Tabela 3.69. Estimativa dos valores de Custo Evitados de Demanda (CED) e Custos Evitados de Energia (CEE) pela substituição dos condicionadores de $1,05 \times 10^7$ Joule (R\$/ano).

Ano	Núm. Cond.	CEE	CED
1999	721	63 475	3 236
2000	909	80 026	4 079
2001	1 141	100 451	5 120
2002	1 322	116 386	5 933
2003	1 481	130 384	6 646
2004	1 803	158 732	8 091
2005	1 999	175 988	8 971
2006	1 570	138 220	7 046
2007	1 775	156 267	7 966
2008	1 730	152 306	7 764
Total	14 451	1 272 236	64 851

A) Cálculo dos Benefícios a Valor Presente

Como o projeto é plurianual o cálculo do Valor Presente dos Benefícios deverá ser obtido pelo Benefício Anual x FVA (i,n) x FVA'(i,n') onde i = taxa de desconto anual de 12%, n = Vida Útil da Tecnologia e n' = ano do investimento. Sendo:

$$FVA (i,n) = \frac{(1+i)^n - 1}{i(1+i)^n} \qquad FVA' (i,n') = \frac{1}{(1+i)^n}$$

Para o cálculo dos benefícios dos condicionadores de $7,91 \times 10^6$ foram utilizados os dados da tabela 3.68 e os valores calculados de FVA e FVA'. Os valores obtidos estão demonstrados na tabela 3.70. Já, para os condicionadores de $1,05 \times 10^7$ Joule foram utilizados os dados da tabela 3.69 e os valores calculados de FVA e FVA'. Os valores obtidos estão demonstrados na tabela 3.71.

Tabela 3.70. Cálculo do Valor presente dos Benefícios (R\$) – EE e RDP para a substituição dos condicionadores de $7,91 \times 10^6$ Joule.

Ano	Núm. Cond.	Benefício EE	Benefício RDP
1999	620	7 393	377
2000	713	7 591	387
2001	917	8 717	444
2002	1 018	8 640	440
2003	1 163	8 813	449
2004	1 483	10 034	511
2005	1 646	9 944	507
2006	1 260	6 796	346
2007	1 425	6 863	350
2008	1 365	5 870	299
Total	11 610	80 663	4 112

Tabela 3.71. Cálculo do Valor presente dos Benefícios (R\$) – EE e RDP para a substituição dos condicionadores de $1,05 \times 10^7$ Joule.

Ano	Núm. Cond.	BenefícioEE	BenefícioRDP
1999	721	10 030	511
2000	909	11 291	576
2001	1 141	12 654	645
2002	1 322	13 091	667
2003	1 481	13 094	667
2004	1 803	14 233	726
2005	1 999	14 089	718
2006	1 570	9 880	504
2007	1 775	9 973	508
2008	1 730	8 679	442
Total	14 451	117 015	5 965

B) Cálculo da Relação Custo – Benefício a Valor presente

$$\mathbf{RCB = VPC/VPB}$$

Para as substituições de condicionadores de $7,91 \times 10^6$ Joule convencionais por condicionadores eficientes temos:

Valor Presente dos Benefícios

$$VPB = \Sigma B_{EE} + \Sigma B_{RDP}$$

$$VPB = (80\ 606 + 4\ 112) = 84\ 774$$

Valor Presente dos Custos

$$VPC = 128\ 272$$

$$\mathbf{RCB = 128\ 272/84\ 774 = 1,531}$$

Para as substituições de condicionadores de $1,05 \times 10^7$ Joule convencionais por condicionadores eficientes temos:

Valor Presente dos Benefícios

$$VPB = \Sigma B_{EE} + \Sigma B_{RDP}$$

$$VPB = (117\ 015 + 5\ 965) = 122\ 980$$

Valor Presente dos Custos

$$VPC = 159\ 497$$

$$\mathbf{RCB = 159\ 497/122\ 980 = 1,29694}$$

Como a relação Custo-Benefício é maior que a unidade, as substituições não são viáveis segundo esta figura de mérito.

CAPÍTULO 4

DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Este capítulo tem como objetivo discutir os resultados obtidos: no capítulo 2, quanto a racionalização de energia elétrica na cidade de Boa Vista pela metodologia PIPGE, no capítulo 3, quanto a aplicação da metodologia da ANEEL para os mesmos programas propostos no capítulo 2 e, aplicar a metodologia SWOT (Strengths, Weaknesses, Opportunities e Threats) para as duas metodologias aplicadas ao estudo de caso de Boa Vista.

4.1. Racionalização de energia elétrica na cidade de Boa Vista pela metodologia PIPGE

Os estudos técnicos e econômico-financeiro dos programas propostos avaliaram a efetividade das medidas propostas segundo aplicação da metodologia PIPGE. Para a Iluminação residencial, as figuras de mérito CEC e Balanço de custos e benefícios comprovaram que as trocas sugeridas são vantajosas para os consumidores, mesmo sem incentivos iniciais, exceto para a troca das lâmpadas de 40W nos estratos 1 e 2, de baixa renda, subsidiadas. Os custos também são inferiores ao da energia gerada, indicando que, também para a empresa, existiriam benefícios em substituir as lâmpadas consideradas, caso não existisse o CCC. O cálculo de sensibilidade realizado para novas formas de geração determinou que somente no caso da geração hidrelétrica as trocas não se tornam atrativas (para a sociedade) pois, o benefício de evitar o pagamento do CCC é inferior ao custo da nova tecnologia (lâmpadas compactas fluorescentes), os balanços apresentam-se negativos para a sociedade para as três trocas avaliadas, sendo favorável apenas ao consumidor.

Na Iluminação Pública, somente a alternativa de troca de lâmpada de VM de 250W por VS de 150 W deverá ser implementada, o que não ocorre com os relés controladores que se apresentaram economicamente viáveis em todos os logradouros estudados.

Na substituição de motores da CAER somente dois motores, dos 29 motores estudados, apresentaram-se anti-econômicos, já os capacitores demonstraram-se economicamente viáveis para todos os locais estudados.

No programa proposto de substituição de refrigeradores, concluiu-se a viabilidade econômica da substituição proposta para o consumidor e para a sociedade, não sendo viável para a concessionária, devido à perda de receita que ela teria ao deixar de receber a tarifa da energia elétrica. Em teoria a substituição dos atuais equipamentos por outros mais eficientes poderia reduzir o consumo em 50% (consumo médio por equipamento medido na cidade = 71,92 kWh/mês e consumo médio de equipamento ganhador do prêmio Procel/1988 = 23,8 kWh/mês). Porém a pequena campanha de medição realizada (1ª etapa), mostrou que equipamentos novos, eficientes, não apresentaram reduções significativas de consumo.

No programa proposto de substituição de condicionadores convencionais, observou-se que, mesmo sem um subsídio, o balanço custo benefício apresenta-se positivo para o consumidor e para a sociedade, novamente, como no caso das geladeiras a substituição não é viável para a concessionária devido a perda de receita. Os ganhos obtidos pela substituição de refrigeradores e condicionadores de ar convencionais, por equipamentos mais eficientes, são direta e fortemente influenciados pelas condições climáticas reinantes dentro dos domicílios. O estudo de medidas mitigadoras comprovou que a adequação das edificações ao clima local, poderia auxiliar na racionalização dos usos refrigeração e condicionamento ambiental.

Como anteriormente mencionado, os estudos realizados demonstram a viabilidade dos programas porém a dinâmica de cada cidade deve ser respeitada. Boa Vista apresenta certas peculiaridades que devem ser levadas em conta antes da implantação de qualquer programa de conservação.

4.2. Racionalização de energia elétrica na cidade de Boa Vista pela metodologia ANEEL

A aplicação da metodologia da ANEEL para os mesmos programas propostos pela metodologia do PIPGE demonstraram a viabilidade da maioria dos programas propostos. O manual indica que todos os cálculos visam a perspectiva da sociedade. Para a iluminação residencial, a figura de mérito RCB comprovou que as trocas sugeridas são vantajosas para os consumidores, exceto para a troca das lâmpadas de 40W.

Na Iluminação Pública, segundo a RCB, a troca das lâmpadas de VM de 250W por VS de 150 W deverá ser implementada, o que não ocorre com as lâmpadas de VM de 80W por lâmpadas de VS de 70W. A utilização de relés controladores não são especificadas pelo manual da ANEEL, portanto não foram estudados.

Para a substituição de motores da CAER, o manual da ANEEL não indica qual deverá ser a tratamento dado a projetos em substituição de motores convencionais por motores de alto rendimento, portanto estes não foram estudados por esta metodologia.

Na substituição de refrigeradores convencionais de uma porta e 300 litros de capacidade, por refrigeradores de uma porta, 300 litros de capacidade e detentores de selo Procel, a viabilidade das substituições não foi comprovada pelo cálculo da RCB. O mesmo ocorreu para a substituição de condicionadores de ar.

4.3. Comparação das figuras de mérito utilizadas pelas metodologias PIPGE e ANEEL

As metodologias estudadas apresentam pontos similares entre si, porém possuem diferenças quanto a utilização de figuras de mérito. A metodologia do PIPGE utiliza-se prioritariamente das figuras de mérito Fator de Recuperação de Capital – FRC, Custo da Energia Conservada – CEC e Balanço Custo – Benefício sob três pontos de vista: do consumidor, da concessionária e da sociedade.

A figura de mérito FRC é utilizada para a anualização dos custos e dos benefícios e leva em conta a vida útil de cada tecnologia e uma taxa de desconto real deflacionada. O CEC traduz o custo (R\$/MWh), para cada ator, conservar energia e é calculado sob três pontos de vista, o do consumidor leva em conta as diferenças entre os custos dos equipamentos e a energia economizada, o da concessionária as diferenças de custos dos equipamentos, a energia economizada e as perdas totais sobre a geração, o da sociedade as diferenças de custos, as perdas totais sobre geração e os custos de gestão do programa. O Balanço é calculado subtraindo-se os Custos dos Benefícios, sendo os custos e os benefícios diferenciados para cada ator:

- Consumidor: utiliza-se como *custos* a diferença de preços dos equipamentos e como *benefícios* o custo da energia evitada e o ICMS evitado;

- Concessionária: utiliza-se como *custos* a perda de receita e os custos de gestão do programa e como *benefícios* a geração evitada e as perdas por distribuição e transmissão evitadas;
- Sociedade: utiliza-se como *custos* o custo da tecnologia eficiente e os custos de gestão do programa e como *benefícios* a geração evitada, as perdas por distribuição e transmissão evitadas, o subsídio CCC evitado e o custo da tecnologia evitada. Onde o custo da tecnologia evitada é definido como o custo anualizado da tecnologia convencional levando-se em conta a vida do equipamento, o preço do equipamento e a taxa de desconto.

A metodologia da ANEEL utiliza-se basicamente das figuras de mérito Fator de Valor Atual de uma série uniforme – FVA, Fator de Valor Atual para um pagamento simples – FVA' e Relação Custos/Benefício – RCB a valor presente.

