UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

Programa de Interunidades de Pós-Graduação em Energia

GERENCIAMENTO DA DEMANDA DE ENERGIA USADA PARA ILUMINAÇÃO E COCÇÃO NO SETOR RESIDENCIAL DA REGIÃO DA CNFL DA COSTA RICA

Dissertação apresentada ao Programa de Interunidades de Pós-Graduação em Energia (IEE-USP, EPUSP, FEA-USP, IFUSP) da Universidade de São Paulo para obtenção do título de Mestre em Energia.

Luis Chen-Apuy Chacón

São Paulo
1997

INSTITUTO DE ELETROTÉCNICA E ENERGIA USP

Luis Chen-Apuy Chacón

GERENCIAMENTO DA DEMANDA DE ENERGIA USADA PARA ILUMINAÇÃO E COCÇÃO NO SETOR RESIDENCIAL DA REGIÃO DA CNFL DA COSTA RICA

Dissertação apresentada ao Programa Interunidades de Pós-Graduação em Energia (IEE-USP, EPUSP, FEA-USP, IFUSP) da Universidade de São Paulo para a obtenção do título de Mestre em Energia.

Orientador: Prof. Dr. Ildo L. Sauer

São Paulo

1997

A Ruth, quem sempre me deu força e carinho no Brasil.

AGRADECIMENTOS

À "International Energy Initiative" (IEI), pelo apoio financeiro, sem o qual não seria possível a realização deste trabalho.

À "Compañía Nacional de Fuerza y Luz" (CNFL) da Costa Rica e especialmente aos meus amigos do Programa Conservación de Energía (PCE), pelo apoio integral na realização deste estudo.

Ao professor Ildo Sauer, pela sua orientação na elaboração deste trabalho e pela amizade.

As minhas amigas Flávia, Priscila e Nazareth pela colaboração e amizade.

A todos meus colegas e funcionários do Instituto de Eletrotécnica e Energia pela sua solidariedade e amizade, em especial aos meus amigos da turma quatro do programa IEI.

Aos meus Pais, pelo carinho de toda uma vida.

GERENCIAMENTO DA DEMANDA DE ENERGIA NO SETOR RESIDENCIAL USADA PARA ILUMINAÇÃO E COÇÃO NA REGIÃO DA CNFL DA COSTA RICA

ÍNDICE

RESUMO
ABSTRACT
LISTA DE FIGURAS
LISTA DE TABELAS
LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

I. CAPÍTULO 1: INTRODUÇÃO

1.1 Atividades da Compañía Nacional de Fuerza y Luz para a Conservação de Energia Elétrica....1
1.2 Definição do problema....3
1.3 Possíveis soluções....4
1.4 Fatores motivadores....8
1.5 Objetivo....9
1.6 Metodologia....10
1.6.1 Ações por desenvolver....11
1.7 Alcances do projeto....11
1.8 Estrutura da dissertação....12

II. CAPÍTULO 2: CARACTERIZAÇÃO DO SETOR ELÉTRICO DE COSTA RICA

2.1 Setor Elétrico de Costa Rica....13
2.1.1 Oferta de energia....14
a) Sistema de Geração....16
b) Sistema de Transmissão....16
c) Sistema de Distribuição....17
2.1.2 Demanda de Energia....18
2.1.3 Demanda de Potência Pico....19
2.1.4 Tarifas Elétricas....20
2.1.5 Custos Marginais da Eletricidade....23
2.2 Participação da CNFL no Setor Elétrico....24

2.3 Setor Residencial na Área da CNFL.....25

2.3.1 Demanda de Eletricidade por Níveis de Consumo.....27

2.3.2 Contribuição dos Usos Finais no Consumo de Eletricidade.....28

2.3.3 Contribuição do Setor Residencial na Demanda Máxima do Sistema.....30

2.4 Preços dos Equipamentos no Mercado Local.....35

III. CAPÍTULO 3: DESCRIÇÃO DO PROJETO DE SUBSTITUIÇÃO DE LÂMPADAS NA ÁREA METROPOLITANA DA COSTA RICA

3.1 Introdução.....38
3.2 Aspectos técnicos.....38
3.2.1 A Lâmpada Incandescente.....38
3.2.2 A Lâmpada Fluorescente.....41
3.2.2.1 Funcionamento.....44
3.2.2.2 O Reator.....44
3.2.3 A Lâmpada Fluorescente Compacta.....45
3.3.0 Experiências em Projetos de Substituição em Outros Países.....46
3.3.1 Experiência no Brasil.....46
3.3.2 Experiência Mexicana.....51
3.3.3 Experiência dos Estados Unidos.....55
3.3.4 Experiêcia Anteriores na Costa Rica.....56
3.4.0 Descrição do Projeto de Substituição de Lâmpadas.....60
3.4.1 Antecedentes.....60
3.4.2 Objetivo do Projeto.....60
3.4.3 Campanha de Informação.....61
3.4.4 Trenamento e Capacitação
3.5.0 Comparação entre as lâmpadas incandescentes e as fluorescentes compactas.....61
3.5.1 Iluminação.....61
3.5.2 Economia de Energia.....62
3.5.3 Economia para o Cliente.....64
3.5.4 Vida útil média.....66
3.5.5 Partida das LFC's.....67
3.5.6 Instalação das LFC's.....67
3.6.0 Condições de Venda.....69
3.6.1 Disponibilidade no Mercado.....69
3.6.2 Preço das Lâmpadas.....69
3.6.3 Prazo de Pagogamento.....69

3.6.4 Quantidade de Lâmpadas por Cliente.....70
3.6.5 Lugares de Venda.....71
3.6.6 Pontos por Economia.....71
3.6.7 Garantia.....72
3.7.0 Procedimento de Venda.....72

IV. CAPÍTULO 4: AVALIAÇÃO ECONÔMICA-FINANCEIRA DAS MEDIDAS RACIONALIZAÇÃO

4.1 Introdução.....74
4.2 Figuras de Mérito para as Avaliações.....75
4.2.1 Tempo de Retornos Simples (TRS).....75
4.2.2 Custo de Ciclo de Vida.....76
4.2.3 Valor Presente Líquido.....76
4.2.4 Taxa Interna de Retorno.....77
4.2.5 Custo da Energia Conservada.....77
4.2.6 Custo da Capacidade Evitada em Horário de Ponta.....78
4.3 Definição das perspectivas de custo-benefício.....81
4.3.1 Clientes participantes.....81
4.3.2 Clientes não participantes.....83
4.3.3 Concessionárias de geração e distribuição.....84
4.3.4 Sociedade.....86
4.4 Resultado das Avaliações Econômicas e Finaceiras.....87
4.4.1 Análise das Perspectivas Envolvidas.....90
4.4.2 Perspectiva do Consumidor Participante.....91
4.4.3 Perspectiva da Concessionária Distribuidora.....97
4.4.4 Perspectiva da Concessionária Geradora.....99
4.4.5 Perspectiva da sociedade.....101

V. CAPÍTULO 5: AVALIAÇÃO INTEGRADA DAS ALTERNATIVAS DE OFERTA E DEMANDA

5.1 Introdução.....103
5.2 Planejamento Integrado de Recursos (PIR).....103
5.3 Previsões de Energia e Demanda.....105
5.3.1 Cenários de Projeção.....106
5.4 Planos de Expansão.....108
5.5 Minimização de Custos Elétricos da Oferta Usando o Método de Curva de Seleção.....110
5.6 Iluminação Eficiente como Recurso do Lado da Demanda.....111
5.7 Coção como Recurso do Lado da Demanda.....113

5.8 Intergração dos Recursos de Iluminação e Cocção..... 115
5.9 Anáilse de Incertezas.....115
5.9.1 Cenários de Projeção.....116
5.9.2 Cenário de Eficiência Congelada.....116
5.9.3 Cenário Tendencial.....116
5.9.4 Cenário Eficiente.....117
5.10.0 Integração dos Recursos pela Curva Cumulativa.....121

VI. CAPÍTULO 6: SUMÁRIO, CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

ANEXOS

Anexo A.....153
Anexo B.....154
Anexo C.....157
Anexo D-1.....173
Anexo D-2.....177
Anexo D-3.....180
Anexo E-1.....188
Anexo E-2.....192

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

LISTA DE FIGURAS

Página

Figura 1.1 Influência do setor residencial na curva de carga total da CNFL.....2

Figura 1.2 Diagrama da estrutura dos capítulos da dissertação.....12

Figura 2.1. Organização do Setor Elétrico da Costa Rica.....14

Figura 2.2. Perfil da curva de carga nacional de todos os setores.....18

Figura 2.3. Comportamento da demanda máxima para o SNI (1980-1994).....19

Figura 2.4. Tarifas elétricas médias pagas pelos diferentes setores e blocos de consumo.....23

Figura 2.5. Setores de Consumo da CNFL.....26

Figura 2.6 Relação entre Quantidade de Clientes por Estrato e Consumo de Eletricidade.....28

Figura 2.7. Contribuição dos Usos Finais no Consumo de Eletricidade.....30

Figura 2.8. Contribuição dos Setores às Horas Pico (10:00-12:00).....31

Figura 2.9. Contribuição dos Setores às Horas Pico (17:30-19:30).....31

Figura 2.10. Participação dos Usos Finais nos Períodos de Ponta (10:00-12:00).....32

Figura 2.11. Participação dos Usos Finais nos Períodos de Ponta (17:30-19:30).....33

Figura 2.12. Porcentagem de Coincidência da iluminação residencial nas horas de máxima demanda.....35

Figura 3.1 Componentes principais de uma lâmpada incandescente.....41

Figura 3.2. Componentes principais de um tubo fluorescente.....42

Figura 3.3. Lâmpada Fluorescente Compacta.....46

Figura 4.1. Custo do Lúmen-hora para diferentes tarifas.....90

Figura 4.2. Variação do Tempo de Retorno Simples.....94

Figura 4.3. CCVA. Variação das Horas de Uso. Bloco 1 e 2.....94

Figura 4.4 CCVA. Variação das Horas de Uso. Bloco 3.....95

Figura 4.5 CCVA. Variação das Horas de Uso. Bloco 4.....95

Figura 4.6. Resultado para o consumidor participante da troca.....97

Figura 4.7 Balanço Financeiro para a Concessionária de Distribuição.....99

Figura 5.1 Previsões de consumo de energia no período 1995-2015 para os cinco cenário de vendas.....107

Figura 5.2 Alternativas no Lado da Oferta.....111

Figura 5.3. Curva Integrada de Recursos com a Iluminação como Medida no Lado da Demanda.....113

Figura 5.4. Curva Integrada de Recursos com a Cocção no Lado da Demanda.....114

Figura 5.5. Integração dos Recursos de Oferta e Demanda.....115

Figura 5.6 Evolução da compra de lâmpadas no setor residencial de acordo ao cenário de futuro eficiente.....119

Figura 5.7. Evolução do consumo de energia na iluminação do setor residencial segundo os cenários de eficiência congelada e futuro eficiente.....120

Figura 5.8. Curva Cumulativa dos Recursos de Demanda e de Oferta Novos para o ano 2000.....124

Figura 5.9. Curva Cumulativa dos Recursos de Demanda e de Oferta Novos para o ano 2005.....124

Figura 5.10. Curva Cumulativa dos Recursos de Demanda e de Oferta Novos para o ano 2010.....126

Figura 5.11. Curva Cumulativa dos Recursos de Demanda e de Oferta Novos para o ano 2015.....126

LISTA DE TABELAS

Página

Tabela. 1.1 Estimativa da participação dos principais usos finais no consumo de energia elétrica por setores na área da CNFL.....5

Tabela 2.1. Geração de eletricidade no Sistema Elétrico Nacional.....16

Tabela 2.2. Grau de eletrificação na Costa Rica e necessidades do aumento do parque gerador.....20

Tabela 2.3. Custos marginais de geração, utilizados para a compra de energia e potência aos geradores privados.....24

Tabela 2.4 Participação da CNFL no mercado elétrico.....25

Tabela 2.5. Consumo de eletricidade mensal, receitas e clientes por setor.....26

Tabela 2.6. Consumo de eletricidade por níveis de consumo.....27

Tabela 2.7. Consumo dos Usos Finais.....29

Tabela 2.8. Contribuição dos usos Finais nas Horas Ponta.....32

Tabela 2.9. Contribuição dos usos Finais nas Horas Ponta.....33

Tabela 2.10. Preços dos Equipamentos.....36

Tabela 2.11. Custos médios de Operação de Alguns Equipamentos.....36

Tabela 2.12. Custo Operacionais dos Equipamentos.....37

Tabela 3.1. Temperatura de filamento em lâmpadas.....39

Tabela 3.2. Resposta do Programa com diferentes níveis de desconto.....47

Tabela 3.3. Economia estimada anual do programa.....48

Tabela 3.4 Custo da energia conservada para iluminação para diferentes níveis desconto.....49

Tabela 3.5. Benefício anual neto do programa e níveis de desconto.....50

Tabela 3.6. Necessidade de programas de informação.....50

Tabela 3.7. Resumo estatístico das economias considerando estratos de consumo.....52

Tabela 3.8 Análise comparativo dos três projetos pilotos de doação.....55

Tabela 3.9. Economia de energia para o cliente por substituição de lâmpadas em kWh por mês.....63

Tabela 3.10. Economia mensal em dólares por substituição de lâmpadas para clientes do Bloco 2.....65

Tabela 3.11. Economia mensal em dólares por substituição de lâmpadas para clientes do Bloco 3.....65

Tabela 3.12. Economia mensal em dólares por substituição de lâmpadas para clientes do Bloco 4.....65

Tabela 3.13. Duração média de lâmpadas e LFCs.....67

Tabela 3.14. Quantidade de Lâmpadas Máxima por Estrato.....71

Tabela 4.1. Tenência de lâmpadas incandescentes no setor residencial.....88

Tabela 4.2. Consumo de Eletricidade por Níveis Tarifários.....88

Tabela 4.3. Consumo Total Real por Estrato em Iluminação.....89

Tabela 4.4 Consumo Total Real por Estrato em Iluminação.....92

Tabela 4.5. Tenência de lâmpadas incandescentes no setor residencial.....92

Tabela 4.6. Dados para o análise de Lúmen-hora.....93

Tabela 4.7. Fluxo de Caixa.....93

Tabela 4.8. Cálculos dos Resultados para as Perspectivas do Consumidor.....96

Tabela 4.9. Análise de substituição de lâmpadas, perspectiva da concessionária distribuidora 98

Tabela 4.10. Custo da Energia Conservada e Capacidade Evitada.....100

Tabela 4.11. Resultados da Avaliação para a Concessionária Geradora.....101

Tabela 4.12. Balanço Social da Substituição na Tecnologias 102

Tabela 5.1. Previsão do consumo de Energia (cenário Base do ICE 1995-2015).108

Tabela 5.2. Projetos candidatos na expansão do parque gerador (1995-2015)...109

Tabela 5.3. Cálculo do Custo Anual por kW Economizado para a Iluminação.....112

Tabela 5.4. Custo Anual por kW Economizado para a Cocção.....114

Tabela 5.5 Consumo de Energia e Quantidade de Lâmpadas.....119

Tabela 5.6. Previsões e Potencial de economias na iluminação no horizonte 1995-2015.....121

Tabela 5.7. Recursos Novos Disponíveis pelo Lado da Oferta.....122

Tabela 5.8. Potencial de Economias na Iluminação.....122

Tabela 5.9. Potencial de Economias na Cocção.....123

LISTA DE ABREVITURAS E SIGLAS

Abreviaturas

CCV	Custo de Ciclo de Vida
CCVA	Custo de Ciclo de Vida Anualizado
CCVANE	Custo de Ciclo de Vida Anualizado Não Energético
CCP	Custo de Curto Prazo
CEC	Custo da Energia Conservada
CMO	Custo de Mão de Obra
CMLPG	Custo Marginal de Longo Prazo
CPE	Custo da Potência Evitada
ECA	Energia Consevada Anual
Eq.	Equação
f.c	Fator de Carga
FCC	Fator de Carga de Consevação
FRC	Fator de Recuperação
GWh	Giga-Watts-hora
hs	Horas
km^2	Kilómetros quadrados
kV	Kilo voltio
MD&UREE	Medidad de Manejo da Demanda
MW	Mega Watt
MVA	Mega Voltiampérios

LFC	Lâmpada Fluorescente Compacta
lm	Lúmen
SNI	Sistema Nacional Interligado
TIR	Taxa Interna de Retorno
TRS	Tempo de Retorno Simples
VPL	Valor Presente Líquido
W	Watt

Siglas

CNFL	"Compañía Nacional de Fuerza y Luz"
CONACE	"Comisión Nacional de Energía"
DSE	"Dirección Nacional de Energía"
ESPH	"Empresa de Servicios Públicos de Heredia"
ICE	"Instituto Costarricense de Electricidad"
IEE	Instituto de Eletortécnica e Energia
IEI	International Energy Initiative
JASEC	"Junta Administrativa de Servicios Eléctricos de Cartago"
MINAE	"Ministério de Ambiente y Energía"
PRAE	"Programa Residencial de Ahorro de Energía"
OLADE	"Organización Latinoamericana de Energía"
SEN	Sistema Elétrico Nacional
SNE	"Servicio Nacional de Electricidad"
USP	Universidade de São Paulo

CAPÍTULO I

INTRODUÇÃO

1.1 Atividades da Compañía Nacional de Fuerza e Luz para a Conservação de Energia.

No ano de 1992 a Compañía Nacional de Fuerza e Luz (CNFL) começou sua participação no Programa de Integração Energética Regional, coordenando os Projetos de Manejo da Demanda e o Uso Racional de Energia Elétrica. Estes programas estão sendo desenvolvidos na área de San José, a capital de Costa Rica, que é servida pela CNFL e têm uma população de 1,5 milhões de habitantes.

O objetivo destes programas é "satisfazer a demanda de energia elétrica da forma mais econômica, ampliando as medidas de manejo da demanda e economia de energia já estudadas pela CNFL, com o fim de postergar dentro do possível os investimentos e o emprego crescente de combustível importado"[1].

Com esse objetivo é que a CNFL fez um estudo da carga na sua área, que permitiu determinar a contribuição de cada setor e de cada uso final à demanda máxima do sistema e ao consumo de energia elétrica. A caraterização da carga é a base para identificar as medidas de manejo da demanda e o uso racional de energia elétrica (MD&UREE).

Com esse estudo, conseguiu-se determinar que 48% do consumo total do setor residencial são devidos à cocção, à iluminação e à refrigeração.

---

[1] Cartera de Projetos em Conservação de Energia Eléctrica em Costa Rica. Companía Nacional de Fuerza e Luz. Reumión Sobre Eficiência Energética: Belice-Istmo Centroamericano

A partir desse estudo foi constituída a curva de carga da CNFL, mostrando dois "picos" ao longo do dia, onde o setor residencial têm a maior participação (fig. 1.1).

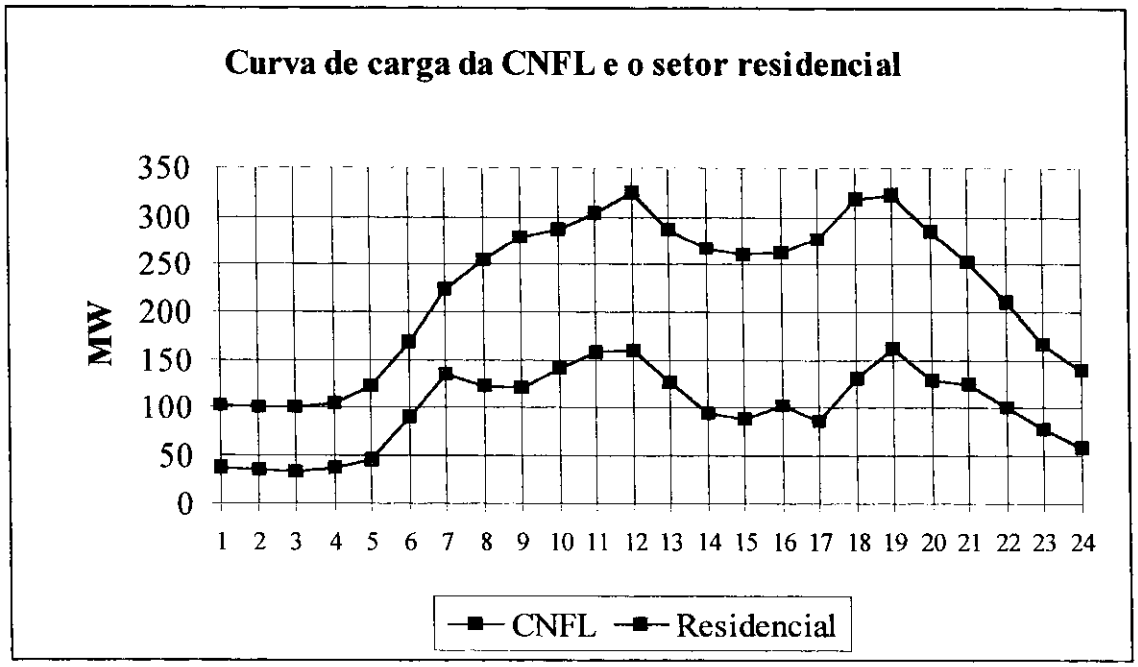


Figura 1.1 Influência do setor residencial na curva de carga total da CNFL.
Fonte: Compañia Nacional de Fuerza e Luz. 1992.

Nesta curva mostra-se que no "pico" da manhã, das 10:00 as 12:00 horas, o setor residencial é responsável por 51% da ponta (cocção principalmente), e no pico da tarde, das 17:30 as 19:30 horas a participação do setor residencial é de 46% (iluminação principalmente).

A partir da caracterização da carga para a CNFL e a identificação dos principais usos finais, avaliaram-se, financeiramente, aqueles projetos de uso racional de energia e de manejo da demanda mais adequados para a empresa, para os clientes e para a sociedade. Foram tomadas em consideração as barreiras

sócio-culturais, econômicas e políticas, assim como os impactos do deslocamento da carga nas horas "pico" e a economia de energia.

Após realizadas as medidas selecionadas e totalmente fundamentadas com seus orçamentos respectivos, a CNFL elaborou um plano de projetos para serem desenvolvidos nos próximos anos.

Dentro dos projetos escolhidos pela CNFL pode-se mencionar o Controle de Carga à Distância, o Programa Residencial de Economia Energética (PRAE), o Programa de Substituição de lâmpadas incandescentes por Fluorescentes Compactas.

1.2 Definição do Problema

Nos anos recentes, o setor elétrico teve um desenvolvimento muito acentuado, devido a um intensivo apoio financeiro de capital estrangeiro e nacional e incentivos políticos para sua expansão. Atualmente, o setor elétrico de Costa Rica vem tendo problemas de diversas naturezas, provocadas pela aparição de novos elementos nos planos políticos, econômicos e sociais.

Na década de 70, a crise do petróleo fez com que o setor energético da Costa Rica procurasse auto-suficiência energética mediante o desenvolvimento de grandes projetos hidrelétricos, feitos com empréstimos obtidos facilmente. No início dos anos oitenta, esses recursos econômicos foram escasseando, ao mesmo tempo que os governos tentavam remediar os efeitos da inflação, sendo que as tarifas de eletricidade não refletiam o verdadeiro custo de fornecimento.

Esta situação limitou a disponibilidade de financiamento para as empresas elétricas, que atualmente sofrem pela escassez de recursos econômicos

impedindo a expansão do setor elétrico e assim satisfazer a demanda futura de energia elétrica.

O problema agravou-se pela taxa de crescimentos da demanda, que é de 7% anuais, frente ao Produto Interno Bruto que se situa na ordem 3,5% por ano.

O crescimento da demanda pode ser produto do desenvolvimento econômico e do nível de eletrificação alcançado pela Costa Rica nos últimos anos (mais do 92% do território nacional esta eletrificada), mas uma parte importante deste consumo é causado por os baixos níveis de eficiência no uso da energia elétrica, devidos principalmente aos seguintes fatores:

a) O uso de equipamentos com alto consumo nos setores residencial, comercial e industrial.

b) Equipamentos industriais antigos.

c) Maus hábitos dos consumidores no uso da energia.

Estes problemas motivaram a realização de vários estudos que têm levado às seguintes conclusões:

i. A demanda agregada de eletricidade na Costa Rica pode alcançar um crescimento anual de 5% nos próximos anos.

ii. Têm-se potenciais de economia no consumo de energia elétrica entre 10 e 15%.

iii. A capacidade necessária para satisfazer o crescimento da demanda no período 1990-2000 chegaria até os 600 MW ou seja 4000 GWh anuais.

iv. Os investimentos em projetos de geração, transmissão e distribuição alcançariam US$2000 milhões no mesmo período.

É necessário impulsionar projetos de conservação de energia buscando financiamento que permitam implementar programas em eficiência energética, e

e assim, poder deslocar os investimentos no setor elétrico sem perda de quantidade e qualidade do serviço para os clientes.

Dos resultados de caraterização de carga feita pela OLADE, na área da CNFL, nota-se que um número reduzido de usos finais são os responsáveis por grande parte do consumo de energia elétrica. A estrutura dos consumos na área metropolitana da Costa Rica consta na tabela 1.1.

Tabela. 1.1 Estimativa da participação dos principais usos finais no consumo de energia elétrica por setores na área da CNFL.

Setor/Uso final	(GWh/ano)	Participação (%)	
Residencial	851	100.0	46.9
Fogões	204	24.0	11.2
Fornos de Fogões	34	4.0	1.9
Microondas de inducção.	23	2.7	1.2
Iluminação	174	20.4	9.6
Refrigeração	154	18.1	8.5
Tanques de água quente	30	3.5	1.7
Chuveiros	32	3.8	1.8
Lava roupas	41	4.8	2.3
Ferro de passar	39	4.6	2.1
Televisão	27	3.2	1.5
Outros	93	10.9	5.1

Fonte: OLADE. *Projecto Manejo de a Demanda e Uso Racional de a Energia Eléctrica em o Istmo Centroamericano, Quito, 1993, p 52.*

Os dados da tabela mostram que no consumo do setor residencial 70% são devidos à três principais usos finais, sendo a cocção o primeiro deles com 24%, seguido pela iluminação com 20% e refrigeração de alimentos com 18% como terceiro mais importante. A terça parte do consumo total da CNFL é causado por estes mesmos usos finais. Isto quer dizer que para impulsionar medidas de uso racional de energia elétrica no âmbito da CNFL, é possível concentrar-se em uns poucos equipamentos de uso final.

Nota-se que a iluminação é um dos fatores importantes no consumo residencial da Costa Rica, e que sua racionalização e uso eficiente terá impacto importante no consumo global do setor e do país.

A iluminação do setor residencial contribui com o "pico" da tarde em 15% (determinou-se que a maior incidência de lâmpadas ligadas nas residências, aproximadamente 74% do total de lâmpadas usadas no setor residencial, ocorre em torno das 18:30 horas[2])

1.3 Possíveis Soluções

Uma das possíveis soluções no fornecimento de energia elétrica na zona da CNFL, para reduzir o consumo eletricidade e a demanda máxima é a substituição dos atuais fogões elétricos utilizados pela maioria da população da área metropolitana por fogões a gás, segundo um estudo feito (Herrera, 1996[3]). Neste estudo avaliaram-se as implicações da substituição de fogões para os diferentes pontos de vista envolvidos, como o do cliente participante, o não participante, as empresas geradora e distribuidora e a sociedade. Do ponto de vista da concessionária, determinou-se que o balanço dos benefícios da substituição do fogão é positivo em todos os estratos tarifários, enquanto que para o cliente participante a substituição só têm sentido nos estratos de maior consumo, mas a concessionária poderia utilizar parte dos benefícios recebidos para fomentar a troca dos fogões através de incentivos financeiros. Na perspectiva da empresa geradora o balanço é negativo somente nas épocas de inverno, enquanto que para a sociedade será sempre positivo, já que a opção de substituição além de ser economicamente atrativa para substituir a energia

---

[2] OLADE. *Projecto Manejo de a Demanda e Uso Racional de a Energia Eléctrica em o Istmo Centroamericano, Quito, 1993.*

[3] Gerenciamento da Demanda Mediante Substituição Energética na Cocção Residencial. Alfonso Herrera Herrera, São Paulo, 1996.

na ponta pode ser utilizada para o suprimento energético durante os períodos de base, devido ao menor custo em respeito as outras opções de geração.

Uma outra possível solução para enfrentar o problema de abastecimento de energia no setor de iluminação, é a utilização de lâmpadas fluorescentes compactas. Isto aumentaria a eficiência energética global do uso de energia e dependendo da magnitude do projeto pode eventualmente diminuir a necessidade de novos investimento para a expansão do sistema elétrico.

Pode-se também, nas áreas que o requerem, utilizar lâmpadas mais eficientes que as convencionais, como as lâmpadas halógenas, lâmpadas incandescentes mais eficientes (por exemplo as com filmes infravermelhos refletores - IFIR), lâmpadas fluorescentes convencionais mais eficientes, refletores de prata ou alumínio de alta reflexão, e reatores eletrônicos de estado sólido de alta freqüência.

Neste conjunto de medidas também está incluída a substituição dos sistemas existentes de iluminação por outros, embora não sejam necessariamente lâmpadas ou luminárias de maior eficiência, que levem a diminuição do consumo de energia elétrica, por serem mais apropriados para as necessidades do local a ser iluminado. Incluem troca por lâmpadas de menor potência, de foco concentrado, fluorescentes convencionais, lâmpadas de alta intensidade, etc.

Além disto, deve-se tomar medidas, que em geral não impliquem em nenhuma troca importante de equipamento, mas que geralmente estão relacionadas ao modo de utilização dos sistemas já existentes de iluminação, incluindo uma melhor localização, limpeza adequada, maior controle para o desligamento das luminárias não necessárias, etc.

Outras das possíveis soluções para a diminuição do consumo de energia e a demanda de potência no setor residencial são as alterações no sistema tarifário. Estas podem ter objetivo de ajustar as tarifas reais aos custos marginais, como também incorporar tarifas interruptíveis, tarifas sazonais e tarifas binômias (com cobrança de demanda para todos os consumidores).

1.4 Fatores Motivadores

As expetativas futuras de desenvolvimento econômico sustentável do país, com taxas de crescimento do PIB de 3,5% anuais, nos próximos vinte anos, fazem prever que o consumo de energia continuará crescendo na ordem de 3,2% por ano. No caso da eletricidade o consumo vai crescer 5,5% ao ano se não houver programas de uso racional de energia e gerenciamento da demanda. Isto justifica a procura por opções que permitam diminuir ou postergar os grandes investimentos que se deveriam fazer na expansão do Sistema Elétrico Nacional para o futuro, sobretudo considerando as dificuldades financeiras que têm-se hoje e à pouca disponibilidade de recursos em condições favoráveis.

Ante este panorama, a conservação de energia surge como uma alternativa muito importante para reduzir os investimentos em geração elétrica e transmissão, incluindo o uso de combustíveis derivados do petróleo.

Um outro fator importante para o desenvolvimento do setor elétrico nesta década está relacionada com as restrições ambientais na geração, transmissão e distribuição de energia elétrica. Na ultima década os governantes e os setores produtivos de todas as nações, assim como os bancos e outros agentes internacionais, têm compreendido que o efeito "estufa" é uma realidade.

A comunidade internacional não parece disposta a permitir que a expansão do sistema produtivo continue incrementando a poluição, especialmente a produção de gases de efeito estufa. A cadeia de produção, conversão e distribuição de energia, é considerada atualmente como um problema e não como um fator de progresso, como no passado.

Incentivos adicionais na implementação de programas de gerenciamento de carga e a conservação de energia vêm da regulamentação do Uso Racional da Energia (A GACETA, 1994) que têm por objetivo consolidar a participação do Estado na promoção e na execução gradual de programas de uso racional de energia, também propõe-se a estabelecer os mecanismos para alcançar o uso eficiente da energia e substituí-los quanto convenha ao país.