A figura de mérito FVA traz a valor presente uma série uniforme e leva em conta a vida útil do equipamento e a taxa de desconto. O FVA' traz a valor presente um pagamento simples e leva em conta a taxa de desconto e o período no qual o pagamento é efetuado. A RCB, para projetos plurianuais, é obtida dividindo-se a somatória dos Custos Totais a Valor Presente pela somatória dos Benefícios Totais a Valor Presente, onde o manual da ANEEL especifica que a ótica adotada para os cálculos é a da sociedade. Como *custos* tem-se a diferença entre os preços dos equipamentos e os custos de gestão do programa e como *benefícios* a geração evitada e a redução de demanda na ponta.

Basicamente são passíveis de comparação as relações de custos e benefícios de ambas as metodologias sob o ponto de vista da sociedade. A comparação dos resultados obtidos pelas duas metodologias quanto a Iluminação residencial e Iluminação Pública, para todos os tipos de substituições sugeridos (três para iluminação residencial e dois para iluminação pública), resultam nas mesmas conclusões. Porém, para o caso das substituições de refrigeradores e condicionadores de ar as conclusões foram divergentes.

Os parâmetros assumidos para os cálculos dos custos e benefícios da metodologia da ANEEL apresentam características distintas dos parâmetros assumidos pela metodologia do PIPGE. Tomando-se como exemplo os cálculos necessários para o programa de substituição de condicionadores de ar temos:

- PIPGE:
 - *Custos*: custo da tecnologia eficiente anualizado e os custos de gestão do programa anualizados;
 - *Benefícios*: geração evitada (calculada pela multiplicação do custo de geração, da energia economizada e da CCC_{empresa}) o subsídio CCC evitado (calculado pela multiplicação do custo de geração, da energia economizada e da $CCC_{\text{sociedade}}$) as perdas por distribuição e transmissão evitadas (calculada pela multiplicação da energia economizada, das perdas totais e do custo de geração) e o custo da tecnologia evitada (custo da tecnologia convencional anualizado).
- ANEEL:
 - *Custos*: a diferença entre os preços dos equipamentos anualizados e os custos de gestão do programa anualizado, segundo o manual os custos devem ser trazidos a valor presente e somados ano a ano até o final do projeto;
 - *Benefícios*: o custo evitado de energia (calculada pela multiplicação da quantidade de equipamentos vendidos, a energia economizada por modelo e o custo de geração) e o custo evitado de demanda na ponta (calculada pela multiplicação do custo marginal da média tensão e a RDP sendo, RDP calculada pela multiplicação da energia economizada e o fator de coincidência na ponta (0,5), dividido pelo tempo de utilização), segundo o manual os benefícios devem ser trazidos a valor presente e somados ano a ano até o final do projeto.

A metodologia da ANEEL utiliza a diferença de preços e a metodologia do PIPGE utiliza o custo da tecnologia eficiente, porém, como o Balanço, pela metodologia do PIPGE, é calculado subtraindo-se os Custos dos Benefícios obtém-se uma similaridade entre as metodologias no que diz respeito aos Custos. Já no caso dos benefícios os cálculos utilizados são bem distinto pois a metodologia do PIPGE leva em conta a CCC sobre a ótica da geração evitada e pela ótica de subsídios evitados pela sociedade além do percentual de perdas em transmissão e distribuição.

Aplicando-se as metodologias são obtidos os seguintes resultados:

- Balanço Custo – Benefício do PIPGE:
 - Para condicionadores de $7,91 \times 10^6$ Joules, obteve-se um valor positivo (R\$68,69) concluindo a viabilidade da substituição;

- Para condicionadores de $1,05 \times 10^7$ Joule, obteve-se um valor positivo (R\$ 84,79) concluindo a viabilidade da substituição;
- Razão Custo – Benefício da ANEEL:
 - Para condicionadores de $7,91 \times 10^6$ Joules, obteve-se um valor maior que a unidade (1,53) concluindo a inviabilidade da substituição;
 - Para condicionadores de $1,05 \times 10^7$ Joule, obteve-se um valor maior que a unidade (1,29) concluindo a inviabilidade da substituição;

Nota-se que para a metodologia da ANEEL os valores da razão Custo-Benefício ficaram pouco acima da unidade. Provavelmente este desvio ocorra devido a metodologia da ANEEL não levar em conta o valor pago pela sociedade através da Conta de Consumo de Combustível (CCC), que seria somado a parcela de benefícios, diminuindo a razão Custo-Benefício e levar em conta um fator tipicamente atribuído a ótica da empresa como a redução de demanda na ponta. No caso da substituição dos refrigeradores este desvio é mais acentuado, provavelmente pelo fato de novamente a CCC não ser velada em conta e, especificamente no caso das geladeiras, a parcela de benefícios gerados pela redução de demanda na ponta ser muito pequena (apenas 2,89% da energia economizada), acarretando um valor muito pequeno para os benefícios.

4.4. Analise SWOT

A Análise SWOT tem por objetivo ajudar o gerenciador a levantar os pontos fortes, os pontos fracos, as oportunidades e as ameaças (Strengths, Weaknesses, Opportunities e Threats) do objeto de análise. Neste trabalho esta análise será utilizada no levantamento dos referidos pontos para as metodologias PIPGE e ANEEL.

4.4.1.. Análise SWOT para a metodologia PIPGE.

- Pontos Fortes
 - Pesquisa de Campo;
 - Banco de dados;
 - Figuras de Mérito;
 - Comparação das alternativas dos programas com parâmetros mensuráveis como por exemplo a tarifa de energia cobrada por estrato;

- Pontos Fracos
 - Grande quantidade de informação requerida;
 - Grande quantidade de informação fornecida após conclusão do estudo;

- Oportunidades
 - Aplicável a qualquer localidade;
 - Criação de um precedente na utilização e adaptação da metodologia de PIR para casos brasileiros;
 - Auxiliar no suprimento de metodologias requeridas devido às Resoluções estabelecidas pela ANEEL;
 - Visão pelo dois lados, oferta e demanda;
 - Aplicável à qualquer escala de projetos;

- Ameaças
 - Extenso;
 - Demandar tempo;

4.4.2. Análise SWOT para a metodologia ANEEL.

- Pontos Fortes
 - Distribuída pela ANEEL;
 - Fácil acesso, divulgação;

- Pontos Fracos
 - Não possuir uma linguagem clara quanto a descrição de algumas etapas que compõem os Rotciros Básicos para a Elaboração de Projetos,
 - Figuras de Mérito;
 - Dados não disponibilizados ou de difícil acesso;
 - Erro em um exemplo de aplicação da metodologia (Anexo V.1. Projetos Plurianuais, páginas 153 – 154);

- Oportunidades
 - Aplicável a qualquer localidade;
 - Criação de um precedente;
 - Auxilia no suprimento por metodologias para projetos em conservação de energia;
 - Aplicável a qualquer escala de projetos;

➤ Ameaças

- Novas metodologias;
- Constante revisão;
- Muitas versões.

4.5. Discussão dos resultados da Análise SWOT

4.5.1. Discussão dos resultados da Análise SWOT para a metodologia PIPGE

➤ Pontos Fortes

Os pontos fortes estão relacionados com o nível de detalhamento alcançado pela metodologia. Esta salienta a necessidade da realização de uma pesquisa de campo abrangente para obtenção de dados realísticos do local a ser estudado, bem como para a obtenção de um banco de dados, ambos indispensáveis para uma aplicação realística dos cálculos técnico-econômico e caracterização dos programas.

Outro ponto forte está relacionado às figuras de mérito utilizadas e sua comparação com parâmetros de fácil entendimento como custo de geração e tarifa de energia cobrada por estrato. As figuras de mérito escolhidas pela metodologia PIPGE possuem um nível de detalhamento, que cobrem vários aspectos e vários atores como o consumidor, a concessionária e a sociedade. Este nível de detalhamento é responsável pela visão mais realística dos programas propostos.

➤ Pontos Fracos

O ponto fraco está relacionado com a grande quantidade de informação contida e/ou requerida. Para garantir um bom nível de detalhamento são necessárias informações adicionais sobre os parâmetros que serão estudados pela metodologia. Porém, esta quantidade de informações deve ser bem gerenciada para que o usuário não se perca com a quantidade de dados fornecida e/ou requerida e, acabe fazendo má utilização dos mesmos. Outro fator importante a ser levantado é a dificuldade de obtenção de certos dados, principalmente por pessoas físicas, o que poderia inviabilizar a aplicação desta metodologia em menor escala como em condomínios residenciais.

➤ Oportunidades

Os pontos análogos das duas metodologias são as oportunidades. Pois, as duas visam suprir uma demanda crescente por metodologias em conservação e melhor gerenciamento

da energia. Esta demanda foi aquecida com a regulamentação da obrigatoriedade da utilização de recursos, em conservação de energia, por parte das empresas concessionárias e agravada ultimamente com a crise energética sofrida pelo país. A crise impulsiona a utilização das metodologias não só pelas concessionárias mas, também, pela sociedade, principalmente por parte da fração já organizada como ONG's, centros comerciais, representações de bairros, grandes condomínios residenciais, entre outros.

Uma oportunidade que deve ser ressaltada é a visão global que pode ser alcançada pela utilização da metodologia do PIPGE, pois, esta apresenta uma visão pelos lados da oferta e da demanda.

➤ Ameaças

Para uma boa aplicação da metodologia PIPGE são necessárias algumas etapas, como por exemplo a pesquisa de campo e criação do banco de dados. Estas etapas asseguram um bom nível de detalhamento, garantindo legitimidade dos programas propostos, mas, que por sua vez, demanda uma certa quantidade de tempo. Este “tempo”, pode não ser bem aceito pelos usuários da metodologia (concessionária, grupos de consumidores, ONG's,) por vários motivos como: orçamento, prazo para a utilização do dinheiro, falta de mão de obra especializada, entre outros.

4.5.2. Discussão dos resultados da Análise SWOT para a metodologia ANEEL

➤ Pontos Fortes

Os pontos fortes desta metodologia estão baseados no fato desta ter sido criada e distribuída pela Agencia Nacional de Energia Elétrica – ANEEL. Tendo o respaldo da ANEEL esta metodologia tem grande alcance de público, sendo fácil sua distribuição e propagação.

➤ Pontos Fracos

O Manual não possui uma linguagem clara quanto a descrição de algumas etapas que compõem os Roteiros Básicos para a Elaboração de Projetos. Com isto, o acesso à pessoas que não sejam da área de planejamento energético fica dificultado. As figuras de mérito escolhidas não são eficazes para todo tipo de projeto, provavelmente por não levarem em conta o valor pago pela sociedade através da CCC e levar em conta um fator tipicamente atribuído a ótica da empresa como a redução de demanda na ponta visto que no item II.3.2.1. o manual alega que todos os cálculos deverão ser realizados pela ótica da

sociedade. Alguns dados que teoricamente deveriam ser de fácil acesso (via Internet, telefônico ou postal) para os usuários da metodologia, ou não estão disponíveis (Internet) ou são de difícil acesso.