1.5 Objetivo

O objetivo principal deste trabalho é contribuir na implementação de uma metodologia de estudo para avaliar os programas de uso racional de energia e manejo da demanda principalmente nos projetos de iluminação eficiente do setor residencial.

Para lograr este objetivo estão programados os seguintes trabalhos:

1. Descrever o setor elétrico da Costa Rica, e caraterizar a carga especialmente na área da Compañía Nacional de Fuerza e Luz (CNFL).

2. Descrever o Projeto que atualmente a CNFL está desenvolvendo na substituição de lâmpadas incandescentes por fluorescentes compactas.

3. Quantificar as possíveis economias obtidas pela implementação do programa de substituição de lâmpadas incandescentes por fluorescentes compactas, e realizar uma comparação com as opções de implementar projetos de geração no lado da oferta.

4. Propor uma estratégia no lado da demanda que vise à melhoria da eficiência no uso final da iluminação e compará-la com a expansão tradicional do sistema elétrico.

1.6 Metodologia

Neste trabalho vai-se continuar com a pesquisa feita por Herrera em 1996[4], onde foram avaliadas-se importantes economias e diminuição da demanda de energia elétrica no uso final da cocção, na área da CNFL.

Ademais serão utilizados vários estudos feitos na Costa Rica (OLADE, DSE[5]), onde têm-se demostrado que os principais usos finais responsáveis pelo consumo elétrico residencial são a cocção, iluminação e refrigeração. Pretende-se utilizar estes estudos para determinar o consumo dos usos finais, especialmente na área da iluminação, e assim estimar as possíveis melhorias na eficiência deste uso final.

Pretende-se também utilizar documentação sobre avaliação de projetos de uso racional de energia e a informação disponível na CNFL para realizar uma avaliação dos resultados que podem-se alcançar com o projeto de iluminação eficiente.

Os custos de implementação das medidas de uso racional de energia na área de iluminação serão comparados com os custos marginais de geração de eletricidade, para estimar qual é a melhor alternativa com o menor custo tanto para o cliente, a empresa e a sociedade. O seja, vai-se determinar se o custo de cada kWh economizado é menor que o custo marginal da eletricidade.

---

[4] Gerenciamento da Demanda Mediante Substituição Energética na Cocção Residencial. Alfonso Herrera Herrera, São Paulo, 1996.

[5] DSE. Encuesta de Consumo de Energia no Setor Residencial Costarricense. San José, Costa Rica, 1995.

1.6.1 Ações por desenvolver:

- Análise da disponibilidade de energia elétrica no país na área de concessão da CNFL.
- Caracterização do setor elétrico no país especialmente na área da CNFL, enfatizando o setor residencial e a iluminação como uso final.
- Elaboração de uma metodologia para avaliar os impactos dos projetos de iluminação e seu impacto sobre o sistema elétrico.
- Elaboração de conclusões e recomendações nos projetos de uso racional de energia, especialmente nos projetos de iluminação residencial.

1.7 Alcances Do Projeto

O presente estudo estará limitado em seus alcances ao programa de lâmpadas fluorescentes compactas e à zona de serviço da CNFL, que cobre a capital San José e sua vizinhança, com uma superfície de 722 km^2, na qual concentram-se comércios e residências com alta densidade de população e de carga. A maior parte das indústrias encontram-se fora da cidade abastecida pela CNFL.

A população da área metropolitana estima-se em 1,5 milhões de habitantes. O número de clientes da CNFL é de aproximadamente 311 000, dos quais 87,6 % são residências O comércio é a principal atividade na capital e representa o 11,2% dos clientes. O 1,2% restante são clientes indústrias, iluminação pública e consumidores de diversos.

1.8 Estrutura da dissertação

Este trabalho de dissertação é composto por cinco capítulos, incluindo um capítulo de introdução, e um outro capítulo de conclusões, recomendações, além dos anexos (figura 1.2).

A estrutura dos capítulos para o trabalho de dissertação inclui um diagnóstico do setor elétrico atual do país, onde se descreve a utilização da energia elétrica, além dos usos finais que têm mais impacto na curva de carga, especialmente na área de concessão da CNFL. Com este capítulo pretende-se identificar as oportunidades de conservação de energia, assim como a diminuição ou deslocamento da demanda máxima do sistema. O capítulo 3 descreve o atual programa de substituição de lâmpadas incandescentes por fluorescentes compactas que a CNFL está realizando na zona metropolitana. No capítulo 4, este projeto é avaliado desde as diferentes perspectivas envolvidas, como a dos clientes participantes, das concessionárias e da sociedade. No capítulo 5, discute-se a implicação que terá o projeto no sistema elétrico do país.

1.8 Estrutura da dissertação

Este trabalho de dissertação é composto por cinco capítulos, incluindo um capítulo de introdução, e um outro capítulo de conclusões, recomendações, além dos anexos (figura 1.2).

A estrutura dos capítulos para o trabalho de dissertação inclui um diagnóstico do setor elétrico atual do país, onde se descreve a utilização da energia elétrica, além dos usos finais que têm mais impacto na curva de carga, especialmente na área de concessão da CNFL. Com este capítulo pretende-se identificar as oportunidades de conservação de energia, assim como a diminuição ou deslocamento da demanda máxima do sistema. O capítulo 3 descreve o atual programa de substituição de lâmpadas incandescentes por fluorescentes compactas que a CNFL está realizando na zona metropolitana. No capítulo 4, este projeto é avaliado desde as diferentes perspectivas envolvidas, como a dos clientes participantes, das concessionárias e da sociedade. No capítulo 5, discute-se a implicação que terá o projeto no sistema elétrico do país.

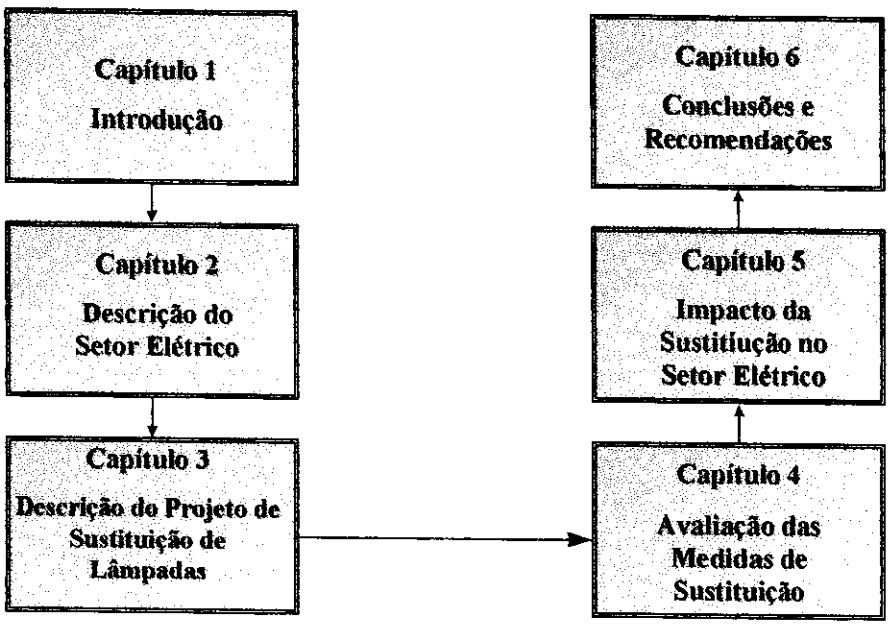


Figura 1.2 Diagrama da estrutura dos capítulos da dissertação.

CAPÍTULO II

CARACTERIZAÇÃO DO SETOR ELÉTRICO DE COSTA RICA

2. 1. Setor Elétrico da Costa Rica

O setor elétrico na Costa Rica é integrado por diferentes atores com funções específicas tais como a regulação, geração, transmissão, distribuição, e comercialização de energia elétrica e definição de políticas.

O Ministério de Ambiente e Energia (MINAE) por meio da Direção Sectorial de Energia (DSE) esta encarregado de planificar e elaborar as políticas relacionadas com os recursos energéticos do país, por meio da elaboração do Plano Nacional de Energia. A entidade reguladora e fiscalizadora do serviço é Serviço Nacional de Eletricidade (SNE), que aprova as tarifas de venda de eletricidade aos consumidores, além da compra de eletricidade por parte do ICE junto aos geradores privados.

As atividades do sub-setor de eletricidade são realizadas pelo Instituto Costarricense de Eletricidad (ICE), e é uma instituição autônoma responsável de produzir, transmitir eletricidade a nível do país e também distribuí-la onde as outras empresas não prestam o serviço. O ICE, têm desenvolvido as principais plantas de geração do país, hidroelétricas e termoelétricas, linhas de transmissão e redes de distribuição. O ICE têm 92% da capacidade de geração instalada do país, além do sistema de transmissão. O ICE é responsável também pela venda de energia elétrica para as outras concessionárias de distribuição. Uma grande parte da distribuição é realizada pela Compañía Nacional de Fuerza e Luz (CNFL), subsidiaria do ICE, que participa na geração em menor grau. Existem mais três empresas municipais e quatro cooperativas

de eletrificação rural as quais dedicam-se à distribuição de eletricidade em regiões urbanas e rurais (Figura 2.1).

Figura 2.1. Organização do Setor Elétrico da Costa Rica.

Na capital e suas vizinhanças a distribuição e o abastecimento de eletricidade é realizado pela Compañía Nacional de Fuerza e Luz (CNFL). A maior parte desta energia é comprada ao ICE para sua distribuição e uma pequena parte é gerada nas suas próprias plantas.

A CNFL é uma sociedade anônima criada em 1941 com a fusão de três empresas privadas. O ICE adquiriu em 1968 a quase totalidade das ações da CNFL, sendo somente 2% os investimentos privados. A CNFL mantém-se como sociedade anônima e autonomia de gestão; embora, seu orçamento, gastos e decisões financeiras estão sujeitas à aprovação da Contraloria General de la Republica (Controlaria Geral da Republica).

A eletricidade produzida na Costa Rica é em sua maioria de origem hídrica, embora utilizem-se também combustíveis derivados do petróleo (diesel e fuel oil) além do bagaço de cana.

O setor público produz quase toda a energia elétrica consumida no país. Existe também uma pequena participação de produtores privados, que no ano de 1992 representou apenas 1,6% da produção nacional. Embora, esta previsto uma participação maior do setor privado no futuro, devido a aprovação de novas leis, que estabelecem a compra de eletricidade aos geradores privados por parte do ICE. Estas empresas estarão autorizadas a produzir eletricidade com projetos que não excedam os 20 MW e no mínimo 65% do capital seja de origem nacional. Também esta estabelecido nesta lei que a capacidade instalada de todos os projetos privados não poderá exceder 15% da potência instalada do sistema elétrico nacional.

A produção de energia elétrica é diferente dependendo do serviço ser público ou privado. No caso do serviço público, a geração de eletricidade de origem térmica foi muito baixa nas últimas décadas representando só 1% no período 1981 a 1989; no ano de 1990 sua participação começou á aumentar até chegar a 14% da geração total no ano de 1992, 86% restantes são de origem hídrica. Por outro lado, com os produtores privados têm acontecido o contrário, com a geração térmica no ano de 1992 representado 83%[1].

2.1. 1 Oferta de Energia

Na oferta de eletricidade existem três etapas diferentes: produção, transmissão e distribuição.

[1] Proyecciones de Demanda de Energía Eléctrica 1995-2015. San José, Costa Rica, Outubro , 1995.

Sistema de Geração

A capacidade instalada de geração no ano de 1995 do Sistema Elétrico Nacional (SEN) foi de 1107 MW, dos quais 1106MW são do sistema nacional interligado. Do total da capacidade instalada, 1027 MW são do ICE, 66 MW pertencem a outras empresas (CNFL, JASEC, ESPH e uma empresa privada) e 13 MW a cooperativas e empresas de geração privadas.

A geração atual de eletricidade procede de varias fontes. Embora a hidroeletricidade produzida pelo ICE é da maior peso dentro do total. Sua participação para o ano de 1994 foi de 68,90%. Na ordem de importância esta a térmica gerada por esta empresa que contribuiu nesse mesmo ano com 17,41%, Em continuação esta a energia geotérmica e a hidroeletricidade de outras empresas (Tabela 2.1).

Tabela 2.1. Geração de eletricidade no Sistema Elétrico Nacional.

Tipo	Energia (MWh)	Porcentagem de Participação (%)
Hidroelétrica ICE	3 250	68,9
Térmica ICE	823	17,4
Geotérmica	342	7,2
Hidroelétrica (outras empresas)	261	5,5
Geração Privada	43	0,9
TOTAL	4 719	100

Fonte: ICE. *Proyecciones de Demanda de Energía Eléctrica 1995-2015.* Outubro, 1995, p.5.

Sistema de Transmissão

O ICE tem desenvolvido um sistema interconectado de transmissão a nível nacional (Sistema Nacional Interligado - SNI), constituído por 537 km de linhas de 230 KV e 422 km á 138 KV. Alem disso, o sistema conta com 10

subestações elevadoras com uma capacidade instalada de 1416 MVA e 21 subestações redutoras com uma capacidade instalada de 1908 MVA. O sistema de transmissão de 230 kV está formado por subsistemas localizados em ambos extremos de Costa Rica, interconectados no centro do país por meio de linhas de transmissão de 138 kV.

Sistema de Distribuição

A distribuição de eletricidade está a cargo do ICE e outras sete empresas: a Compañía Nacional de Fuerza e Luz (CNFL), a Empresa de Servicios Públicos de Heredia (ESPH), a Junta Administrativa de Servicios Elétricos de Cartago (JASEC), Coopeguanacaste, Coopelesca, Coopealfaro Ruiz e Coopesantos. Destas sete empresas, as três primeiras são estatais e as outras quatro são cooperativas privadas.

O sistema de distribuição metropolitano da CNFL trabalha na sua maioria com tensões da 34,5 kV. Mas o antigo centro urbano existem áreas que trabalham ainda com tensões de 13,8 e 4,16 kV. A CNFL tem previsto converter todo o sistema urbano para 34,5 kV instalando linhas com isolamento a esse nível de tensão e transformadores comutáveis para satisfazer essa mudança.

2.1. 2 Demanda de Energia

Para caracterizar a demanda de energia elétrica é necessário descrever a variação temporal da carga. Na Figura 2.2 observa-se a variação horária da demanda do sistema nacional. A magnitude das demandas máximas determina a capacidade de geração que deverá estar disponível. A área sob a curva representa a energia elétrica a ser suprida no intervalo de tempo determinado.

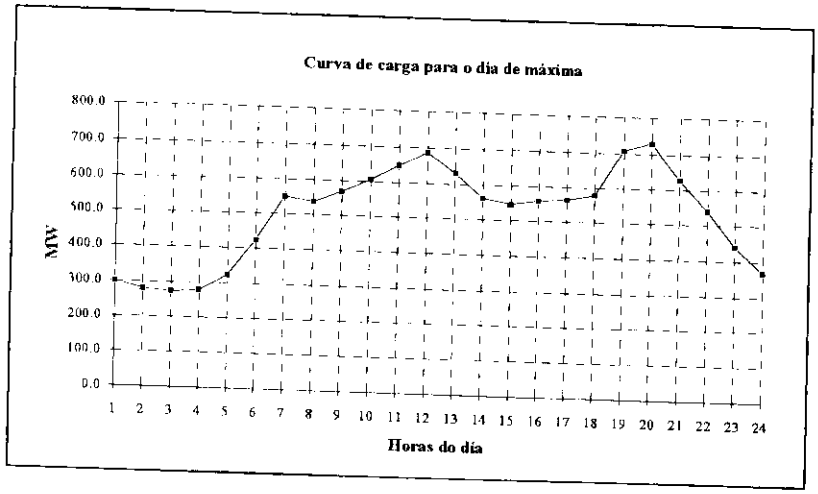


Figura 2.2. Perfil da curva de carga nacional de todos os setores.

Fonte: Compañía Nacional de Fuerza e Luz (CNFL), 1992.