Salienta-se o erro cometido na aplicação de um exemplo disponibilizado (Anexo V.1. Projetos Plurianuais, páginas 153 – 154) que leva a uma interpretação errônea dos projetos plurianuais. No exemplo 1 da página 153 do manual, item 3º passo, o cálculo do valor presente do benefício no ano 2 é representado pela equação:

$$VP_{B2} = (B2 \times FVA(12\%, 15)) \times FVA'(12\%, 2)$$

Onde:

VP = valor presente;

B2 = benefício no ano 2;

FVA = Fator de Valor Atual de uma série uniforme;

12% = taxa de juros;

15 = vida útil da tecnologia;

FVA' = Fator de Valor Atual para um pagamento simples;

2 = ano 2

Este exemplo acarreta uma má interpretação no cálculo do valor presente pois o valor do benefício no ano 2 (B2) é calculado como sendo a multiplicação da redução de demanda na ponta, por equipamento, pelo número de equipamentos previstos para o ano 2 e pelo custo evitado de potência. Portanto este valor não está anualizado.

Como $FVA = \frac{(1+i)^n - 1}{i \times (1+i)^n}$ e $FRC = \frac{i(1+i)^n}{(1+i)^n - 1}$ e como o investimento anualizado deve ser

calculado por $K = CT \times FRC$ (segundo o item II.3.2.1, página 16 do manual) o correto seria $B2/FVA$ e não $B2 \times FVA$. Onde: K = investimento anualizado e CT = custos totais.

➤ Oportunidades

As oportunidades são decorrentes da demanda por metodologias geradas pela própria ANEEL. O Manual cria um precedente na utilização de metodologias para a conservação de energia e pode ser aplicado em qualquer localidade brasileira.

➤ Ameaças

As ameaças estão relacionadas com a constante revisão da metodologia por seus usuários e pelo surgimento de novas e melhoradas metodologias concorrentes. Isto faz com que seja necessária uma revisão constante, também, por parte da ANEEL o que acarreta em várias

versões do Manual. Durante o período de estudo, deste trabalho, foram observadas 4 versões que continham desde pequenas a grandes modificações, acarretando constantes verificações para adequação à metodologia. Estas constantes revisões podem não ser bem aceitas pelos usuários e podem acarretar erros na elaboração dos projetos.

CAPÍTULO 5

CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Este capítulo tem como objetivo apresentar as conclusões e recomendações obtidas neste estudo de PIR para a cidade de Boa Vista pelas metodologias do PIPGE e ANEEL, bem como tecer comentários sobre as duas metodologias e suas aplicações.

5.1. Conclusões

Quanto ao estudo de PIR realizado para cidade de Boa Vista – Roraima, conclui-se que:

- Para o campo de Iluminação Residencial poderão ser implementados os programas de substituições de lâmpadas incandescentes de 60 e 100W por lâmpadas fluorescentes compactas de 13 e 20 W, respectivamente, com benefícios para a sociedade, pela utilização das metodologias PIPGE e ANEEL;
- Para o campo de Iluminação Pública poderá ser implementado o programa de substituição de lâmpadas de vapor de mercúrio de 250W por lâmpadas de vapor de sódio de 150W, com benefícios para a sociedade, pela utilização das metodologias PIPGE e ANEEL;
- Para o campo de Condicionadores de ar, poderão ser implementados os programas de substituição de condicionadores de ar de $7,91 \times 10^6$ Joule e $1,05 \times 10^7$ Joule convencionais, por condicionadores de ar, com as mesmas respectivas potências, porém com selo Procel de economia, com benefício para a sociedade, apenas pela metodologia PIPGE;
- Para o campo de Refrigeradores poderá ser implementado o programa de substituição de refrigeradores de 1 porta e 300 litros de capacidade convencionais, por refrigeradores com as mesmas características, porém com selo Procel de economia, com benefícios para a sociedade, apenas pela metodologia PIPGE;

Quanto a análise dos resultados obtidos pela utilização das metodologias PIPGE e ANEEL conclui-se que:

- A metodologia PIPGE utiliza figuras de mérito de fácil entendimento com comparação de parâmetros como custo de geração e tarifa de energia cobrada por estrato;
- A metodologia da ANEEL utiliza figuras de mérito, que apesar de visarem a ótica da sociedade não levam em conta os custos evitados com a Conta de Consumo de

Combustível e levam em conta fatores tipicamente atribuídos a ótica da empresa como a redução de demanda na ponta e o custo marginal de distribuição ajustado para as horas de ponta (ELETROBRAS, 1999a);

- As duas metodologias podem ser utilizadas para vários tipos, escalas de projetos e localidades;
- A metodologia da ANEEL, por levar em conta a energia evitada na ponta, aplica-se melhor a usos finais de energia com alto fator de coincidência na ponta;

Quanto a análise SWOT das metodologias PIPGE e ANEEL conclui-se que:

- A metodologia PIPGE apresenta maior quantidade de pontos fortes, menor quantidade de pontos fracos, iguais oportunidades e menor quantidade de ameaças, em comparação com a metodologia da ANEEL;

Como explicitado no começo deste trabalho, não cabe a este estudo dizer qual das metodologias é a melhor para a implementação de Programas de Conservação de Energia pois cada programa possui peculiaridades que podem ser, ou não, atendidas por ambas metodologias.

Com relação ao caso de estudo, a cidade de Boa Vista – Roraima, a metodologia do PIPGE demonstrou ser mais abrangente e eficaz.

Ressalta-se novamente a importância de uma pesquisa de campo abrangente, com uma caracterização que apresente de maneira realística o universo de consumo, sua dinâmica e suas peculiaridades para que a implementação dos programas propostos possa realmente surtir o efeito esperado.

5.2. Recomendações

5.2.1 Programas de conservação de energia

Quanto a qualidade da energia entregue, a adequação e o controle da mesma deve ser implantado na cidade pois, equipamentos com alto grau de eficiência somente assim o são

quando utiliza-se uma alimentação elétrica adequada. Na iluminação residencial, as lâmpadas fluorescentes compactas poderão ter seu consumo aumentado e sua vida útil encurtada. Campanhas de esclarecimento deverão ser formuladas para a conscientização da população quanto ao uso prolongado das lâmpadas de segurança e ao uso diurno do setor de atividades.

Antes da adoção de qualquer medida ou programa, recomenda-se à concessionária, a realização de uma ampla campanha de medição para verificação da tensão efetiva de distribuição nos transformadores da empresa e, como alternativa, enquanto a adequação não é estabelecida, a utilização de equipamentos especialmente projetados para operar em condições de voltagem flutuantes, como as lâmpadas fluorescentes compactas utilizadas no projeto ILUMEX (NEGRETE, 1997 e COMISSIÓN FEDERAL DE ELETRICIDAD, s/d)

Na Iluminação Pública, recomenda-se atenção aos níveis de Iluminância para que em futuras trocas ou para instalação de novos pontos de iluminação, estes estejam de acordo com a norma ABNT NBR 5101.

Para a substituição de motores convencionais por motores de rendimento plus, recomenda-se além da adequação da qualidade de energia elétrica, um estudo mais profundo da possibilidade de diminuição das perdas de água nas tubulações. O controle nas tubulações de distribuição poderia permitir reduzir as perdas a um valor mais compatível, evitando desta forma investimentos futuros em captação e bombeamento. Recomenda-se a execução de uma auditoria energética detalhada que pesquise o consumo específico de água por habitante, as condições técnicas das instalações e as condições de contorno de cada motor. Verifica-se que o potencial total de conservação de energia pode chegar a mais 400 MWh/mês caso a troca de motores, a redução das perdas de distribuição de água e a melhoria nas condições técnicas sejam implementadas (SAUER et al.,1999a).

Para o programa de substituição de refrigeradores e condicionadores, recomenda-se, antes do início de qualquer campanha de substituição de equipamentos, a execução de pesquisa de campo detalhada do consumo dos refrigeradores e de condicionadores de ar da cidade, bcn como um trabalho junto aos fabricantes e aos laboratórios certificadores na tentativa de

determinar se a norma brasileira, ajustada ao clima tropical, é aplicável às condições de Boa Vista. Caso não seja aplicável, uma investigação minuciosa deverá ser realizada, no intuito de determinar a viabilidade do desenvolvimento de equipamentos eficientes para o clima severo de Boa Vista.

Para os condicionadores de ar, pode-se citar como variáveis do desempenho: dimensionamento correto do equipamento para a área coberta, quantidade de pessoas atendidas, tipo de trabalho realizado no local refrigerado, coeficiente de desempenho (COP) do equipamento entre outros e, principalmente as características arquitetônicas do local onde este equipamento está inserido. Recomenda-se conjuntamente à implementação do programa, uma campanha de adequação dos novos equipamentos aos parâmetros citados acima

Uma variável que influencia tanto os programas de substituição de refrigeradores como os de condicionadores é a condição térmica dentro do domicílio ou estabelecimento. Grande parte das edificações da cidade não é adequada ao clima, criando uma sobrecarga térmica que afeta diretamente o consumo de energia. Um dos maiores causadores deste problema é a falta de mão de obra especializada acostumados com o clima da região.

Recomenda-se o investimento em cursos especializados para formação de mão de obra qualificada, principalmente na área técnica. Universidade e Escola Técnica deverão dar ênfase na conscientização dos estudantes quanto a problemática das edificações e sua adaptação ao clima. Para os operários da construção civil e pessoal de baixa renda, recomenda-se um programa de formação específico onde, o material didático poderá conter uma “cartilha” explicativa com grande apelo visual e de fácil entendimento, cartazes explicativos seguindo a mesma diretriz da cartilha, audiovisuais como filmes de ordem prática onde possa ser encenado uma trama do dia a dia das construções.

Deverão constar desta cartilha métodos simples e aplicáveis a realidade das classes de baixa renda da cidade de Boa Vista como (Diagnóstico, 1997 e SAUER et ali, 1999):

- Cobertura das casas com telha de barro, com pintura branca;
- Pé direito mínimo de 3 metros de altura;

- Orientação do domicílio de forma a receber, na face de maior área, radiação solar somente no período da manhã;
- Utilização de forro de madeira;
- Arborização do terreno.

5.2.2. Metodologias PIPGE e ANEEL

Recomenda-se para estudos futuros a elaboração de um manual, o mais sucinto possível, sobre a metodologia desenvolvida pelo Grupo de Pesquisa do PIPGE, com o intuito de maximizar sua utilização por vários atores não só concessionárias de energia elétrica mas também ONG's, grandes condomínios residenciais, centros empresariais, entre outros.

A evolução observada no manual da ANEEL deve servir de ponto de partida para a confecção de um manual mais didático. Este manual deverá ser elaborado sobre os pontos fortes apontados para as duas metodologias, deverá minimizar os pontos fracos, aproveitar as oportunidades e neutralizar as ameaças apontadas, pela análise SWOT, neste trabalho.

ANEXO I

SUMÁRIO DO MANUAL DA ANEEL

Com o intuito de agilizar a aplicação da metodologia sugerida pela ANEEL faz-se neste anexo uma descrição sumária do Manual, descrevendo-se os princípios mais relevantes da metodologia proposta.

I - Considerações Gerais Sobre o Programa

Segundo a Resolução 261, todas as concessionárias deverão empregar 1% da Receita Anual em programas de conservação de energia, os recursos poderão ser disponibilizados pelas empresas via receita operacional anual (fornecimento, suprimento, receita de uso da rede elétrica, serviços taxados) ou, poderão ser obtidas em qualquer fonte de financiamento, nacionais e internacionais. Os critérios de investimento estão estabelecidos nos artigos 1º, 2º, 3º, 4º e 5º da Resolução 261 e podem ser recuperados desde que atendam as exigências estabelecidas à página 4 do Manual (última versão).

Os agentes envolvidos na aprovação dos programas são a ANEEL e a ELETROBRAS através do PROCEL. Nos estados onde a ANEEL possuir convênio com órgãos estaduais, as empresas deverão submeter seus programas diretamente a eles, como por exemplo a Comissão de Serviços Públicos de Energia – CSPE, em São Paulo.

I.1. Estrutura do programa

O programa possui uma estrutura básica que deve ser seguida pelas concessionária, consta de **1. Introdução**, que deverá conter uma descrição sumária das atuais condições do sistema relevante a conservação de energia, manejo da demanda de pico, e todos os aspectos que sejam necessários para caracterizar a opção pelos projetos propostos. **2. Retrospecto**, neste item as concessionárias deverão apresentar um retrospecto de suas atividades na área de combate ao desperdício de energia elétrica identificando os projetos, os resultados alcançados e os investimentos realizados. **3. Indicadores**, deverão ser apresentadas tabelas com os principais indicadores energéticos e de mercado da empresa sendo:

- Histórico dos últimos 5 anos do fator de carga médio anual da empresa;
- Histórico dos últimos 5 anos do índice de perdas técnicas e comerciais;

- Taxa média anual de crescimento de mercado por segmento (residencial, comercial, industrial, etc.);
- Tarifa horosazonal azul (demanda e consumo) utilizada no cálculo dos custos evitados;
- Histórico dos últimos 3 anos da demanda máxima do sistema elétrico da concessionária

3. *Objetivos e Metas do Programa*, neste item as concessionárias deverão descrever os objetivos gerais pretendidos com o programa, deverão constar alguns indicadores específicos como:

- Percentual de economia de energia em relação ao mercado: meta de economia de energia em relação ao mercado da empresa no ano anterior;
- Redução de perdas em relação às perdas totais: apresentar em termos percentuais o quanto representa a redução das perdas esperada com o PROGRAMA em relação às perdas totais da empresa;
- Quantidade de consumidores beneficiados: identificar consumidores diretamente beneficiados pelo PROGRAMA.

Ao final do capítulo de Objetivos e Metas do Programa devesa constar um *Quadro Resumo: Metas e Investimentos – Ciclo* (a que se refere). **4. *Recursos Humanos: Equipe própria e apoio de terceiros***, a concessionária devesa caracterizar os recursos humanos que estão empenhados diretamente na implementação dos projetos constantes do programa. **5. *Cronograma*** do Programa, neste item devesa ser realizado um cronograma físico e financeiro do Programa com início e término de cada projeto, indicação de datas de acompanhamento e avaliação do Programa seguindo o modelo da página 8 (4ª versão).

A aprovação do Programa pela ANEEL formaliza o atendimento à resolução 261 por parte da concessionária. A ANEEL acompanhará diretamente ou através dos Órgãos Estaduais Conveniados ou pelo Procel, a implementação do Programa, o acompanhamento é definido como a verificação do andamento dos projetos por indicadores de resultados (energia economizada, retirada de demanda da ponta, número de alunos treinados, etc.), para tanto a concessionária devesa encaminhar à ANEEL, relatórios de atividades de implementação do Programa.

Paralelamente ao processo de acompanhamento poderá ocorrer a “Fiscalização” do Programa. A Fiscalização corresponde à comprovação física e financeira da realização dos projetos do Programa e será realizada somente pela ANEEL ou pelos Órgãos Estaduais Conveniados.

Até 60 dias após a conclusão do Programa, deverá ser elaborado e enviado à ANEEL, um Relatório Final com o objetivo de apresentar os resultados efetivamente alcançados pelo Programa. O Relatório deverá conter:

- a) Avaliação dos resultados do programa, deverá ser realizada por projeto de acordo com a metodologia proposta no item Avaliação de cada roteiro específico.
- b) Objetivos e Metas do Programa, neste item deverá ser apresentada uma comparação entre os objetivos e metas previstos e ao resultados efetivamente alcançados; Dificuldades encontradas e alterações realizadas, neste item serão apresentadas por projeto, as dificuldades identificadas e as justificativas para eventuais alterações realizadas;
- c) Dificuldades encontradas e alterações realizadas, por projeto e com justificativas.

II – Considerações Sobre os Projetos

A segunda parte do manual apresenta o conceito/definição dos tipos de projetos que poderão ser desenvolvidos bem como sua forma de apresentação e critérios para análise (avaliação econômica).

Basicamente duas ações poderão ser contempladas pelos projetos, as ações voltadas ao Incremento da Eficiência no Uso Final de Energia Elétrica e as ações vinculadas ao Incremento da Eficiência na Oferta de Energia Elétrica.

II.1. Ações voltadas ao Incremento da Eficiência no Uso Final de Energia Elétrica

Os projetos que se enquadram na Eficiência no Uso Final são todos aqueles que resultam em economias e benefícios energéticos diretos para o consumidor e, que sejam implementadas em instalações já existentes. Podem ser dos seguintes tipos:

- a) Comercial/Serviços: Refrigeração, Condicionamento ambiental, Iluminação, Sistemas de gerenciamento energético, Sistemas de automação, entre outros.
- b) Educação: Ensino médio e fundamental (“A Natureza da Paisagem – Energia”)
- c) Gestão Energética Municipal: Guia de Gestão Energética Municipal do PROCEL
- d) Iluminação Pública
- e) Industrial: Otimização de processos, Introdução de motores eficientes, Sistemas de gerenciamento energético, Sistemas de acionamento, entre outros.
- f) Marketing Institucional

- g) Poderes Públicos (escolas, hospitais, prédios públicos): Refrigeração, Condicionamento ambiental, Iluminação, Sistemas de gerenciamento energético, Sistemas de automação, entre outros.
- h) Residencial: Refrigeração, Condicionamento ambiental, Iluminação, entre outros.
- i) Rural: projetos que atuem sobre os processos e métodos de produção rural.
- j) Serviços Públicos: sistemas de água, esgoto, saneamento e tração elétrica.
- k) Treinamento: treinamento e capacitação de pessoal na área de Eficiência no Uso Final.
- l) Cogeração

Outros projetos poderão ser apresentados e serão analisados pela ANEEL.

II.2. Ações vinculadas ao Incremento da Eficiência na Oferta de Energia Elétrica

Os projetos que se enquadram na Eficiência da Oferta de Energia Elétrica são aqueles implementados nas instalações já existentes da concessionária que visam o aumento da oferta e o gerenciamento da curva de carga em sistemas de distribuição. Englobam também projetos realizados nas instalações dos consumidores, com benefícios primordialmente voltados para a concessionária. Podem ser do tipo:

- a) Projetos de melhoria do Fator de Carga: Redução e/ou deslocamento da demanda de ponta, introdução de novas modalidades tarifárias.
- b) Perdas no Sistema Elétrico da Concessionária:
 - Projetos em tensões de distribuição até 34,5 kV: Regularização de consumidores clandestinos, Combate à fraude/desvio de energia, Recondutoramento de redes de baixa tensão de distribuição, Divisão ou desmembramento de círculos secundários de distribuição, Conversão de tensão em sistemas de média tensão de distribuição até 34,5 kV, Recondutoramento de redes de média tensão de distribuição até 34,5 kV, Construção de troncos de alimentadores de distribuição para remanejamento da carga, Instalação de banco de capacitores em alimentadores primários de distribuição até 34,5 kV, Aplicação de novas tecnologias
 - *Projetos em tensões superiores a 34,5 kV até 138 kV*: Conversão de tensões em sistemas de distribuição acima de 34,5 kV até 138 kV, Recondutoramento de redes de distribuição em tensões superiores a 34,5 kV até 138 kV, Instalação de banco de capacitores em subestações de distribuição, Construção/Ampliação de subestações de distribuição com remanejamento de carga de subestações existentes.

- *Projetos básicos para gestão do sistema elétrico de distribuição*: Campanhas de medidas na rede de distribuição (identificação de curvas de carga), Implementação de sistemas de gestão de gerenciamento de redes de distribuição.
- c) Treinamento: treinamento e capacitação de pessoal na área de Eficiência na Oferta
- d) Eficiência Energética em Instalações Próprias: Eficiência energética em edifícios onde as empresas mantenham suas atividades e/ou instalações, Sistemas de iluminação em subestações e usinas.

Outros projetos poderão ser apresentados e serão analisados pela ANEEL.

II.3. Forma de apresentação dos Projetos do Programa

A forma de apresentação dos projetos do Programa deverão ser relacionados por categoria, uso final ou oferta e agrupados por tipos, (por exemplo: Tipo: Industrial, Tipo: Comercial/Serviços, Tipo: Poderes Públicos, Tipo: Regulação de Consumidores Clandestinos, etc.). De modo geral os projetos deverão conter:

- a) *Objetivo do projeto*: descrição dos principais objetivos do projeto;
- b) *Descrição e Detalhamento do projeto*
- c) *Abrangência do projeto*: regiões beneficiadas, público alvo, entre outras;
- d) *Metas e Benefícios do projeto*: apresentação de metas em termos de energia economizada (MWh/ano), demanda retirada da ponta (MW) entre outros;
- e) *Promoção*: marketing específico para cada projeto;
- f) *Prazos e Custos*: cronograma físico-financeiro
- g) *Acompanhamento do Projeto*: plano de avaliação com definição dos itens de controle;
- h) *Metodologia de Cálculo das Metas*: utilização da metodologia de cálculo (Roteiro Básico para Elaboração de Projetos);
- i) *Avaliação*: avaliação dos resultados baseada no Roteiro Básico para Elaboração de Projetos;
- j) *Itens de Controle*: base mínima para a fiscalização do Programa.