Para atender as variações da demanda é necessária a incorporação de um número diversificado de usinas geradoras de eletricidade. É necessário que as usinas operem quase continuamente para abastecer a carga nas horas base e também são necessárias usinas que funcionem só por algumas horas ao dia ou somente alguns dias ao ano. Para que as linhas de transmissão suportem estas demandas máximas do sistema é necessário que estejam dimensionadas adequadamente para tais demandas.

Grandes variações de demanda levam à manutenção de uma capacidade de geração alta sem uso por longos períodos, a menos que exista um mercado de exportação. É preferível obter uma menor variação na demanda e redução dos períodos durante os quais as plantas geradoras estão fora de serviço; isto melhora o desempenho econômico do setor elétrico e possibilita a redução dos custos.

2.1. 3 Demanda de Potência Pico

No período compreendido entre 1980 e 1994 a demanda máxima de potência cresceu mais de 100%, passando de 410 MW no ano de 1981 a 858 MW em 1992 (figura 2.3), com um crescimento médio anual de 5.4%.

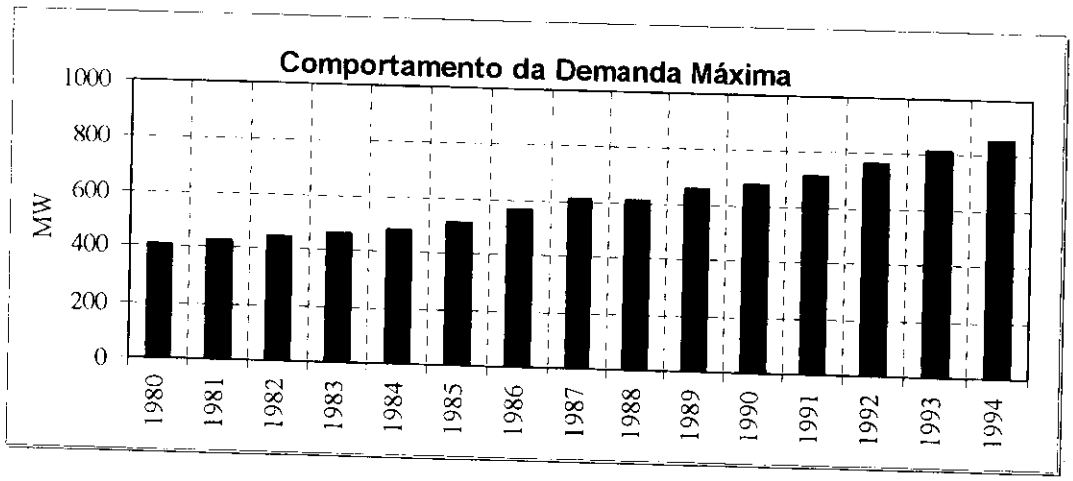


Figura 2.3. Comportamento da demanda máxima para o SNI (1980-1994).
Fonte: ICE. *Problemática da Demanda Nacional de Energia elétrica*, Nov. 1995, p. 22.

O aumento nas necessidades de capacidade instalada no setor elétrico é devida tanto ao *crescimento vertical* da demanda, como ao *crescimento horizontal*. O crescimento horizontal é o aumento da demanda devido à expansão geográfica do sistema elétrico, principalmente pela implementação de fortes programas de eletrificação rural. Estes programas de eletrificação rural tem convertido a Costa Rica em um dos países latino-americanos com maior cobertura do serviço elétrico.

Outro fator de grande importância que afeta a demanda de eletricidade, é o rápido crescimento da aquisição de equipamento elétrico nas residências, o que ocorre nos domicílios que têm acesso à eletricidade. O crescimento da demanda após do ano de 1986 foi baixo comparado com o aumento em porcentagem da

área geográfica eletrificada. Nos últimos anos este crescimento deve-se principalmente ao aumento da densidade de carga em áreas que já estavam eletrificadas, ou seja, um crescimento vertical da demanda (Tabela 2.2).

Tabela 2.2. Grau de eletrificação na Costa Rica e necessidades do aumento do parque gerador.

Ano	Residências eletrificadas (%)	Crescimento anual (%)	Capacidade Instalada (MW)	Crescimento anual (%)
1971	49.2	-	245	-
1976	59.3	4.1	406	13.1
1981	72.9	4.6	597	9.4
1986	84.8	3.3	813	7.2
1990	89.9	1.5	934	3.7
1994	92.5	0.72	1021	2.3

Fonte: Instituto Costarricense de Eletricidade (ICE). ***Grado de eletrificación en Costa Rica.*** *Departamento de tarifas e mercado eléctrico. Janeiro 1994.*

O crescimento vertical rápido na demanda residencial afetam negativamente as concessionárias de geração e distribuição, devido a que contribui diretamente no aumento do pico de demanda, o qual reduz o fator de carga do sistema.

2.1. 4. Tarifas da Eletricidade

De forma geral pode-se distinguir as seguintes categorias de tarifas ou grupos de abastecimento na área da CNFL, segundo o consumo mensal de energia elétrica.

Abastecimento com consumos menores á 3000 kWh por mês

É o abastecimento em baixa tensão e as magnitudes necessárias para faturar o consumo determinam-se com um só medidor de energia ativa por cliente. Estas tarifas são do tipo monômio onde a fatura é unicamente pela energia consumida. No caso do setor residencial tem-se até três blocos o preços distintos da energia. Em todos os casos existe um mínimo de consumo que é de 30 kWh/mês.

Abastecimento com consumos superiores á 3000 kWh por mês

Estes suministros são em alta tensão, tendo também medidores de energia ativa, um indicador da máxima demanda com períodos de integração de 15 minutos.

As tarifas propriamente ditas, estão definidas de acordo ao tipo de consumidor:

- Tarifa T-1: Consumos residenciais.
- Tarifa T-2: Geral, para consumos não residenciais nem industriais.
- Tarifa T-3: Consumos industriais.
- Tarifa T-5: Iluminação pública.
- Tarifa T-6: Especial para consumos mensais maiores que 3000 kWh que estimulam o gerenciamento da demanda.
- Tarifa T-7: Consumos de bombeio da água potável.

- Tarifa T-8: Centros de ensinança, bibliotecas e instituições de beneficência.

- Tarifa T-10: Especial para pequenos comércios, com consumos mensais de até 2000 kWh.

- Tarifa T-11: Especial para pequenas industrias, com consumos mensais de até 2000 kWh.

As tarifas médias pagas para os clientes da CNFL são mostradas na Figura 2.4. Estas foram calculadas como a soma das receitas por energia, demanda e fator térmico divididas pela energia vendida. O fator térmico é um encargo cobrado adicionalmente para recuperar os gastos em que incorre a empresa ao utilizar combustíveis derivados do petróleo na geração[2]. Nesta mesma figura está indicado, para referência, o nível do custo marginal médio de geração, transmissão e distribuição de longo prazo (CMLP G, T & D, 6,2 UScent/kWh), o preço médio recebido pela CNFL (11 UScent/kWh) e a tarifa média paga pela compra de eletricidade ao ICE (9,4 UScent/kWh).

2 Este encargo é atualmente é de 2,1 UScent/kWh sobre o consumo total.

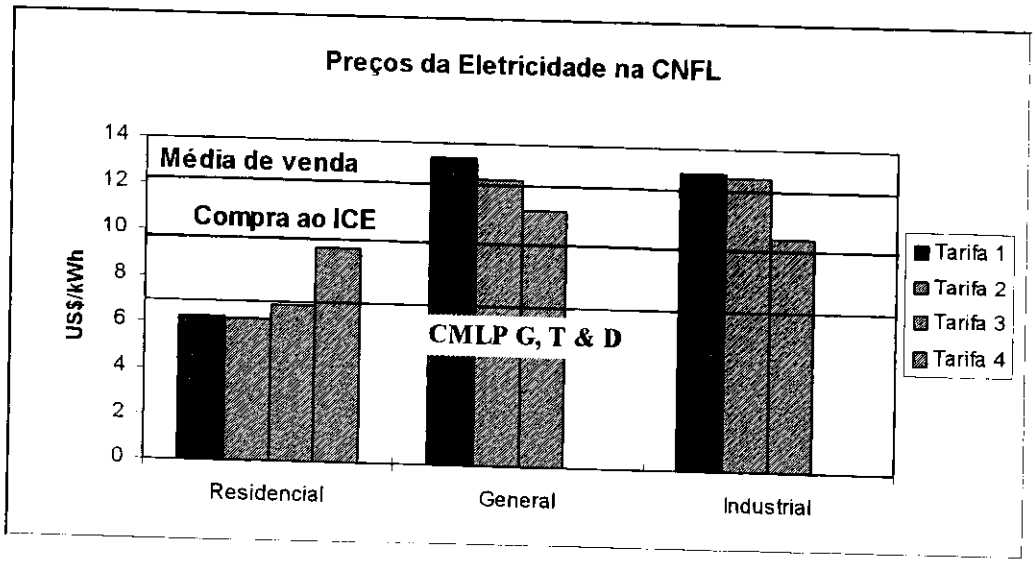


Figura 2.4. Tarifas elétricas médias pagas pelos diferentes setores e blocos de consumo.

Fonte: Compañía Nacional de Fuerza e Luz (CNFL), 1995.

Na figura anterior nota-se que os clientes do setor comercial e parte do setor industrial tem tarifas superiores ao custo marginal total, enquanto que as tarifas para os clientes dos três primeiros estratos pagam tarifas inferiores, o que indica a presença de subsídios cruzados. Em média, o setor residencial paga 7,7 UScent/kWh, o setor comercial US$ 12,0 UScent/kWh e o industrial 9,9 UScent/kWh. No setor residencial não são cobrados os encargos por demanda, como se faz no setor comercial e industrial.

2.1. 5. Custos Marginais da Eletricidade

Os custos marginais de longo prazo é o custo dos investimentos de expansão do sistema elétrico nacional adaptada à demanda prevista para os próximos anos.

Os custos de curto prazo (CCP) da eletricidade refere-se aos custos dos combustíveis e os custos de operação e manutenção do serviço, ou seja, não

incluem os custos de capital das usinas. No caso do custo marginal de longo prazo estes custos devem ser incluídos.

O custo marginal médio de longo prazo da geração é utilizado pelo ICE para comprar energia aos produtores privados. Estes preços são diferenciados pelos períodos de ponta e fora da ponta e segundo as estações climáticas do ano. Apresenta-se na

Tabela 2.4 os preços pagos pela energia e potência alem do custo anualizado da potência para o período de ponta e fora da ponta, o qual é a soma do custo de um kW no período de verão e de inverno.

Tabela 2.3. Custos marginais de geração, utilizados para a compra de energia e potência aos geradores privados.

Período de demanda	Custo da energia (US$/kWh)		Custo da potência equivalente (US$/kW-estação) (3)		Custo anualizado de potência
	Verão	Inverno	Verão	Inverno	US$/kW-ano
Ponta (1)	0,060	0,052	71,3	17,1	88,4
Fora ponta(2)	0,053	0,032	34,6	-	34,6

Fonte: ICE, Tarifas para compra de energia a productores privados, Dezembro de 1994.
(1) A Ponta é o período de 10:00 a 12:30 horas e de 17:30 as 20:00 horas de segunda a sexta.
(2) Fora de ponta são as restantes horas da semana (143 horas)
(3) O montante por potência equivalente é pago uma vez durante todo o período de demanda; no verão o período de ponta é de 800 horas e no inverno de 200 horas.

2. 2 Participação da CNFL no Setor Elétrico

Em continuação estão indicados os valores mais significativos do mercado elétrico á nível nacional comparados com a área de concessão da CNFL no ano 1922 (tabela 2.4).

Tabela 2.4 Participação da CNFL no mercado elétrico

	Nacional	CNFL	%
Usuários	741 000	311 000	42.0
Consumo (GWh)	3649.0	1748.6	47.9
Demanda máxima (MW)	763.2	364.4	47.7

Fonte: OLADE, 1992. Ref. O-1, p 13.

A CNFL cobre uma superfície de 722 km^2 e têm a maior concentração de habitantes do país. Fornece energia para 42% dos usuários do país e abastece 47.9% do consumo nacional energia, representando 47.7% da demanda máxima.

O número de clientes da Compañía Nacional de Fuerza e Luz é de aproximadamente de 311 000 clientes dos quais 87,6 % são residências. O comércio, é a principal atividade na região metropolitana, e está incluído no denominado "setor geral", o qual têm 11,2 % dos clientes da CNFL; o 1,2 % restante inclui clientes da indústria, iluminação pública e diversos consumidores. Em termos de consumo de energia os grupos mencionados representam 47 %, 22 % e 26 % respectivamente.

A área da CNFL de abastece cerca de 1,4% da superfície do país e concentra quase 50% da população e do consumo da Costa Rica.

2.3. Setor Residencial na Área da CNFL

O setor residencial constitui uma parte importante no consumo anual de eletricidade do mercado interno total do país, representando 87.6% do total de clientes da CNFL (tabela 2.5).

Tabela 2.5. Consumo de eletricidade mensal, receitas e clientes por setor.

Setor	Consumo		Receitas	
	MWh	% do total	Milhões de US$	% do total
Residencial	71936	46.9%	3.73	36.5%
Industrial	39144	25.5%	3.32	32.5%
Comercial	33284	21.7%	2.88	28.2%
Outros[1]	8994	5.9%	0.28	2.7%
Total	153358	100.0%	10.21	100.0%

[1] Inclui iluminação pública, instituições públicas e bombeio de água.
Fonte: Herrera A, 1995; Ref. H-2.

O setor residencial contribui com 47% do consumo total da CNFL, mas somente representa o 36% das receitas (Figura 2.5), isto devido aos subsídios para os clientes de menores recursos econômicos através das tarifas elétricas. O 87% dos usuários são deste setor com consumos médios de 262 kWh. Programas de uso eficiente neste setor poderiam ser muito rentáveis para a concessionária, já que a energia economizada poderá ser vendida aos setores que têm preços maiores, o que aumentaria os receitas da empresa.

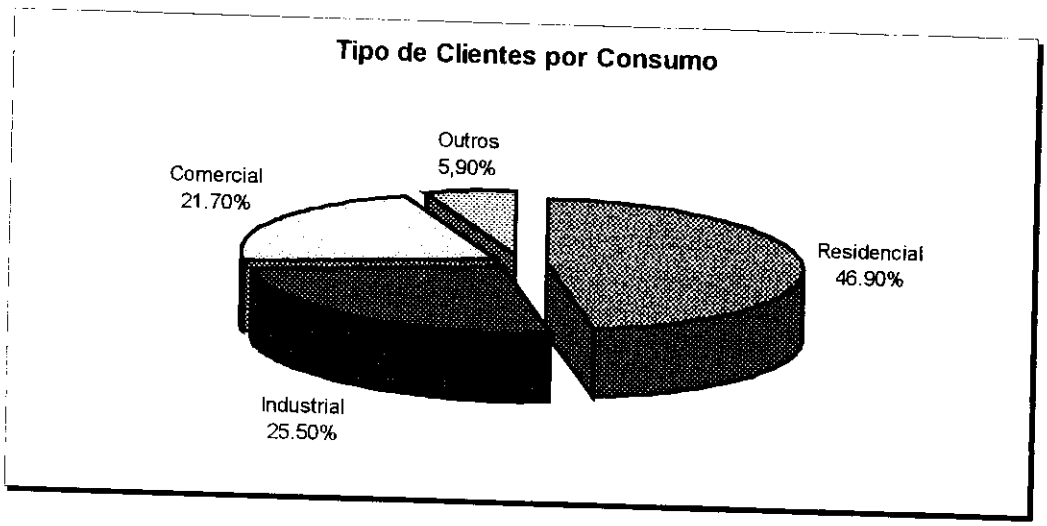


Figura 2.5. Setores de Consumo da CNFL

2.3.1. Demanda de Eletricidade por Níveis de Consumo

O setor residencial está formado por quatro estratos de consumo, a distribuição dos clientes e dos consumos apresenta-se na Tabela 2.6. A cada grupo por estrato é denominado "bloco". Exceto o primeiro estrato, as categorias de consumo estão relacionadas com os estratos do sistema tarifário, o qual incorpora maiores preços nos estratos de maior consumo.