II.4. Critérios para Análise dos Projetos

Para a análise dos projetos a ANEEL toma como base os **Custos Evitados, a Taxa de Desconto e a Vida Útil para uma Avaliação Econômica.**

Segundo suas premissas “Conceitua-se como **Custos Evitados** em decorrência da implantação de um projeto de incremento de eficiência energética, com intervenções em um segmento existente ou em unidades consumidoras, a economia anual proporcionada nos custos dos sistemas a montante do segmento considerado pelas referidas intervenções, através da postergação de investimentos (*custo de demanda evitado*) e/ou da redução de despesas operacionais (*custo de energia evitado*). Para quantificar os custos totais evitados, multiplica-se a quantidade da demanda e da energia evitadas no referido segmento, ou na unidade consumidora, pelos respectivos "**custos unitários evitados**". Um bom método na determinação do "**custo unitário evitado**" de um certo segmento é o de se adotar os mesmos custos para suprir uma unidade consumidora conectada no mesmo segmento, pois é indiferente se a demanda passante destina-se ao suprimento das perdas ou dos consumidores”.

As concessionárias na determinação dos “**custos unitários evitados**” deverão considerar a seguinte estrutura de valores da tarifa horosazonal azul para cada subgrupo tarifário, homologadas por empresa pela ANEEL, vigentes na data de apresentação do Programa:

- C1 - custo unitário da demanda no horário de ponta [R\$/kW.mês];
- C2 - custo unitário da demanda fora do horário de ponta [R\$/kW.mês
- C3 - custo unitário da energia no horário de ponta de períodos secos [R\$/MWh];
- C4 - custo unitário da energia no horário de ponta de períodos úmidos [R\$/MWh];
- C5 - custo unitário da energia fora do horário de ponta de períodos secos [R\$/MWh];
- C6 - custo unitário da energia fora do horário de ponta de períodos úmidos [R\$/MWh]

Os custos unitários das perdas são calculados pelas seguintes expressões:

Custo Unitário de Demanda Evitada (CP)

$$CP = 12 \times (C1 + C2 \times LP) \quad (R\$/Kw \text{ ano})$$

Custo Unitário de Energia Evitada (CE)

$$CE = \frac{C3 \times LE1 + C4 \times LE2 + C5 \times LE3 + C6 \times LE4}{LE1 + LE2 + LE3 + LE4} \quad (R\$/MWh)$$

Sendo:

LP = constante de perda de demanda no posto fora da ponta, considerando 1kW de perda de demanda no horário de ponta;

LE1, LE2, LE3 e LE4 = constantes de perdas de energia nos postos de ponta e fora de ponta para os períodos seco e úmido, considerando 1kW de perda de demanda no horário de ponta.

Os valores de LP e LE são constantes e calculados pela tarifa horosazonal azul, pelo Fator de carga e pelo Fator de perdas. Estes são calculadas segundo a formula:

$$F_p = K \times F_c + (1 - k) \times F_c^2$$

Onde: Fc = Fator de Carga

Fp = Fator de Perdas . Com K variando de 0,15 a 0,30.

Esta metodologia de cálculo (Custos evitados) pode ser aplicada para projetos em: Sistemas de Alta e Média Tensões e Baixa Tensão Subterrâneo; Sistemas Aéreos de Baixa Tensão; Sistemas Térmicos Isolados e em Sistemas Mistos Isolados.

Para projetos nas Tensões de Distribuição em **Sistemas Térmicos Isolados**, a parcela do custo evitado de demanda deverá ser obtida pelo produto entre a demanda evitada na ponta e custo marginal da média tensão. O Custo evitado de energia deverá ser obtido pelo produto entre a energia evitada pelo custo de produção apropriado na usina termelétrica.

Na avaliação econômico-financeira do projeto, a **Taxa de Desconto** a ser considerada é de no mínimo 12% a. a. e tem como fonte o Plano Decenal de Expansão 1999/2008 aprovado pela portaria MME nº 151 de 10 de maio de 1999. Esta taxa somente poderá ser flexibilizada mediante solicitação à ANEEL com a devida justificativa pela empresa concessionária e poderá ser modificada por ofício da ANEEL segundo valor utilizado pelo Governo.

A Vida Útil que deverá ser utilizada é específica a cada projeto e pode estar vinculada à vida do equipamento ou à vida útil do projeto. A vida útil é definida em cada modelo de projeto específico apresentado nos Roteiros Básicos para Elaboração de Projetos (Item III). No caso do projeto englobar equipamentos com vidas úteis diferentes, o investimento anualizado do projeto será composto pelo somatório dos investimentos anualizados correspondentes a cada equipamento e a sua respectiva vida útil.

II.4.1. Avaliação Econômica

A Avaliação Econômica é realizada por tipo de projeto.

A) Projetos voltados ao Incremento da Eficiência no Uso Final e à melhoria do fator de Carga:

Todos os projetos que podem ser quantificados em termos de energia economizada (MWh/ano) e de demanda retirada da ponta (kW) deverão ter sua relação **custo-benefício (RCB)** calculada sob a ótica da sociedade a partir da metodologia a seguir:

$$\text{RCB} = \frac{\text{Investimento Anualizado}}{\text{Benefícios}}$$

O Investimento Anualizado será calculado por:

$$K = FRC_{(i,n)} \times CT, \text{ onde } FRC = \frac{i(1+i)^n}{(1+i)^n - 1}$$

K = Investimento anualizado do projeto

FRC = Fator de recuperação de capital considerando a vida útil

i = taxa de juros (taxa de desconto)

n = vida útil

CT = Custo total do projeto

E o Custo Anualizado para Cada Tipo de Equipamento ($CA_{\text{equip.}}$) calculado por:

$$CA_{\text{equip.}} = CPE \times FRC$$

onde:

CPE = Custo dos equipamentos com a mesma vida útil, acrescido da parcela correspondente aos custos diretos e indiretos.

FRC = Fator de recuperação de capital, considerando a vida útil do equipamento em questão.

$$CPE = CE + \left[(CT - CTE) \times \frac{CE}{CTE} \right]$$

onde:

CT = Custos Total do Projeto

CE = Custo do Equipamento com a mesma vida útil

CTE = Custos Total com Equipamentos.

Para o cálculo do Custo Total do Projeto (CA_{Total}) tem-se a somatória dos Custos Anualizados de Todos os Tipos de Equipamentos:

$$CA_{Total} = \sum CA_{equip.1} + CA_{equip.2} + CA_{equip.3} + \dots + CA_{equip.N}$$

Como alternativa, o custo anualizado pode ser calculado considerando a menor vida útil. Se a relação custo-benefício for menor que a unidade, não é necessário o cálculo dos custos anualizados por tipo de equipamento.

O cálculo dos benefícios é definida como:

$$Y = (EE \times CE) + (RDP \times CP)$$

onde:

EE = Energia Economizada (MWh/ano)

CE = Custo Evitado de Energia (R\$/MWh)

RDP = Redução de Demanda na Ponta (kW)

CP = Custo Evitado de Demanda (R\$/kW)

A relação custo-benefício deverá ser menor que a unidade para que o projeto seja considerado atrativo, o que significa ser mais econômico investir na ação de conservação que na expansão do sistema.

Projetos que não podem ser quantificados em termos de economia de energia e demanda retirada da ponta podem ser analisados por indicadores específicos:

- a) Treinamento e Capacitação: número de profissionais treinados, número de cursos, entre outros;
- b) Marketing: quantidade de material a ser distribuído, mudanças de comportamento, nível de conscientização da população, entre outros;

- c) Educação: além da relação custo benefício será levada em conta indicadores como número de alunos treinados, número de escolas, professores capacitados, entre outros.

B) Projetos de Redução de Perdas

Projetos que visem o Incremento da Eficiência na Oferta com intervenção direta no sistema da concessionária ou, nas unidades consumidoras com obras que reduzam as perdas técnicas devem ser avaliadas pelo método da **Rentabilidade Inicial de Redução de Perdas (RIRP)**. Essa rentabilidade será calculada pela razão entre o ganho financeiro com a redução das perdas, valor do benefício (B), no primeiro ano de operação do projeto, e o Custo Anual Equivalente (CAE), este será resultado do Investimento Anualizado do Projeto (IAP) adicionado à Despesa Anual de Exploração (DAE).

$$\text{RIRP}(\text{pu}) = \frac{\text{Benefício}}{\text{Custo Anual Equivalente}}$$

Um projeto será considerado economicamente viável quando o valor da RIRP for maior que 1 (um).

O **Custo Anual Equivalente (CAE)** é definido como sendo o somatório de duas parcelas, obtidas a partir de percentuais do Custo Total do Investimento requerido por um projeto, assim:

1 – parcela do Investimento Anualizado do Projeto (IAP)

2 – parcela das Despesas Anuais de Exploração (DAE)

$$\text{IAP} = \text{FRC} \times \text{CT}$$

$$\text{DAE} = \text{DE} \times \text{CT}$$

Onde:

“FRC” = Fator de Recuperação de Capital considerando a vida útil

“DE” = Taxa de Despesa Anual de Exploração do projeto (%)

“CT” = Custo Total do Investimento no projeto (R\$)

Sendo:

$$FRC = \frac{a(1+a)^n}{(1+a)^n - 1}$$

“a” = taxa de remuneração ou Taxa de Desconto (%), fixado em 12%

“n” = vida útil (ano), fixado em 30 anos para projetos em tensões superiores a 34,5 kV e em 20 anos para tensões até 34,5 kV.

“DE” = percentual fixado em 1,0% para projetos em tensões superiores a 34,5 kV e em 2,0% para tensões até 34,5 kV.

O Benefício do Projeto (B) é definido pela expressão:

$$B = \Delta pe \times CE + \Delta p \times CP$$

onde:

Δpe = energia economizada (MWh/ano)

CE = custo unitário da energia evitada (R\$/MWh)

Δp = redução da demanda na ponta (kW)

CP = custo unitário da demanda evitada (R\$/kW)

Para projetos viáveis ($RIRP > 1$) utiliza-se uma expressão denominada pela sigla REL para a determinação da parcela do investimento total que explicitamente diminui as perdas na oferta, esta poderá ser apropriada no Programa.

$$REL = \frac{1}{\frac{1}{1-K} \times \frac{g}{1+g} \times \frac{1-IP2}{K-IP2} + 1}$$

onde:

$$K = \frac{IP1}{1 + g \times (1 - IP1)}$$

sendo:

g = taxa média anual do crescimento do mercado, na área de influência do segmento considerado

IP1 e IP2 = índices de perdas de potência no segmento considerado sem e com o projeto.

Sendo a parcela do investimento total imputável ao ganho de eficiência em reais (R\$) dada pelo produto REL x CT.