Tabela 2.6. Consumo de eletricidade por níveis de consumo.

Estrato de Consumo (kWh)	Consumo do estrato (MWh/mês)	porcentagem do total (%)	Clientes (total)	porcentagem do total (%)
0 - 150	5762	8	71715	26.9
151 - 250	17287	24	76233	28.6
251 - 400	23770	33	76509	28.7
> 400	25210	35	42255	15.8
Total	72029		266712	

Fonte: Compañía Nacional de Fuerza e Luz (CNFL), 1992.

O número de clientes do bloco 4 representa 16% do total e representam 35% da eletricidade consumida no setor residencial, sendo seu consumo comparável com o bloco 3. O número de clientes do bloco 1 é a quarta parte do total, mas seu consumo eqüivale só 8%. Os usuários do bloco 2 representam 28.6% do total e consomem 24% da energia (Figura 2.6). No estrato 3, ou seja o estrato entre 251-400 kWh/mês, consume 33% da eletricidade e representam 28.7% do porcentagem total. A soma destes dois estratos representa a maior porção de clientes da CNFL no setor residencial e, também representa a maior demanda de eletricidade.

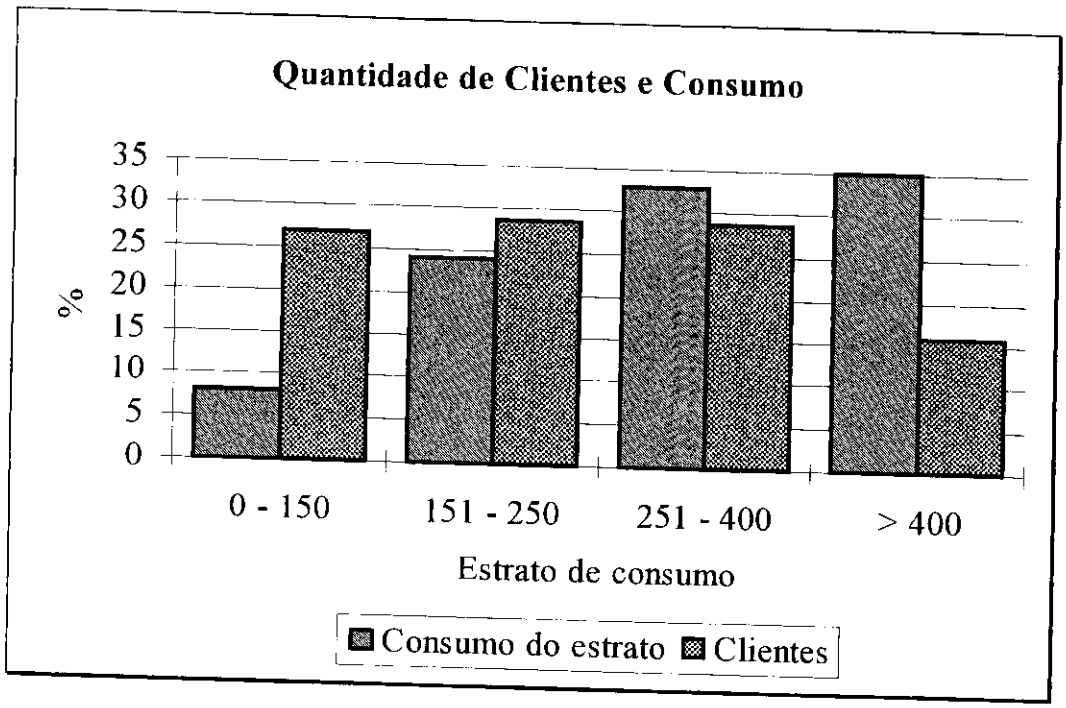


Figura 2.6 Relação entre Quantidade de Clientes por Estrato e Consumo de Eletricidade.

O estrato 4 é um grupo importante na implementação de programas de conservação e gerenciamento da carga, bem que deva-se ter cuidado no interesse de este setor na participação destes programas já que as vezes as despesas em eletricidade para eles não são tão significativas quanto suas receitas totais.

2.3.2. Contribuição dos Usos Finais no Consumo de Eletricidade

A participação dos usos finais no consumo do setor residencial em cada bloco pode ser vista na

Tabela 2.7. Segundo esta tabela os principais usos finais consumidores de energia são a Cocção, iluminação e Refrigeração, sendo o principal a Cocção.

Tabela 2.7. Consumo dos Usos Finais

Participação dos usos finais no consumo do setor residencial					
Uso	**Bloco 1 (%)**	**Bloco 2 (%)**	**Bloco 3 (%)**	**Bloco 4 (%)**	**Setor (%)**
Cocção	19	25	25	24	24
Iluminação	16	21	20	22	20
Refrigeração	24	20	19	14	18
Chuveiros	3	4	4	3	4
Tanque de água quente				10	4
Lavado de roupa	3	5	7	3	5
Passado de roupa	10	5	5	3	5
Televisão	9	3	3	3	3
Outros	16	17	18	18	17

Fonte: OLADE. Cracterización del Comportamiento de la Demanda de Energía Mediante Mediciones y Encuestas. San José, 1992.

A cocção contribui com 24% do consumo no setor, enquanto que a iluminação é responsável por 20% do consumo e a refrigeração com 18%. Os equipamentos incluídos no grupo denominado de outros consume o 17% da energia de todos os setores (Figura 2.7).

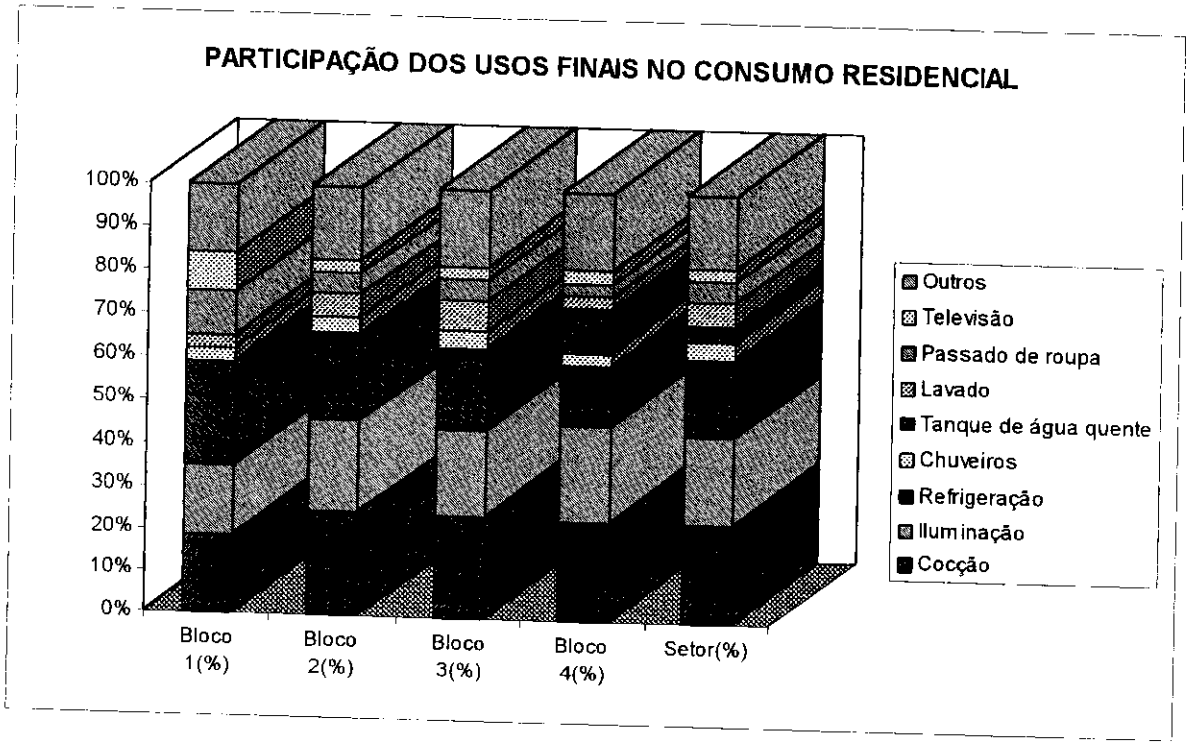


Figura 2.7. Contribuição dos Usos Finais no Consumo de Eletricidade.

2.3.3. Contribuição do Setor Residencial na Demanda Máxima do Sistema

A contribuição dos diferentes setores de consumo na hora pico das 10:00 as 12:00 para o setor residencial é de 51%, no setor geral (comercial) é de 22%, para o setor industrial é de 27% e a iluminação pública representa 0% (Figura 2.8).

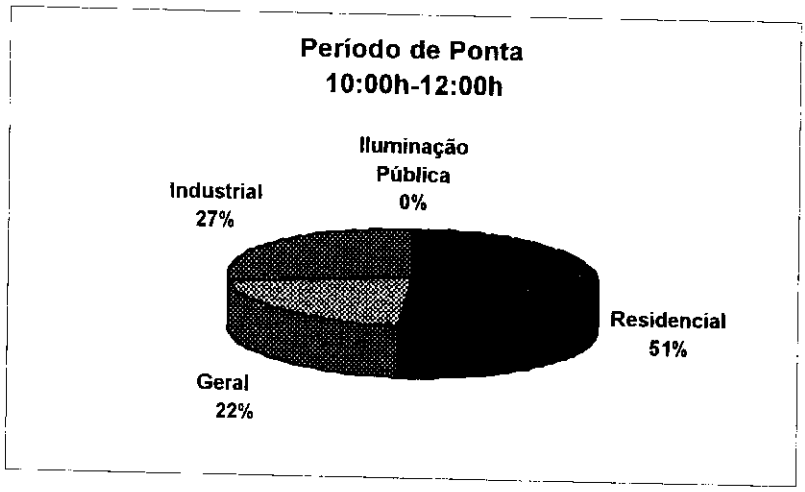


Figura 2.8. Contribuição nas Horas Pico.

Fonte: OLADE, 1992; Ref. O-1.

No pico das 17:00 as 19:30 as porcentagem são 46%, 28%, 24% e 2%, respectivamente (Figura 2.9). Por tanto, o setor residencial é o que contribui mais as demandas máximas do sistema.

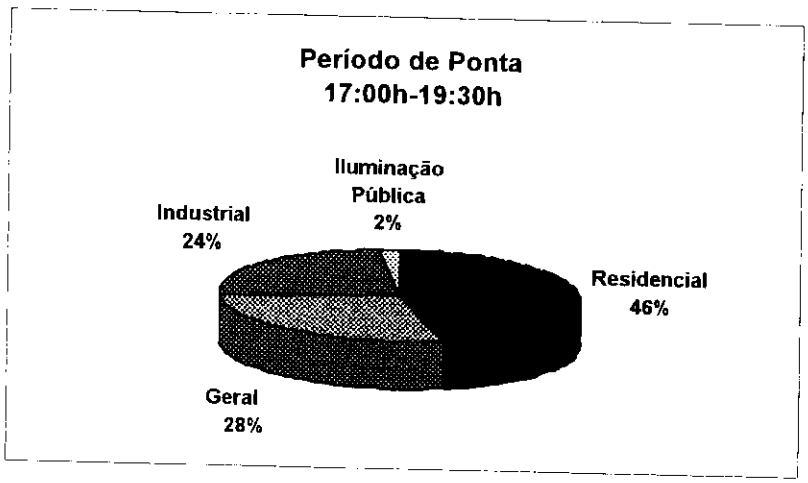


Figura 2.9. Contribuição nas Horas Pico.

Fonte: OLADE, 1992; Ref. O-1

No referente à contribuição dos usos finais no pico das 10:00 até as 12:00 do sistema em cada bloco do setor residencial, a participação da cocção é maior

em todos os estratos. A iluminação representa somente 1% em todos os estratos para esta hora do dia (Tabela 2.8).

Tabela 2.8. Contribuição dos usos Finais nas Horas Ponta.

Responsabilidade nas pontas por uso final Período de Ponta de 10h00-12h00

Uso	Bloco 1 (%)	Bloco 2 (%)	Bloco 3 (%)	Bloco 4 (%)	Setor (%)
Cocção	2	4	7	7	20
Iluminação		1	1	1	3
Refrigeração	1	2	2	2	7
Outros	1	4	8	8	21
Participação total por estrato	4	11	18	18	51

Fonte: OLADE. Cracterización del Comportamiento de la Demanda de Energía Mediante Mediciones y Encuestas. San José, 1992.

Nos estratos de maior consumo nota-se que a participação da cocção é maior no período de ponta da manhã, com 7% de contribuição. A refrigeração é o segundo uso final que participa mais neste período sendo de 2% nos três últimos blocos (figura 2.10).

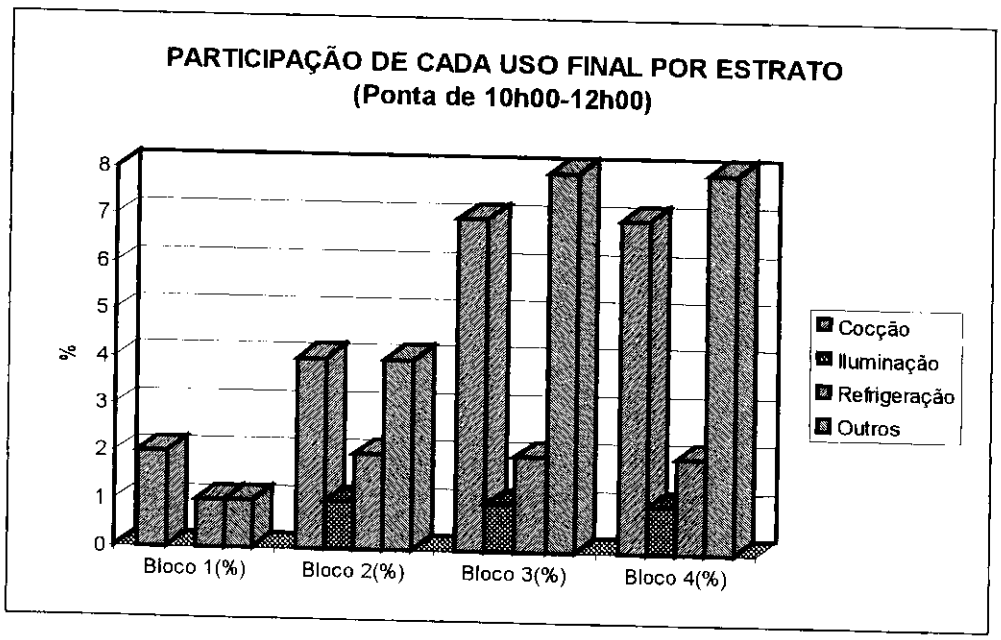


Figura 2.10. Participação dos Usos Finais nos Períodos de Ponta.

Neste período de ponta a iluminação não tem grande influência na demanda máxima, porque a grande maioria das residências aproveita a luz natural para realizar suas tarefas.

Para o período pico das 17:30h as 19:30h o setor residencial participa com 46% e a cocção reduz a sua participação a 12%, enquanto que a iluminação participa com 15%. (Tabela 2.9).

Tabela 2.9. Contribuição dos usos Finais nas Horas Ponta.

Responsabilidade nas pontas por uso final *Período de Ponta de 17h30-19h30*					
Uso	**Bloco 1 (%)**	**Bloco 2 (%)**	**Bloco 3 (%)**	**Bloco 4 (%)**	**Setor (%)**
Cocção	1	3	5	3	12
Iluminação	1	4	6	4	15
Refrigeração		2	3	2	7
Outros	1	3	5	3	12
Participação total por estrato	3	12	19	12	46

Fonte: OLADE. Cracterización del Comportamiento de la Demanda de Energía Mediante Mediciones y Encuestas. San José, 1992.

Na Figura 2.11 é mostrada a contribuição dos usos finais no pico da tarde (17:00h -19:30h) da curva de carga da CNFL desagregados por blocos de consumo.

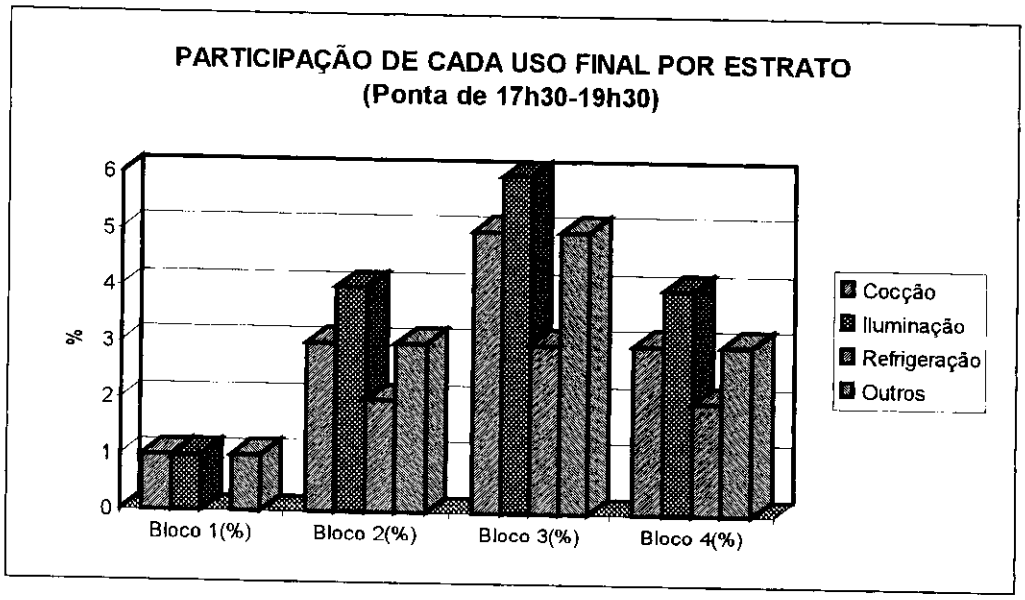


Figura 2.11. Participação dos Usos Finais nos Períodos de Ponta

No pico da tarde os programas de gerenciamento da demanda podem estar enfocados á iluminação residencial, por ter este uso final, maior participação em todos os estratos de consumo, alem da cocção que também constitui uma parcela significativa nesta ponta.

A pesquisa feita pela OLADE (ref. O-1) estabelece que no setor residencial os equipamentos de mais difundidos são os fogões (73%), as geladeiras (83%), lavadoras de roupa (87%) e o ferro de passar roupa (92%). No referente á participação no consumo de energia elétrica deste setor, os fogões representam 24%, os fornos 5%, a iluminação 20% e as geladeiras 18%. Nos períodos de demanda máxima a cocção esta no primeiro lugar com 20% ao meio dia e diminui a 12% na noite. A iluminação contribui com 15% no pico da noite. A figura 2.12 mostra a porcentagem de coincidência da iluminação nas horas da tarde e parte da noite.

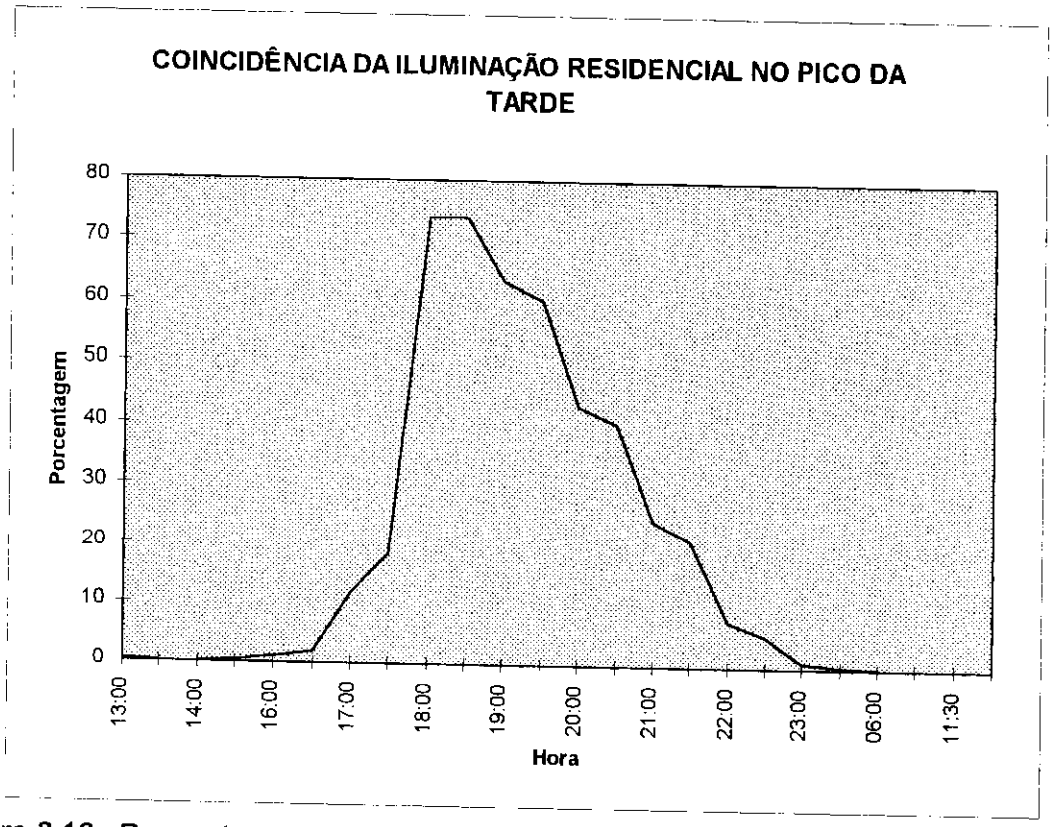


Figura 2.12. Porcentagem de Coincidência da iluminação residencial nas horas de máxima demanda.
Fonte: INDICE S.A. Pesquisa "Habitos de Consumo Eléctico del Setor Residencial". Agosto, 1992.

2.4. Preços dos Equipamentos no Mercado Local

Na capital da Costa Rica, San José, pode-se adquirir uma série de eletrodomésticos como os fogões elétricos, fornos de microondas, geladeiras, tanques elétricos para aquecimento da água, chuveiros, lâmpadas incandescentes e fluorescentes compactas, etc. Os preços ao varejo destes equipamentos estão indicados na

Tabela 2.10.

Tabela 2.10. Preços dos Equipamentos.

Equipamento	Preços Médios US$
Fogões Elétricos	180-700
Fornos de Microondas	215-460
Geladeiras	315-2600
Aquecedores elétricos de água	90-210
Chuveiros	15-80
Tubos Fluorescentes:	
- Compactas	14-25
- Circular	14-17

Fonte: OLADE Ref. O-1

Os custos anuais de operação médios dos equipamentos anteriores como a porcentagem de seu preço de aquisição são os da o e a tarifa média residencial. Tabela 2.11. Estes preços foram calculados com os consumos médios anuais de cada equipamento e a tarifa média residencial.

Tabela 2.11. Custos médios de Operação de Alguns Equipamentos.

	Custos Anuais de Energia Elétrica (% do Preço de Aquisição)
Fogões Elétricos	20
Fornos de Microondas	5
Geladeiras	10
Aquecedores elétricos de água	80
Chuveiros	60
Lâmpadas Incandescentes (1)	400
LFC	10

(1) *Está considerada a compra de uma segunda lâmpada durante o ano já que sua vida útil é só de 1000 horas.*
(2) *Fonte: OLADE, 1992; Ref. O-1.*

Os custos operacionais médios dos equipamentos ao longo de sua vida útil[3] como porcentagem dos preços de aquisição são mostrados na Tabela 2.12.

Tabela 2.12. Custo Operacionais dos Equipamentos.

	Custos de Energia Elétrica Durante a Vida Útil (% do Preço de Aquisição)
Fogões Elétricos	160
Fornos de Microondas	50
Geladeiras	150
Aquecedores elétricos de água	800
Chuveiros	300
Lâmpadas Incandescentes	400
LFC	50

Fonte: OLADE, 1992; Ref. O-1.

Os dados anteriores mostram que o consumo de energia elétrica de alguns dos equipamentos residências ao longo de sua vida útil superam varias vezes o preço de compra destes. É evidente a importância da análise econômica que considere os custos de operação dos equipamentos ao longo de sua vida útil e não somente o investimento inicial, critério comum empregado na tomada de decisões na compra dos eletrodomésticos.

[3] Considera-se unicamente os custos de energia elétrica.

CAPÍTULO III

DESCRIÇÃO DO PROJETO DE SUBSTITUIÇÃO DE LÂMPADAS NA ÁREA METROPOLITANA DE COSTA RICA

3. 1. Introdução

O uso de lâmpadas fluorescentes compactas (LFCs) nas residências é uma medida de economia de energia que produz importantes impactos sobre o consumo energético do setor residencial e contribui de maneira importante na diminuição da demanda máxima requerida pelo sistema. Porem, esta nova tecnologia não é muito usada pelo cliente residencial por varias razões, entre as quais destacam o alto preço das lâmpadas e o pouco conhecimento do público sobre este produto.

As diferentes empresas elétricas do país, com o apoio do Ministério do Ambiente e Energia (MINAE) e da "Comisión Nacional de Conservação de Energia" (CONACE), estão executando diversos projetos piloto para avaliar o uso das LFCs nas residências, e adquirir as experiências que lhes permitam formular um projeto nacional de venda destes equipamentos a clientes residências.

3. 2. Aspectos Técnicos

3.2 .1. A Lâmpada Incandescente

A lâmpada incandescente atual não é senão uma versão melhorada das produzidas há mais de cem anos por Edison. Seu princípio de funcionamento

segue sendo o mais simples de todos. Trata-se promover a circulação de corrente elétrica por um filamento para esquenta-se até torná-se incandescente.

O filamento incandescente produzirá luz desde que não seja consumido por combustão ou por evaporação. Para retardar o tanto quanto possível estes fenômenos, o filamento deve estar dentro de uma cápsula sem oxigênio (ou seja, com vácuo ou gás inerte), e deve ser fabricado com materiais que evaporam lentamente ainda que a altas temperaturas.

Na **Tabela 3.1** podem ser vistas as temperaturas que os filamentos de diferentes lâmpadas comuns projetados para 120 V alcançam :

Tabela 3.1: Temperatura de filamento em lâmpadas incandescentes

Potência (Watts)	Temperatura de filamento (°C)
40	2475
60	2500
100	2575
200	2620
300	2665
500	2670
1000	2765

Fonte: Gutiérrez F. S.. Manual de Iluminación. Holophane S.A, Mexico

As lâmpadas incandescentes atuais, se constroem de acordo com o que se mostra na Figura 3.1. Podem-se distinguir as seguintes partes :

Filamento

Atualmente fabricado com tungstênio, em forma de uma espiral simples ou dupla. O tungstênio, da mesma forma que o carbono, têm um ponto de fusão

muito alto, o que permite leva-lo a altas temperaturas, mas sua evaporação é mais lenta que a do carbono, que além de tudo, permite uma maior duração do filamento.

Base

É fabricado em latão ou alumínio, geralmente com rosca. Permite instalar a lâmpada a algum soquete e assim realizar uma conexão elétrica segura com a fonte elétrica.

Bulbo

O bulbo pode ser transparente, translúcido, colorido ou translucente branco Normalmente fabricado de cristal, mas dependendo do uso da lâmpada podem ser de cristal duro, resistente às variações de temperatura, para altas temperaturas, etc.

O bulbo permite que o filamento permaneça no vácuo ou em atmosfera inerte, evitando a combustão do filamento pela presença de oxigênio.

Atualmente, dentro do bulbo de muitos lâmpadas encontra-se uma atmosfera sem oxigeno e com pequenas quantidades de alguns gases inertes, como o nitrogênio e o argônio. Isto porque a pressão que os gases exercem sobre o filamento de tungstênio têm evaporação retardada, o que permite a operação em temperaturas mais altas com maior duração em lâmpadas de mais potência.

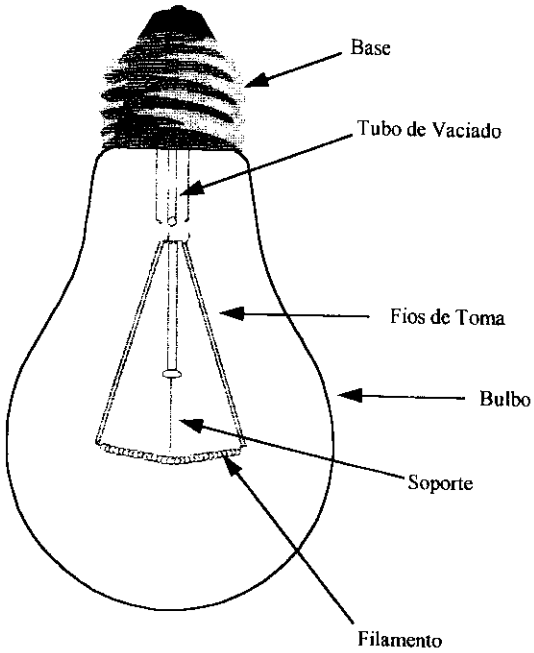


Figura 3.1 Componentes principais de uma lâmpada incandescente.

Tubo de vácuo

Permite, durante a fabricação da lâmpada , a remoção do ar para produzir o vácuo, e a introdução dos gases inertes. Depois disso fecha-se e corta-se de maneira que seja possível a colocação da base.

3.2. 2. A Lâmpada Fluorescente

A lâmpada fluorescente é uma das fontes de luz artificial produzida por descarga elétrica, isto é, pelo estabelecimento de um arco elétrico entre dois terminais denominados eletrodos. Nesta categoria se encontram também as lâmpadas de mercúrio e de sódio, muito usadas em iluminação pública.

Como pode ser visto na Figura 3.2, no caso particular das lâmpadas fluorescentes, esta descarga ou arco elétrico é produzido dentro de um tubo que

contém vapor de mercúrio a baixa pressão. As principais partes da lâmpada fluorescentes são as seguintes :

Tubo

Fabricado em cristal, é fechado em ambos extremos. Sua forma mais comum é de tubo reto, mais atualmente se encontram circulares, em forma de "C", de "U", duplo "D", e nas fluorescentes compactas apresentam se em diferentes tipos de curvas e em tubos duplos interligados para formar um só tubo.

O tubo contém vapor de mercúrio à baixa pressão e algum gás inerte como o argônio, ou então alguma mistura de gases inertes, que facilitam o estabelecimento da descarga elétrica no interior do tubo.

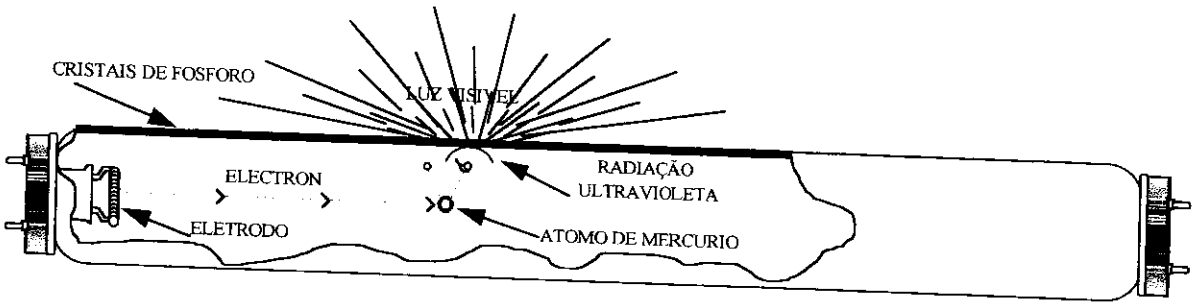


Figura 3.2. Componentes principais de um tubo fluorescente

Eletrodos

Fabricados com fio de tungstênio, recoberto com algum material especial emissor de elétrons, como o bário, ou estrôncio ou óxido de cálcio. A função do eléctrodo neste caso não é de emitir luz por incandescência como na lâmpada incandescente, mas de aquecer o revestimento especial para que ele emita elétrons e forme uma descarga elétrica continua dentro do tubo de um eletrodo ao outro.