Projeto Plurianuais são projetos que duram mais de um ano e possuem características próprias quanto a forma de avaliação financeira. Deverá ser calculado a relação Custo-Benefício da seguinte forma:

$$\text{RCB} = \frac{\text{VPC}}{\text{VPB}}$$

Onde:

VPC = Valor Presente dos Custos

VPB = Valor Presente dos Benefícios

O Valor presente pode ser calculado para um pagamento simples como sendo:

$$P = F \times \text{FVA}'(i,n)$$

Onde

P = valor presente

F = valor futuro

$$\text{FVA}'(i,n) = 1/(1+i)^n$$

$$\text{Para uma série uniforme, } P = \frac{R \times (1+i)^n - 1}{i \times (1+i)^n}$$

onde:

R = montante a ser retirado em cada um dos n períodos

i = taxa de juros

podendo ser representado também por, $P = R \times \text{FVA}(i,n)$

onde:

$$\text{FVA}(i,n) = \frac{(1+i)^n - 1}{i \times (1+i)^n}$$

III – Roteiro Básico para Elaboração de Projetos – Usos finais

Esta terceira parte identifica em quais campos os projetos serão aceitos: Cogeração, Comércio e Serviços, Educação, Gestão Energética Municipal, Iluminação Pública, Industrial, Marketing, Poderes Públicos, Residencial, Rural, Treinamento e, Melhoria do fator de Carga e Perdas.

Para cada campo é especificada a forma de apresentação, baseada no item II – Considerações Sobre os Projetos, segundo um Modelo Geral para Apresentação dos Projetos. O Modelo possui basicamente 10 itens assim divididos: 1) Objetivo do projeto, 2) Descrição e detalhamento do projeto, 3) Abrangência do projeto, 4) Metas e Benefícios do projeto, 5) Promoção, 6) Prazos e Custos, 7) Acompanhamento do projeto, 8) Metodologia de cálculo das metas, 9) Avaliação e 10) Itens de controle.

Segundo o objetivo deste trabalho, aplicação da metodologia da ANEEL para os dados de Boa Vista, a seguir será realizada uma descrição sumária de alguns campos de atuação dos projetos, campos estes coincidentes com os programas propostos pelo trabalho “Estudo de Planejamento Integrado de Recursos para o Sistema Elétrico de Boa Vista – RR”.

III.1. Comércio e Serviços

- *Objetivos do projeto:* descrever os principais objetivos do projeto;
- *Descrição e detalhamento do projeto:* descrever o escopo do projeto, identificando os setores do segmento comercial/serviços por ele abrangido e as principais etapas do projeto;
- *Metas e Benefícios do projeto:* apresentar as metas do projeto, em termos de energia economizada (MWh/ano) e demanda retirada da ponta (MW), segundo a metodologia e as premissas do item Metodologia de Cálculo das Metas;
- *Promoção:* quando possuir, descrever a estratégia para divulgação e promoção dos resultados;
- *Prazos e Custos:* apresentar a composição dos custos e o cronograma físico do projeto, detalhando custos unitários e de mão de obra;
- *Acompanhamento do projeto:* coleta de dados, verificação dos resultados efetivamente obtidos, comparação com as metas previstas de acordo com o item Avaliação;

- *Metodologia de Cálculo das Metas:* avaliação econômica do projeto com metodologia e premissas bem especificadas, cálculo da relação Custo / Benefício (RCB) Para o campo Comércio e Serviços são adotadas premissas quanto aos usos finais iluminação e condicionadores de ar.

- *Premissas adotadas:*

- *Iluminação:*

Vida útil dos reatores: 10 anos

Vida útil das luminárias: 15 anos

Cálculo da vida útil das lâmpadas:

$$\text{Vida útil em anos} = \frac{\text{Vida útil da lâmpada (h)}}{\text{Tempo de utilização da lâmpada no ano (h/ano)}}$$

Tempo de utilização: 3.168 horas ano, (12 horas/dias x 22 dias/mês x 12 meses/ano)

- *Condicionadores de ar:*

Vida útil de aparelhos de janela: 10 anos

Vida útil para demais equipamentos: 15 anos

Para condicionadores de ar deverá ser apresentado detalhamentos dos tipos de trocas a serem efetuadas e dos equipamentos retirados.

- *Cálculo dos resultados esperados:* Redução de Demanda Ponta (RDP) e Energia Economizada (EE)

- *Sistemas de iluminação*

$$\text{RDP} = [N_1 \times (P_1 + R_1)] - [N_2 \times (P_2 + R_2)] \times \text{FCP} \times 10^{-3} \text{ (kW)}$$

$$\text{EE} = [N_1 \times (P_1 + R_1)] - [N_2 \times (P_2 + R_2)] \times t \times 10^{-6} \text{ (MWh/ano)}$$

Onde:

FCP = Fator de Coincidência na Ponta (a ser definida pela concessionária)

N_1 = N° de pontos do sistema existente

N_2 = N° de pontos do novo sistema

P_1 = Potência da lâmpada substituída (W)

R_1 = Potência do reator substituído (W)

P_2 = Potência da lâmpada eficiente (W)

R_2 = Potência do reator eficiente (W)

t = tempo de utilização das lâmpadas no ano em horas = 3.168

- *Sistema de condicionadores de ar*

$$\text{RDP} = \text{POT} \left(\frac{1}{\text{EER}_1} - \frac{1}{\text{EER}_2} \right) \times \text{FCP} \times 0,945 \text{ (kW)}$$

$$EE = POT (1 / EER_1 - 1 / EER_2) \times t \times 0,945 \times 10^3 \text{ (MWh/ano)}$$

Onde:

FCP = Fator de coincidência na ponta = 1

POT = capacidade nominal do equipamento (BTU/h)

t = tempo de utilização do aparelho no ano em horas

EER₁ = eficiência do equipamento substituído (Energy Efficiency Rate)

EER₂ = eficiência do novo equipamento, definido pelo fabricante.

Cálculo da Relação Custo Benefício RCB como anteriormente descrita.

- *Avaliação*: comparação dos valores estimados com os resultados efetivamente obtidos;
- *Itens de controle*: quantitativo dos equipamentos instalados, por tipo e potência, quantitativo do material de divulgação, registro de terceirização de serviços.

III.2. Iluminação Pública

- *Objetivo do projeto*: descrever os principais objetivos do projeto
- *Descrição e detalhamento do projeto*: basicamente o projeto consiste na substituição de lâmpadas, substituição e/ou instalação de reator, ignitor, relés fotocéricos, economizadores, bases, luminárias e braços em postes.
- *Abrangência do projeto*: informar todos os municípios beneficiados pelo projeto.
- *Metas e benefícios do projeto*: apresentar as metas do projeto em termos de números de pontos a serem substituídos, energia economizada (MWh/ano) e a demanda retirada da ponta (kW).
- *Promoção*: detalhar quando houver ações de marketing/divulgação
- *Prazos e Custos*: apresentar os cronogramas físico e financeiro, destacando custos que compõem o projeto, mão de obra, transportes, entre outros.
- *Metodologia de cálculo das metas*: avaliação econômica do projeto com metodologia e premissas bem especificadas, cálculo da relação Custo / Benefício (RCB)

- *Premissa adotada*:

Vida útil dos equipamentos/tipo:

□ Relés Fotoelétricos	3 anos
□ Economizadores	5 anos
□ Lâmpadas MVM	3 anos
□ Lâmpadas VM	3 anos
□ Lâmpadas VSAP de 70 W	3 anos
□ Lâmpadas VSAP a partir de 100 W	5 anos

Anexo I - Sumário

Manual para Elabora do Programa Anual de Combate ao Desperdício de Energia Elétrica

▫ Reatores e ignitores	10 anos
▫ Luminárias abertas	15 anos
▫ Luminárias fechadas	20 anos
▫ Braços e acessórios	20 anos

Tempo de funcionamento = 12 horas/dia x 365 dias/ano = 4.380 horas/ano.

- *Cálculo dos resultados esperados:* Redução de Demanda Ponta (RDP) e Energia Economizada (EE)

$$RDP = [N_1 \times (P_1 + R_1)] - [N_2 \times (P_2 + R_2)] \times FCP \times 10^{-3} \text{ kW}$$

$$EE = RDP \times U$$

Onde:

FCP = Fator de Coincidência na Ponta = 1

N_1 = N° de pontos do sistema existente

N_2 = N° de pontos do sistema proposto

P_1 = Potência da lâmpada substituída

R_1 = Potência do reator substituído (W), se houver

P_2 = Potência da lâmpada proposta (W)

R_2 = Potência do reator proposto (W)

U = tempo de utilização das lâmpadas durante um ano = 4.380 horas/ano

- *Avaliação* : comparação dos valores estimados com os resultados efetivamente obtidos;
- *Itens de controle*: quantidade, tipo e potência de lâmpadas, reatores, luminárias, relés e outros materiais e localidade de instalação (municípios, bairros, ruas, etc)

III.3. Residencial

O campo residencial é subdividido em quatro: 1) Eficiência Energética em Condomínios Residenciais, 2) Incentivo à Venda de Eletrodomésticos Eficientes, 3) Substituição de sistemas convencionais de aquecimento de água por sistemas baseados em aquecimento solar e 4) Substituição de Lâmpadas Incandescentes em Residências. Novamente segundo o objetivo deste trabalho somente campos coincidentes com os programas propostos pelo Estudo de PIR para Boa Vista serão discutidos.

III.3.1. Incentivo à Venda de Eletrodomésticos Eficientes

- *Objetivos do projeto*: descrever os principais objetivos do projeto, que tipo de problema ela deseja resolver.

Anexo I - Sumário

Manual para Elabora do Programa Anual de Combate ao Desperdício de Energia Elétrica

- *Descrição e detalhamento do projeto:* deverão ser apresentadas: pesquisa de mercado que indique o nível de saturação dos equipamentos eficientes (pesquisa de posse e hábitos de consumo), parcela de mercado do equipamento a ser utilizado no projeto, eventuais barreiras a comercialização do equipamento, ferramentas para superar estas barreiras e plano de avaliação consistente.
- *Avaliação:* deverão ser verificados os resultados obtidos quanto a número de equipamentos vendidos, energia economizada e demanda retirada da ponta. Os seguintes instrumentos poderão ser utilizados:
 - Monitoração das vendas dos equipamentos com o selo Procel (vendidos com e sem desconto)
 - Monitoração da divulgação do programa na sociedade
 - Monitoração do destino final dos equipamentos substituídos
- *Abrangência do projeto:* detalhar região abrangida e público alvo a ser atingido.
- *Metas e Benefícios do projeto:* apresentar as metas do projeto, em termos de número de equipamentos a serem comercializados, a economia de energia que isto representa (MWh/ano) e a redução de demanda (MW) decorrentes.
- *Promoção:* detalhar quando houver ações de marketing/divulgação.
- *Prazos e Custos:* apresentar cronograma físico e financeiro, destacando os reembolsos e as ações a serem implantadas no ano corrente do Plano. Detalhar os custos unitários de equipamento, material, mão de obra e outros. De acordo com o tipo de incentivo a ser fornecido, deverão ser apresentados os seguintes itens: Custo unitário do equipamento com o Selo Procel, Custo unitário médio dos equipamentos equivalentes no mercado, Valor do desconto (rebate) por equipamento, Valor financiado por equipamento e Condições de financiamento.
- *Acompanhamento do projeto:* definir marcos de acompanhamento ao longo do projeto, que sirvam para identificar possíveis distorções e possibilitar modificações necessárias, para cumprimento das metas. Verificar os resultados efetivamente obtidos e compará-los com as metas previstas. Caso o projeto seja estritamente promocional (propaganda e/ou bonificação), deve-se obter índices que indiquem aumento/retração de venda dos equipamentos.
- *Metodologia de cálculo das metas:* neste item estão especificadas metodologias de cálculo para Energia Economizada e Redução de Demanda na Ponta, os equipamentos de interesse apresentados deverão possuir o Selo Procel de Economia de Energia. A economia de energia resultante da implementação do projeto deverá ser calculada

levando-se em conta sua comparação com a média do mercado (encontrada no endereço eletrônico www.etrobras.gov.br/procel).