Revestimento de fósforo

O tubo é recoberto, na totalidade de suas paredes internas, por compostos de fósforo (pó branco que recobre o tubo). Estes compostos têm a propriedade de excitar-se e produzir luz visível (fluorescência) ao receber radiações de ondas curtas, como as radiações ultravioleta.

A cor e qualidade da luz produzida por fluorescência depende do tipo de compostos de fósforo e das combinações de compostos utilizados em cada tubo, com o que pode-se obter lâmpadas com emissão de luz de cores que vão desde os amarelos, passando pelo branco confortável (warm white), até o branco frio (cool white) e luz do dia (day light).

Base

Permite a fixação e a conexão elétrica da lâmpada. Se o tubo é de partida rápida, do tipo "cátodo quente", cada base têm duas conexões. Se for de partida instantânea, só terá uma conexão em cada extremidade.

3.2.2. 1. Funcionamento

Ao liga-se a lâmpada a uma tensão elétrica adequada, os eletrodos esquentam-se e emitem elétrons, formando-se através do tubo uma descarga de corrente elétrica. Os elétrons deslocam-se a grande velocidade emitidos por um eletrodo e atraídos pelo outro. A direção do fluxo se alterna de acordo com a freqüência da rede elétrica.

Estes elétrons colidem com os átomos de mercúrio presentes dentro do tubo, excitando-os de forma que sejam emitidas radiações, principalmente no ultravioleta invisível ao olho humano. A luz ultravioleta assim produzida é transformada pelos compostos de fósforo em luz visível, e o tubo emite luz por toda sua superfície.

3.2.2. 2. O Reator

O tubo fluorescente descrito anteriormente não pode ligar-se diretamente a uma fonte elétrica mas requer um elemento adicional chamado reator, que têm basicamente dois funções : produzir durante partida da lâmpada uma tensão elétrica elevada que provoca o início da descarga elétrica, e limitar a quantidade de corrente que circulará através do tubo quando a descarga elétrica já se estabeleceu.

Tradicionalmente o reator é constituído por indutores, isto é, por meio de bobinas de condutores elétricos sobre núcleos de ferro laminado ou outro tipo de material ferromagnético. Estes reatores geralmente são pesados e produzem calor, ruído e vibração. Além disto, apresentam um consumo que não é desprezível. Por exemplo, para instalar dois tubos fluorescentes de 122 cm de

comprimento, de 40 Watts cada uma, utiliza-se um reator duplo que consome 16 Watts.

Atualmente produzem-se reatores eletrônicos que cumprem as mesmas funções e que além ser mais eficientes, e leves, não produzem ruído, e duram muito mais.

3.2. 3. A Lâmpada Fluorescente Compacta (LFCs)

São lâmpadas fluorescentes de pequeno tamanho, construídas com base iguais aos das lâmpadas incandescentes para que possam ser substitutos diretos destas. Normalmente, incluem em uma só umidade um tubo fluorescente de pequeno diâmetro, um reator magnético ou eletrônico miniatura, e algumas vezes algum tipo de cobertura ou bulbo externo.

Os tipos e formas de LFCs atualmente à venda são muito variados, assim como o custo, qualidade e especificações técnicas.

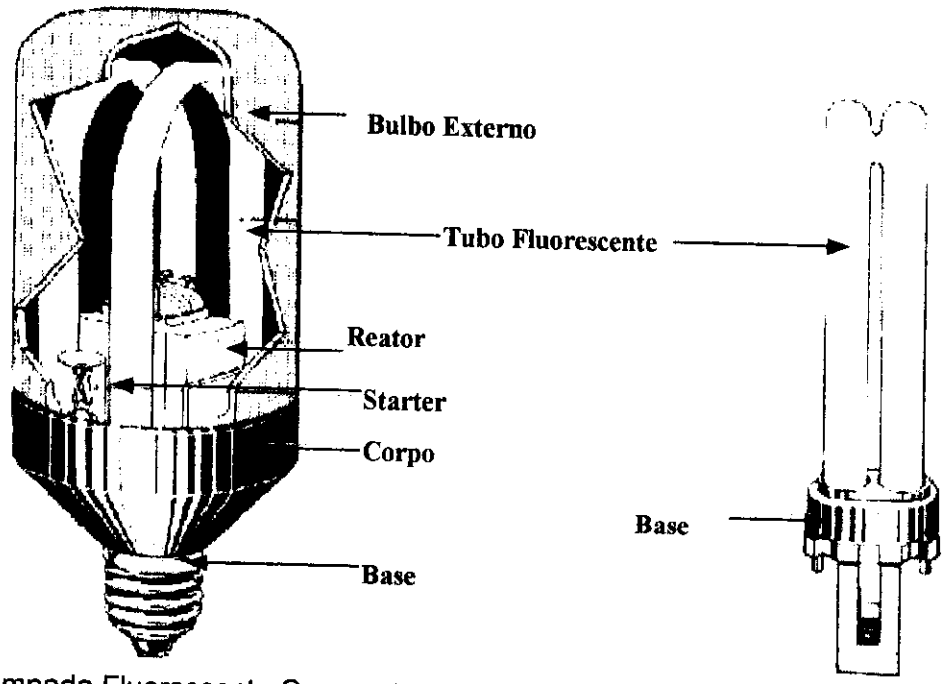


Figura 3.3. Lâmpada Fluorescente Compacta.

3. 3. Experiências em Projetos Pilotos de Substituição em Outros Países

3.3. 1. Experiência no Brasil

No Brasil, tem-se desenvolvido vários programas de troca de lâmpadas incandescentes por fluorescentes compactas. Entre estas trocas pode-se mencionar as realizadas em três cidades de São Paulo, Americana, Franca e Marília. Americana e Marília tem aproximadamente 44 000 clientes residenciais, enquanto Franca tem 65 000. Estas cidades foram escolhidas pela concessionária pelas facilidades operacionais existentes além da sua representatividade com outras cidades na sua área de serviço.

Neste projeto foram escolhidos clientes residenciais elegíveis nas três cidades onde recolheu-se a mesma informação para as campanhas por quatro semanas

antes do inicio do programa em cada cidade. A disseminação da informação continuou ainda depois do programa. O programa teve a escolha de 13 diferentes tipos de lâmpadas apropriadas para trocas das incandescentes regulares de 60 W e 100 W.

A duração da campanha foi prevista para durar um mês (máximo) ou até vender 10 000 lâmpadas. Os resultados mostram o incremento da velocidade das vendas com o nível de desconto, por exemplo, more lâmpadas são vendidas diariamente com altos descontos. Com um nível de descontos de 30%, após 26 dias o programa foi encerrado, alcançando um total de só 5700 lâmpadas. Com um nível de 60%, 11000 lâmpadas foram vendidas em 17 dias. Com um nível de 70%, 10050 lâmpadas foram vendidas em 9 dias.

Um análise da resposta do programa em términos do total de lâmpadas vendidas mostra-se, porcentagem do numero de lâmpadas e os watts das LFCs por residência, e outros dados importantes são apresentados na Tabela 3.2.

Tabela 3.2 Resposta do Programa com diferentes níveis de desconto.

Nível do desconto	**30 %**	**60%**	**70%**
Duração até a venda de 10 000 lâmpadas (dias)	26	17	9
Lâmpadas vendidas	5700	11050	10058
Residências elegíveis (1000s)	44.4	44.1	65.3
Casas Participantes	5%	9%	5%
Numero de lâmpadas/casa	2.5	2.8	2.9
Custo total comprado (com desconto) US$/casa	46.6	30.28	22.9
Custo total comprado (sem desconto) US$/casa	66.55	75.69	76.33
Potência média das LFCs	24.09	23.74	23.38

Fonte: Jannuzzi G. de M. e F. dos Santos V. Costs and benefits of a utility rebate program to promote compact fluorescent lamps in Brazil households. Energy for Sustainable Development. IEI, Março 1996.

Os descontos afetam também o numero de lâmpadas vendidas por casa. Com um subsidio de 70% o limite de 3 lâmpadas por consumidor foram quase alcançados. Observou-se também uma mudança na mistura de produtos comprados para as lâmpadas de preço maior (e maior eficiência). No nível de subsidio três vezes maior, o tipo de lâmpadas mais preferido foram as LFC eletromagnéticas que são mais baratas: uma para trocar a lâmpada incandescente de 60 W e a outra para trocar a de 100 W. Isto indica a influencia do custo da tecnologia na escolhia do consumidor (Jannuzzi G, 1996; Ref. J-1).

A quantidade de energia economizada anualmente em cada cidade é mostrada na tabela 3.3, junto com a potência evitada.

Tabela 3.3. Economia estimada anual do programa.

Cidade	Americana (30%)	Marília (60%)	Franca (70%)
Energia (MWh)	341	605	592
Potência Pico (kW)	202	359	351

Nota: As economias são calculadas assumindo 3 horas de uso da lâmpada e 65% de coincidência com o pico.
Fonte: Jannuzzi G. de M. e F. dos Santos V. Março, 1996; Ref. J-1.

Para a perspectiva do da concessionária todos os programas são efetivos, ainda com um nível de subsidio do 70 %. A Tabela 3.13 mostra os resultados do programa com três anos de implementação.

Tabela 3.4 Custo da energia conservada para iluminação para diferentes níveis desconto.

Cidade	Americana (30%)	Marília (60%)	Franca (70%)
CCE (direto)[1]	0.02	0.05	0.06
CCE (total)[1]	0.05	0.07	0.07
Custo Marginal	0.16	0.16	0.16
Tarifa média	0.08	0.07	0.07

[1]Foi usada para esta avaliação uma taxa de desconto de 12%, que é a usada pela concessionária. A maior tarifa residencial é de US$ 0,09/kWh.
Fonte: Jannuzzi G. de M. e F. dos Santos V. Março, 1996; Ref. J-1.

O custo total do programa por kWh economizados vira mais perto aos custos diretos com altos níveis de desconto nas lâmpadas, devido ao numero maior de lâmpadas vendidas obtido por esses níveis.

Nota-se que o custo de conservar energia (CCE) por cada nível de desconto é menor que o custo marginal de eletricidade para fornecer ao setor residencial[1]. Com níveis de desconto maiores os custos totais do programa aproxima-se ao valor médio da tarifa residencial.

Quando são considerados as perdas das receitas da concessionária, os programas mostram benefícios ainda num nível de subsídios de 70% . A média anual dos benefícios netos alcançados por lâmpada vendida são de US$ 2,22 por o programa com um 30% de nível de desconto e US$ 1,48 com um nível 70% (tabela 3.5).

[1] Média do custo marginal da energia considerado para fornecer os requerimentos de energia para iluminação precisado no setor domestico como de US$ 0,163 por kWh.

Tabela 3.5 Benefício anual neto do programa e níveis de desconto (US$/lamp trocada)

	30%	60%	70%
Custo direto (US$)	3.62	2.23	2.22
Custo total (US$)	2.22	1.54	1.48

Fonte: Jannuzzi G. de M. e F. dos Santos V. Março, 1996; Ref. J-1.

Estes indicadores favoráveis resultam principalmente da brecha existente do custo marginal para abastecer eletricidade para iluminação no setor residencial e a tarifa média. As receitas da concessionária são diferentes para cada cidade devido à estrutura tarifaria diferente no setor residencial. Americana tem uma alta proporção de clientes pagando tarifas altas, e tem uma alta tarifa média.

Nota-se também, que a grande maioria de clientes não tiveram informação prévia sobre as fluorescentes compactas, como é apresentado na Tabela 3.13.

Tabela 3.6 Necessidade de programas de informação.

Cidade	**Americana (30%)**	**Marília (60%)**	**Franca (70%)**
Porção de clientes sem conhecimento prévio sobre as LFCs	71	80	77

Fonte: Jannuzzi G. de M. e F. dos Santos V. Março, 1996; Ref. J-1.

O resultado destes programas indicam que incentivos financeiros como os descontos são componentes essenciais em programas de substituição de lâmpadas, e nestes tipos de programas são efetivos para a concessionária. Também observa-se que as campanhas de informação apresentando a novo tecnologia são importantes para educar ao consumidor residencial.

3.3.2 Experiência Mexicana

O projeto Hermosillo

Em 1990 a cidade de Hermosillo tinha 111 419 clientes residenciais, com uma média de consumo de 286 kWh/mês, uma das maiores do país.

Como primeiro passo neste programa recebeu-se uma doação da Philips de 1500 lâmpadas fluorescentes compactas SL-18 com reator magnético. Após isto, realizou-se um programa de atividades na seguinte ordem:

- Seleção da amostra. Foi feita com uma averiguação preliminar feita por a Divisão de Distribuição do Nordeste, selecionado aqueles usuários com consumos médios bimestrais de 1000 e 2000 kWh, que além disso, tinham as caraterísticas de ter um histórico de consumo de pelo menos um ano. A amostra foi neste caso de 150 clientes.

- Produção de material informativo a serem entregado aos usuários selecionados. Neste caso decidiu-se por o uso de material onde explicava-se o projeto, as lâmpadas e o lugar onde instala-las.

- Formulação de um convênio com o usuário. Neste convênio preparou-se com o objetivo de assegurar um correto uso das lâmpadas, assim como, a medição dos consumos dos clientes.

- Formulação de um convênio de colaboração com o Instituto Tecnológico de Hermosillo, para que os estudantes de Engenharia

Elétrica de essa instituição, visitaram aos usuários para obter a aceitação ao projeto e a posterior instalação das lâmpadas.

Após a aplicação do projeto obtiveram-se as seguintes estimativas das economias obtidas pelos diferentes níveis de consumo dos clientes (Tabela 3.7).

Tabela 3.7 Resumo estatístico das economias considerando estratos de consumo.

Estrato (kWh)	Economia média/dia/usuário (kWh)	Economia médio/dia/usuário ($)	Economia médio/mês/usuário (kWh)	Economia média/mês/usuário ($)
0-200	0.62	52	18.6	1560
201-500	0.83	90	24.9	2700
501-750	0.95	126	28.5	3780
751-1000	0.88	210	26.4	6300
mais de 1000	1.01	387	30.3	11610

Fonte: Blanco A. O. Experiencias mexicanas en projectos de sustituición de focos incandescentes por lámparas fluorescentes compactas en servicios domesticos.

Assim, se um usuário que consome mensalmente (sem LFC) mais de 1000 kWh, diminuiria seu consumo em 30.3 kWh por mês com a LFC, que eqüivaleriam US$ 11610 ao se instalar três lâmpadas fluorescentes compactas. O consumo mensal médio por usuário em Hermosillo é de 286 kWh/mês e o consumo médio é de 25.7 kWh/mês, portanto a economia total poderia ser de 9% ao mês.

Projeto Puebla

A cidade de Puebla tem 240700 clientes residenciais e o consumo médio mensal é de 97 kWh/mês.

O projeto de Puebla teve características similares ao anterior como as descritas a seguir:

- As lâmpadas (um total de 400) foram doadas pela Philips e do tipo SL-18 eletromagnéticas.

- Instalaram-se 3 lâmpadas por cliente.

Mas houve importantes variações com relação ao projeto de Hermosillo:

- Os usuários tinham consumos menores (menos de 100 kWh/mês) e de baixos recursos econômicos. O total de clientes foi de 136.

- As atividades de visita e instalação aos clientes foram realizadas por trabalhadores e não por estudantes.

- Dentro do convênio, os usuários concordaram em manter os horários e a intensidade de uso dos equipamentos.

Com medições feitas de consumo observou-se reduções médias por usuário de até 20 kWh\mês, o seja 10% em média para os 136 clientes escolhidos. Esta redução significou uma economia mensal média de 14.5% da fatura.

Os resultados obtidos nas medições de demanda máxima e de fator de potência, mostram uma redução de até 29% de demanda máxima sendo sua redução agregada de 17% (de 67.8 a 56.6 kW) e o fator de potência teve reduções de 3.4%.