- *Premissas adotadas:*

Vida útil do projeto = 15 anos (caso seja utilizado outro valor, justificar)

Taxa de desconto = 12% a. a. (caso seja utilizado outro valor, justificar)

- *Cálculo dos resultados esperados: Redução de Demanda Ponta (RDP) e Energia Economizada (EE)*

$$EE \text{ (GWh/ano)} = N \times \text{Economia por modelo} \times 10^{-6}$$

Onde:

N = nº de equipamentos vendidos

Economia por modelo (kWh) = dados tabelados encontrados no endereço eletrônico citado.

- *Sistema de condicionadores de ar*

$$RDP \text{ (MW)} = \frac{EE \text{ (GWh/ano)} \times FCP \times 10^3}{U}$$

Onde:

Fator de Coincidência na Ponta (FCP) = 0,5

U = tempo de utilização dos condicionadores de ar no ano = 960h

- *Refrigeradores*

$$RDP \text{ (MW)} = \frac{EE \text{ (GWh/ano)} \times FU \times 10^3}{U}$$

Onde:

Fator de Utilização Médio (FU) = 1,25 (*)

U = tempo de utilização dos refrigeradores no ano (em horas) = 8.760

(*) Estimado para redução de demanda de refrigeradores e freezers, considerando temperaturas mais altas nas cozinhas e maior frequência de abertura e fechamento das portas dos equipamentos no período de ponta.

- *Cálculo da relação Custo Benefício:* projetos de incentivo a venda de eletrodomésticos eficientes possuem características específicas no cálculo da relação custo-benefício, pois envolvem a concessão de descontos e financiamentos. Nestes casos a RCB deverá ser calculada como Rentabilidade Inicial de Redução de Perdas (RIRP), onde os benefícios serão aqueles apresentados nas metas do projeto e os custos serão:

- Custos da concessionária, fabricantes, lojistas para implementação do projeto excluindo o valor do desconto ou financiamento fornecido ao consumidor, pois, sob a ótica da sociedade, a concessão de qualquer subsídio ao consumidor é vista como simples transferência de recurso entre os agentes.
- Custo incremental do consumidor com a aquisição do equipamento, que representa a diferença entre o custo do equipamento com o Selo PROCEL e o custo médio dos equipamentos equivalentes disponíveis no mercado.

O valor a ser apropriado pela concessionária no Programa corresponde aos custos para implementação do projeto, incluindo o valor do desconto ou financiamento.

Não devem ser considerados os custos dos outros agentes envolvidos

- *Itens de controle:* número de equipamentos vendidos por tipo, registros de compra de material de divulgação, registros de terceirização de serviços de divulgação e cupons ou registro de desconto oferecido aos consumidores.

III.3.2. Substituição de Lâmpadas Incandescentes em Residências

- *Objetivos do projeto:* descrever os principais objetivos do projeto, ressaltando aqueles vinculados à eficiência energética.
- *Descrição e detalhamento do projeto:* descrever e detalhar o projeto, definir: quantidade, tipo e potência das lâmpadas envolvidas, detalhar etapas, informar resultado de pesquisas prévias, descrever as medidas a serem implantadas, detalhando os meios utilizados e os parceiros, especificar o papel de cada parceiro.
- *Avaliação:* deverão ser verificados os resultados obtidos quanto a número de equipamentos vendidos, energia economizada e demanda retirada da ponta. Os seguintes instrumentos poderão ser utilizados:
 - Monitoração das vendas dos equipamentos com o Selo Procel vendidos com e sem desconto;
 - Monitoração da divulgação do programa: percentual da amostra que tomou conhecimento do programa;
 - Monitoração do destino dado aos equipamentos substituídos
- *Abrangência do projeto:* detalhar região escolhida, público-alvo e peculiaridades locais, se relevantes, como as que influenciam no uso diário e no fator de coincidência na ponta.
- *Metas e benefícios do projeto:* apresentar as metas do projeto em termos de número de lâmpadas a serem substituídas e, a energia economizada (MWh/ano) e a demanda retirada da ponta (MW).

Anexo I - Sumário

Manual para Elabora do Programa Anual de Combate ao Desperdício de Energia Elétrica

- *Promoção*: detalhar quando houver, ações de divulgação a serem implementadas.
- *Prazos e Custos*: apresentar cronograma físico e financeiro, destacando os reembolsos e as ações a serem implantadas no ano corrente do Plano. Detalhar os custos unitários de equipamento, material, mão de obra e outros. De acordo com o tipo de incentivo a ser fornecido, deverão ser apresentados os seguintes itens: Custo unitário do equipamento com o Selo Procel, Custo unitário médio dos equipamentos equivalentes no mercado, Valor do desconto (rebate) por equipamento, Valor financiado por equipamento e Condições de financiamento.
- *Acompanhamento do projeto*: definir marcos de acompanhamento ao longo do projeto, que sirvam para identificar possíveis distorções e possibilitar modificações necessárias, para cumprimento das metas. Verificar os resultados efetivamente obtidos e compará-los com as metas previstas. Caso o projeto seja estritamente promocional (propaganda e/ou bonificação), deve-se obter índices que indiquem aumento/retração de venda dos equipamentos.
- *Metodologia de cálculo das metas*: neste item estão especificadas metodologias de cálculo para Energia Economizada e Redução de Demanda na Ponta, os equipamentos de interesse apresentados deverão possuir o Selo Procel Inmetro de Desempenho em iluminação. Modelos de equipamentos e uma estimativa de economia de energia em relação à tecnologia alternativa podem ser encontrados no endereço eletrônico www.etrobras.gov.br/procel.

- *Premissas adotadas*:

$$\text{Vida útil (anos)} = \frac{\text{Vida média da lâmpada (h) indicado pelo fornecedor}}{\text{Tempo de utilização da lâmpada no ano (h/ano)}}$$

Utilizar vida média da lâmpada igual a 8.000 h, se outro valor, justificar

- *Cálculo dos resultados esperados*: Redução de Demanda Ponta (RDP) e Energia Economizada (EE)

$$EE \text{ (MWh/ano)} = N \times [(P1 - P2) \times U] \times 10^{-6}$$

Onde:

N = nº de pontos substituídos

P1 = potência da lâmpada incandescente substituída (W)

P2 = potência (W) da lâmpada eficiente (integral) ou do conjunto (Lâmpada eficiente + reator)

U = tempo de utilização das lâmpadas no ano (horas/ano)

Sendo:

$$U = (\text{horas de uso/dia} \times 365 \text{ dias})$$

Usar 5h/dis ou seja $U = 1.825 \text{ h}$, exceto se existir outro valor (justificar)

$$\text{RDP (kW)} = N \times [(P1 - P2)] \times \text{FCP} \times 10^{-3}$$

Onde:

FCP = Fator de coincidência na ponta = 0,62 se outro valor (justificar)

- *Cálculo da relação Custo Benefício:* projetos de incentivo a utilização de lâmpadas eficientes possuem características específicas no cálculo da relação custo-benefício, pois envolvem a concessão de descontos e financiamentos. Neste caso a RCB deverá ser calculada como Rentabilidade Inicial de Redução de Perdas (RIRP), onde os benefícios serão aqueles apresentados nas metas do projeto e os custos serão:
 - Custos da concessionária, fabricantes, lojistas para implementação do projeto excluindo o valor do desconto ou financiamento fornecido ao consumidor, pois, sob a ótica da sociedade, a concessão de qualquer subsídio ao consumidor é vista como simples transferência de recurso entre os agentes.
 - - Custo total do consumidor com a aquisição do equipamento.

O valor a ser apropriado pela concessionária no Programa corresponde aos custos para implementação do projeto, incluindo o valor do desconto ou financiamento. Não devem ser considerados os custos dos outros agentes envolvidos.
- *Itens de controle:* número de equipamentos (lâmpadas) vendidos, registro de compra de material de divulgação, registros de terceirização de serviços de divulgação e cupons ou registros de desconto oferecidos aos consumidores.

IV – Roteiros Básicos para a Elaboração de Projetos – Oferta

Esta quarta parte identifica em quais campos, para melhoria da Oferta, os projetos serão aceitos: Treinamento, Controladores de Demanda/Novas Modalidades Tarifárias e Perdas. Para cada campo é especificada a forma de apresentação, baseada no item II – Considerações Sobre os Projetos, segundo um Modelo Geral para Apresentação dos Projetos. O Modelo possui basicamente 10 itens assim divididos: 1) Objetivo do projeto, 2) Descrição e detalhamento do projeto, 3) Abrangência do projeto, 4) Metas e Benefícios do projeto, 5) Promoção, 6) Prazos e Custos, 7) Acompanhamento do projeto, 8) Metodologia de cálculo das metas, 9) Avaliação e 10) Itens de controle.

Devido aos programas descritos nesta parte do programa não possuem correspondentes no Estudo de Planejamento Integrado de Recursos para o Sistema Elétrico de Boa Vista – RR, sua descrição não será realizada.

V – Anexos

Esta Quinta parte traz tabelas e metodologias de cálculo complementares para a correta utilização dos Roteiros Básicos para a Elaboração de Projetos e também traz a Resolução 271/2000 da ANEEL

Estão assim subdivididos:

V.1. Projetos Plurianuais

V.2. Custos Evitados

V.3. Tabelas com k de 0,15; 0,20; 0,25 e 0,30

V.4. Lâmpadas eficientes com concessão de uso do selo PROCEL INMETRO de desempenho – tensão 127 V.

V.5. Lâmpadas eficientes com concessão de uso do selo PROCEL INMETRO de desempenho – tensão 220 V.

V.6. Relatório de progresso – Modelo

V.7. Requisitos para projetos de Cogeração

V.8. Resolução ANEEL 271/2000

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANEEL. **Manual para a Elaboração do Programa Anual de Combate ao Desperdício de Energia Elétrica**, Ciclo 1999/2000. Versão 14/setembro/99. Agencia Nacional de Energia Elétrica, Brasília, Brasil, 1999. www.eletrobras.gov.br

ANEEL. **Manual para a Elaboração do Programa Anual de Combate ao Desperdício de Energia Elétrica das Concessionárias**. Agencia Nacional de Energia Elétrica, Brasília, Brasil, 2000a. www.eletrobras.gov.br

ANEEL. **Manual para a Elaboração do Programa Anual de Combate ao Desperdício de Energia Elétrica**, Agencia Nacional de Energia Elétrica, Brasília, Brasil, 2000b. www.eletrobras.gov.br

ANEEL. RESOLUÇÃO Nº 242 DE 24 DE JULHO DE 1998. Publicada no Diário Oficial de 27.07.1998, seção 1, p. 9, v. 136, n. 141 – E. Agencia Nacional de Energia Elétrica, Brasília, Brasil, www.eletrobras.gov.br

ANEEL. RESOLUÇÃO Nº 261 DE 3 DE SETEMBRO DE 1999. Regulamenta a obrigatoriedade de aplicação de recursos das concessionárias de energia elétrica em ações de combate ao desperdício de energia elétrica e pesquisa e desenvolvimento tecnológico do setor elétrico para o biênio 1999/2000. Publicada no Diário Oficial de 06.09.1999, seção 1, p. 9, v. 137, n. 171 – E. Agencia Nacional de Energia Elétrica, Brasília, Brasil, www.eletrobras.gov.br

ANEEL. RESOLUÇÃO Nº 271 DE JULHO DE 2000. Estabelece os critérios de aplicação de recursos em ações de combate ao desperdício de energia elétrica e pesquisa e desenvolvimento tecnológico do setor elétrico brasileiro. Publicada no Diário Oficial de 20.07.2000, seção 1, p. 35, v. 138, n. 139 – E. Agencia Nacional de Energia Elétrica, Brasília, Brasil. www.eletrobras.gov.br

AVENDAÑO, M. F. S. e SAUER, I. L. **Análisis de la viabilidad del planteamiento integrado de recursos em Punta Arenas**, Anais do VII Congresso Brasileiro de Energia. II Seminário latino Americano de Energia, Volume III, p.1386, Brasil, Rio de Janeiro, 1996.

BALANÇO ENERGÉTICO NACIONAL. Departamento Nacional de Desenvolvimento Energético/Secretaria de Energia/Ministério de Minas e Energia Brasília, 1997.

BALAMURALIKRISHNA, R. and DUGGER, J. C., **SWOT Analysis: A Management Tool for Initiating New Programs in Vocational Schools**, Journal of Vocational and Technical Education, Vol. 12, Nº 1, 1995.

BARGHINI, A., et al. **Consumos Residenciais de Energia**, 2- Análise das utilidades domésticas, Conselho Estadual de Energia de S.P. CESP – CPFL –Eletropaulo, São Paulo, 1984.

BARGHINI, A., **Manual para la realización de Estudios sobre Usos Finales de electricidad Estudio del Mercado**, Curso para la realización de Estudios de Usos Finales de Electricidad en los sectores Residencial y Comercial, International Energy Initiative, São Paulo, 1996.

BLUMSTEIN, C. et al. **A theory-based approach to market transformation**, Energy Policy, Vol. 28, N° 2, pp. 137 – 144, 2000.

BOREL, J., **Le confort thermique en climat chaud**. Cours professé à la FAU –USP, São Paulo, 1967, mimeo.

BRASIL. ELETRONORTE. UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO. **Contrato de apresentação de serviços especializados para desenvolvimento de estudo de usos finais de energia elétrica e de avaliação do sistema elétrico de Boa Vista – Roraima, que entre si celebram a Centrais Elétricas do Norte do Brasil S/A – Eletronorte e a Universidade de São Paulo com a Interveniência do Instituto de Eletrotécnica e Energia – IEE**. Brasília, 1997.

BRONFMAN, B. **Toward a Methodology for Evaluating Market Transformation Programs**. In Proceedings of the 1998 ACEEE Summer Study on Energy Efficiency in Buildings, Washington, DC: American Council for Energy-Efficient Economy, 1998.

COMISSIÓN FEDERAL DE ELETRICIDAD. **Resultados de la prueba de vida útil de lámparas fluorescentes compactas del proyecto Ilumex**, Comisión Federal de Electricidad, Mexico, D.F., s/d

CROISSET, M., **L'hygrothermique dans le bâtiment**. Paris, Eyrolles, 1972.

ELETROBRAS. Cálculo do Custo Evitado de demanda. Custos Marginais de Distribuição *In: Plano Decenal de Expansão 1999/2008*, ELETROBRAS, 1999a. Capítulo 6.3, página 301

ELETROBRAS. Sistemas Isolados da Região Norte *In: Plano Decenal de Expansão 1999/2008*, ELETROBRAS, 1999b. Capítulo 5.3, página 179

ELETROBRAS. Relatório aos Acionistas – Exercício Findo em 31 de dezembro de 1999 *In: Demonstrações Financeiras – Balanço patrimonial*, ELETROBRAS, 1999c. www.eletronorte.gov.br.

ELETRONORTE. **Sistema Roraima – Projeção da demanda e perspectivas sócio-econômicas. Ciclo 97/98. EPEM – 6/07/98**, ELETRONORTE, 1998.

FERREIRA, N. M. L. R. A. e FONTINHAS, P. R. F. **Diagnóstico do alto consumo de energia nas residências de classe média de Boa Vista – RR**, ELETRONORTE, 1997.

FRIEDMANN R. et al, **Economic Analysis of Ilumex: A Project to Promote Energy Efficient Residential Lighting in Mexico**, Energy Analysis Program, Energy and Environment Division, Lawrence Berkeley Laboratory, Berkeley, CA 94720 U.S.A., 1993.

FREITAS, L. A. S. **Geografia e História de Roraima**, 1ª edição 154p, Manaus, Editora Grafima, 1996.

FROTA, A. B. e SCHIFFER, S. R., **Manual de Conforto Térmico**, 2. ed., São Paulo, Studio Nobel, 1995

GIVONI, B., **Man Climate and Architecture**, Second Edition, London, 1976

GIVONI, B. **Confort, climate analysis and building design guidelines. Energy and Building**, vol. 18, 1992,

HARRIS, J. and MAHONE, D., **Energy Codes and market Transformation in the Northwest: A Fresh Look**. In Proceedings of the 1998 ACEEE Summer Study on Energy Efficiency in Buildings, Washington, DC: American Council for Energy-Efficient Economy, 1998.

JANUZZI, G. M. e SWICHER, J. N. P., **Planejamento Integrado de Recursos Energéticos**, Campinas, Autores Associados, 1997.

KONYA, A. **Desin primer for hot climate**. London, Architectural Press, 1980.

KURAS, R. et al. **Energy Management Manual**, DG XXII, Leonardo da Vinci Programme, TechSET GmbH, Vien.

LAMBERTS R. et al, **Eficiência Energética na Arquitetura**, São Paulo, PW Editores, 1997.

NAIDU, B. S. K., **Indian scenario of renewable energy for sustainable development**, Energy Policy, vol. 24, N° 6, pp. 575 – 581, 1996

NEGRETE, A. V. **Características Técnicas para las Lámparas Fluorescentes del Proyecto Ilumex em el Sector Domestico**, Comisión federal de Eletricidad, Mexico, D.F., junho, 1997.

OLGYAY, V., **Desin with climate**, New Jersey, Princeton University, 1963.

SAUER, L. I., et al, **Workshop: Métodos de Análise Energética a partir dos Usos Finais**, Universidade de São Paulo, Instituto de Eletrotécnica e Energia, São Paulo, 28 de fevereiro – 18 março, 1994.

SAUER L. I., et al, **Estudo de usos finais de energia elétrica e de avaliação do sistema elétrico de Boa Vista – RR, Relatório da Pesquisa**, São Paulo, 1998a.

SAUER L. I., et al, **Estudo de usos finais de energia elétrica e de avaliação do sistema elétrico de Boa Vista – RR, Anexo I – Relatório do banco de dados**, São Paulo, 1998b.

SAUER L. I., et al, **Estudo de usos finais de energia elétrica e de avaliação do sistema elétrico de Boa Vista – RR, Anexo II – Procedimento de campo: as pesquisas**, São Paulo, 1998c.

SAUER L. I., et al, **Estudo de usos finais de energia elétrica e de avaliação do sistema elétrico de Boa Vista – RR, Anexo III – Procedimento de campo: as medições**, São Paulo, 1998d.

SAUER L. I., et al, **Estudo de usos finais de energia elétrica e de avaliação do sistema elétrico de Boa Vista – RR, Relatório da Pesquisa**, São Paulo, 1998e.

SAUER L. I., et al, **Estudo de Planejamento Integrado de Recursos para o sistema elétrico de Boa Vista – RR**, São Paulo, 1999a.

SAUER L. I., et al, **Estudo de Planejamento Integrado de Recursos para o sistema elétrico de Boa Vista – RR, Sumário metodológico**, São Paulo, 1999b.

WIIG K. M., **Supporting Knowledge Management: A Selection of Methods and Techniques**, Expert Systems With Applications, Vol. 13, Nº 1, pp. 15 – 27, 1997.

Bibliografia consultada

BAJAY, S. V. et al, **Planejamento Integrado de Recursos: Conceito, Origem, Difusão e Vantagens em Comparação com o Planejamento Tradicional da Expansão do Setor Elétrico**, III Congresso Brasileiro de Energia, 1714-1741, 1996

FUGIWARA, J. K. **Programa Experimental de Difusão de Sistemas de iluminação Eficientes no Segmento Residencial – Elaboração de um Ferramental para DSM**, III Congresso Brasileiro de Energia, 2074-2086, 1996.

RAAD, A. e SCHECHTMAN, R. **Identificação das Barreiras ao Uso Eficiente da Energia Elétrica**, III Congresso Brasileiro de Energia, 2051-2058, 1996.

ELETROBRAS. Siese. Tarifas de energia elétrica. www.eletrobras.gov.br/mercado/siese%5Fsem99%5F29.htm. Acesso em 16/05/01.

ELETROBRAS. Boletim de tarifas. Tarifa média comercial. www.eletrobras.gov.br/mercado/comercial_series.htm. Acesso em 16/05/01

ELETROBRAS. Boletim de Tarifas. Tarifa média residencial. www.eletrobras.gov.br/mercado/comercial_series.htm. Acesso em 16/05/01

ELETROBRAS. Boletim de Tarifas. Tarifa média do fornecimento de energia elétrica. www.eletrobras.gov.br/mercado/intro%5Ffornecimento.htm. Acesso em 16/05/01

ELETROPAULO. Informações comerciais – Média tensão. www.eletropaulo.com.br . Acesso em 16/05/01.

PROCEL. Consumo de eletrodomésticos. www.eletrobras.gov.br/procel/11.htm. Acesso em 27/08/01

PROCEL. Equipamentos com Selo 2001. www.eletrobras.gov.br/procel/11.htm. Acesso em 27/08/01.

PROCEL. Dicas. www.eletronbras.gov.br/procel/11.htm. Acesso em 27/08/01.

PROCEL. Residências. www.eletronbras.gov.br/procel/11.htm. Acesso em 27/08/01.