Projeto Queretaro

A zona de Queretaro tem 129706 clientes e o consumo mensal dos usuários é de 98 kWh/mês. Instalaram-se um total de 500 lâmpadas do fabricante Osram do tipo Dulux-S de 9 W eletromagnéticas. Nesta localidade instalaram-se 5 lâmpadas por usuário com consumos acima dos 400 kWh/mês.

Para a análise dos resultados, foram feitas duas classes de medições, nos transformadores e medições individuais para cada casa. Nas medições aos transformadores tem-se economias de consumo de 15.8%, com 11.9 kWh, 9% em kW e sem modificações no fator de potência.

A nível de usuário as reduções médias de consumo foram de 13.6 kWh. O fator de potência não modificou-se.

Averiguações feitas nos usuários mostram que 40% deles crêem que as lâmpadas oferecidas apresentavam uma baixa luminosidade, assim como, interferência no funcionamento dos equipamentos eletrônicos.

A análise comparativa dos três projetos é mostra na Tabela 3.8.

Tabela 3.8 Análise comparativo dos três projetos pilotos de doação.

Projeto\Caraterísticas	Hermosillo	Puebla	Queretaro
# lâmpadas	3	3	5
Tipo de lâmpada	Eletromagnética SL-18W	Eletromagnética SL-18W	Eletromagnética Dulux-9W
Clima	Confortável seco	Temperado	Temperado
# usuários	139	136	100
Nível socio-econômico.	Médio	Baixo	Alto
Consumo médio kWh\mês	1000	90	200
Período de proba	Anual	Três bimestres	Três bimestres
Redução de demanda por usuário média	161 W*	17.0%**	9%**
Redução em consumo kWh por usuário média	3-10%	10.0%	11.9%

** Estimado a nível de usuário por potência substituída.*
*** Medido dos Transformadores.*
Fonte: Blanco A.; Ref. B-2.

3.3.3 Experiência dos Estados Unidos

Nos Estados Unidos um projeto que há tido uma boa repercussão e gerenciado por o governo é o chamado "Green Lights Programs" do Departamento de Proteção Ambiental (Enviromental Protection Acency). Este programa também reúne as concessionárias de energia elétrica, os fabricantes, grandes industrias, consultores em iluminação e manutenção de iluminação, oferecendo todo suporte técnico e operacional, com assessoria e recursos privados para financiamento de projetos a médio prazo.

Empresas como a General Electric, Cooper Ligthing, Motorola, Thomas Ligthing, Gentyle Group e outras empresas mais, lançam ao mercado produtos de última geração tanto em lâmpadas como luminárias.

As empresas líderes de energia elétrica nos Estados Unidos participam nos programas de melhoria da eficiência através de programas denominados "rebates" , que são uma espécie de incentivos promocionais para os clientes.

Assim, por exemplo, a Pacific Gas & Energy, da Califórnia entregou "rebates" de US$ 20 usuários por ponto de luz mista trocada por LFC. Neste programa incluíram-se lâmpadas de 5, 7, 9 e 13 W; lâmpadas fluorescentes de maior eficiência; reatores eletrônicos; refletores ópticos em luminárias fluorescentes; redutores de potência em lâmpadas fluorescentes e sinalização de emergência[2].

Também pode-se mencionar o exemplo de Pittsburgh, Estado de Pensilvania, onde a municipalidade junto com a concessionária local (Duquesne Light Company) efetivou em 1990 a substituição em 1500 km de ruas e avenidas que usavam lâmpadas a vapor de mercúrio de 175 e 400 W, por 31 500 lâmpadas anti-ofuscantes tipo integrada, com vapor de sódio de 100 a 200 W.

A economia de energia elétrica resultante de esse programa está na ordem de 12 GWh e 1,3 milhões de dólares por ano (0,08 US$/kWh), com retorno do investimento de 5 anos e com um nível médio no aumento da iluminação do 40%.

3.3.4 Experiências Anteriores na Costa Rica

Antecedentes:

Após um período de estudo e planificação no campo da conservação da energia elétrica, a CNFL iniciou o projeto de substituição de lâmpadas incandescentes por lâmpadas fluorescentes compactas no setor residencial, com o objetivo de

[2] Barros T. Panorama da Iluminação no Mercado Norte-americano. In Revista: Iluminação-Brasil, No 31, p 15-17. São Paulo, 1991

impulsionar nos seus clientes o uso eficiente da energia elétrica para iluminação.

O projeto esta divido em cinco etapas, das quais tem-se executado quatro. A segunda etapa foi desenvolvida em 64 residências de clientes localizados numa zona chamada Cuatro Reinas e numa outra de nome Hatillo; as quais estão ligadas num só transformador de distribuição. Foram instaladas na sua totalidade 282 lâmpadas fluorescentes compactas.

O objetivo deste projeto foi o de conhecer a opinião dos clientes da CNFL sobre as LFCs que foram instaladas nas suas residências e determinar a possibilidade de troca-las quando fosse necessário.

Metodologia utilizada para a pesquisa de campo:

A pesquisa de campo foi de tipo pessoal e com questionário de 7 perguntas.

A amostra selecionada foi de 50%, mas por diferentes dificuldades só foi possível entrevistar 48% em Hatillo (11 pesquisas) e 25% em Cuatro Reinas (16 pesquisas); ambas representam 31% da população total.

A pesquisa foi realizada nas residências das pessoas selecionadas, e também verificou-se o estado e uso das lâmpadas.

Análises dos Resultados:

1. 78% das pessoas entrevistadas consideram que a quantidade de luz que emitem as LFCs é normal. 11% dizem que ela é baixa e o outros 11% que é alta.

Com estes dados considera-se que é do agrado das pessoas a quantidade de luz emitida pelas lâmpadas.

2. 56% dos entrevistados consideram que no princípio sentiu-se uma diminuição no consumo de eletricidade como produto da substituição de lâmpadas incandescentes por LFCs. Embora, dado o aumento nas tarifas, não perceberam a economia de dinheiro. 33% manifestaram que não tem sentido uma diminuição no consumo de eletricidade, mas do contrário, o montante da fatura é igual ou mais alto que antes. 11% não saberam responder porque não tem controle do consumo.

3. Das 281 LFCs instaladas, três (5) quebraram. De estas unicamente uma (1) foi substituída mediante compra por parte do cliente.

4. O tempo aproximado das lâmpadas que quebraram foi de 3 a 12 meses.

5. 100% dos entrevistados comprariam lâmpadas para substituir as atuais ao final da sua vida útil. O 52% as compraria pela economia que oferecem; 41% porque gostam do tipo de luz , que elas proporcionam e porque acham que tem bom nível de iluminação e, 7% dependem das possibilidades econômicas que tenham no momento de comprá-las.

6. No referente ao preço das LFCs 14% estimam que oscila entre US$ 0,50 e US$ 5,00; 30% entre US$ 5,00 e US$ 10,00; 30% entre US$ 10,00 e US$ 15,00 e 26% consideram que o preço é superior aos US$ 15,00.

7. 96% dos entrevistados recomendariam aos familiares ou aos amigos a utilização das lâmpadas; isto porque consideram que economizam energia, pelo tipo de luz que emitem e por sua durabilidade.

4% não as recomendam porque consideram que o mais utilizado é a fluorescente comum.

Conclusões:

- É preciso implementar campanhas de comunicação para informar aos clientes sobre a eficiência das LFC, e da economia de energia e de dinheiro que elas produzem. Isto não quer dizer que as LFCs vão diminuir o consumo total de energia elétrica, já que também depende de outros fatores que influem no consumo (fogão, refrigeração, aquecimento da água, etc.)

- As características mais importantes das lâmpadas que os clientes ressaltaram são: a quantidade e o tipo de luz que é emitida, sua durabilidade e o fato que permitem economizar energia.

- Em concordância com o anterior, as pessoas tem um bom conceito das LFCs e sentem-se a gosto utilizando as LFCs.

- Um outro aspecto que é importante considerar nos resultados da pesquisa, é que as pessoas não tem conhecimento do verdadeiro preço das lâmpadas e é essa a principal barreira na compra das LFCs.

3.3 Descrição do Projeto de Substituição de Lâmpadas

3.3.1 Antecedentes

Para cumprir com o estabelecido no Programa Integral de Conservação de Energia 1996, impulsionado pelo **MINAE** através da Comissão Nacional de Conservação de Energia (**CONACE**), a Compañía Nacional de Fuerza e Luz (CNFL) adquiriu, com fundos do Instituto Costarricense de Eletricidade (ICE), 375 mil LFCs que serão vendidas aos clientes residenciais de todo o país por todas as empresas elétricas.

A aquisição realizou-se por meio da Concorrência de Ofertas 96-5, resultando vencedor o modelo SLS 20 -RH da Philips. Esta lâmpada fluorescente de grande qualidade e pequenas dimensões consome somente 20 Watts e produz entre 1000 e 1200 lúmens com reator, sendo equivalente a uma lâmpada incandescente de 60 ou 75 Watts.

Nesta seção discute-se a distribuição das lâmpadas entre as diferentes empresas elétricas e as condições em que devem se vender as lâmpadas aos clientes da CNFL.

3.3.2 Objetivo do Projeto

O objetivo do Projeto de Substituição de lâmpadas incandescentes por fluorescentes compactas é de fornecer aos clientes residências iluminação eficiente para diminuir seu consumo de Energia e seu impacto na demanda máxima, além de estimular o mercado de LFCs na Costa Rica.

3.3.3 Campanha de Informação

A CNFL desenvolverá uma campanha de promoção e informação para estimular a venda das lâmpadas. Esta será o complemento que o ICE está realizando em todo território nacional . Na CNFL essa campanha está a cargo do Escritório de Relações Públicas e conta com o apoio técnico do programa de Conservação da Energia. Começou a ser desenvolvida a partir de 11 de Novembro de 1996 e utilizará basicamente a imprensa escrita, rádio, panfletos, etc.

3.4 Comparação entre lâmpadas incandescentes e LFCs

O objetivo das LFCs é de servir de substituto direto das lâmpadas incandescentes, sem uma instalação especial e sem efetuar modificações nas instalações e luminárias existentes em residências, hotéis, etc.

Do ponto de vista energético, as lâmpadas incandescentes são muito ineficientes, porque cerca de 80 % da energia elétrica que consomem transforma se em calor diretamente.

A seguir são apresentadas as economias que se pode esperar com a substituição de lâmpadas com LFCs, e se faz uma comparação de vantagens e desvantagens entre ambas as tecnologias.

3.4.1 Iluminação

Como se explicou anteriormente, a LFC escolhida, de 20 Watts, produz entre 1000 e 1200 lúmens, o que é equivalente a um lâmpada de 60 Watts ou 75 Watts.

A distribuição da radiação luminosa é diferente no caso da lâmpada incandescente e fluorescente compacta, sendo que a iluminação sobre uma superfície de trabalho colocada diretamente abaixo da lâmpada pode variar com o uso da LFC.

A razão é que na lâmpada incandescente a luz procede de um ponto (o filamento) e irradia-se de forma aproximadamente igual em todas as direções. Por outro lado, na LFC, a luz é produzida por um tubo, pelo que há mais intensidade luminosa nos lados da LFC.

Se ela for colocada verticalmente, grande quantidade de luz será dirigida para os lados, observando-se uma pequena diminuição na iluminação que têm-se no plano sob a lâmpada e nos lados pode-se notar um aumento da iluminação.

Se a habitação iluminada têm paredes claras, este efeito é mais bem positivo, já que a iluminação é melhor distribuída e produz menos sombras que a lâmpada incandescente. Em lugares abertos, o efeito é a obtenção de uma maior área iluminada.

As LFCs que foram adquiridas para este programa têm uma cor confortável e que se assemelham bastante a cor de uma lâmpada incandescente, para evitar variações bruscas na iluminação dos aposentos.

3.4.2 **Economia de energia**

O consumo da LFC, portanto, a economia de energia, vai depender da potência da lâmpada substituída, e das horas diárias que a lâmpada vai ser usada.

Em primeiro lugar é conveniente que a LFC seja usada para substituir as lâmpadas de maior potência usadas numa casa, e aquelas utilizadas mais horas por dia.

Embora a LFC de 20 Watts produza menor iluminação que um lâmpada de 100 Watts , em muitos casos a iluminação da LFC resulta mais que suficiente para lograr a iluminação adequada. Isto é especialmente certo em corredores, garagens e jardins, onde seja necessária iluminação por questões de segurança, e não para realizar trabalhos especiais. Por tanto, é recomendável a substituição das lâmpadas de 75 e 60 Watts mais usadas numa residência.

É evidente que as lâmpadas deixadas acesas a noite toda (de 10 a 12 horas diárias) por motivos de segurança em garagens, corredores, jardins, áreas de passagem, etc., são os primeiros candidatos à substituição.

Outras bons candidatas para serem trocadas são as lâmpadas das cozinhas, salas de estar, de jantar, e alguns corredores das residências, onde elas são utilizadas de quatro a cinco horas por dia.

Em geral não é recomendável trocar lâmpadas de baixa potência (25 ou 40 Watts), nem as lâmpadas utilizadas apenas por três horas ou menos ao dia, ou somente em ocasiões especiais, já que seu impacto sobre o consumo individual e, portanto, sobre o consumo total do sistema vai ser desprezível.

Tabela 3.9 Economia de energia por substituição de lâmpadas em kWh por mês*

Lâmpada substituída (em Watts)	Economia (em Watts**)	4 hs por dia	5 hs por dia	10 hs por dia	12 hs por dia
60	40	4,8	6,0	12,0	14,4
75	55	6,6	8,25	16,5	19,8
100	80	9,6	12,0	24,0	28,8

**Exemplo ilustrativo das economias para o cliente.*
***Fator de diversidade na ponta não incluído.*

Na Tabela 3.9 indicam-se as economias de energia mensais que o cliente poderia obter em kWh/mês pela substituição de lâmpadas de 60, 75 e 100 Watts, dependendo das horas de uso da lâmpada trocada.

3.4.3 Economia para o cliente

A economia mensal que cada cliente vai lograr em sua fatura elétrica depende da troca de lâmpada que realize e da tarifa paga pela energia. As economias em dinheiro depende de quanto está pagando o cliente pelos kWh que vai economizar.

Considerando o custo da energia, o fator térmico, o imposto e a iluminação pública, o custo do kWh mensal em cada bloco seguido a tarifa vigente é a seguinte :

Bloco 1 (Até 30 Kwh/mês)	:	US$ 0,042/kWh
Bloco 2 (de 31 até 250 Kwh/mês)	:	US$ 0,042/kWh
Bloco 3 (de 250 até 400 Kwh/mês)	:	US$ 0,075/kWh
Bloco 4 (mais de 400 Kwh/mês)	:	US$ 0,120/kWh

Dependendo do bloco de consumo em que o cliente esteja, pode-se calcular as economias em dólares que o cliente poderia obter . Estas quantidades apresentam-se nas Tabela 3.10, Tabela 3.1 e Tabela **3.13** a seguir. A economia começa a ter significado, em todos os casos, quando substitui-se lâmpadas utilizadas 5 ou mais horas ao dia, e é maior se a lâmpada substituída for de maior potência. Além disso, nos blocos de maior consumo o montante da economia é maior.

Tabela 3.10. Economia mensal em dólares por substituição de lâmpadas para clientes do Bloco 2.

Lâmpada substituída (em Watts)	4 hs por dia	5 hs por dia	10 hs por dia	12 hs por dia
60	0.20	0.25	0.50	0.60
75	0.28	0.35	0.69	0.83
100	0.40	0.50	1.01	1.21

Tabela 3.11. Economia mensal em dólares por substituição de lâmpadas para clientes do Bloco 3.

Lâmpada substituída (em Watts)	4 hs por dia	5 hs por dia	10 hs por dia	12 hs por dia
60	0.36	0.45	0.90	1.08
75	0.50	0.62	1.24	1.49
100	0.72	0.90	1.80	2.16

Tabela 3.12 Economia mensal em dólares por substituição de lâmpadas para clientes do Bloco 4

Lâmpada substituída (em Watts)	4 hs por dia	5 hs por dia	10 hs por dia	12 hs por dia
60	0.58	0.72	1.44	1.73
75	0.79	0.99	1.98	2.38
100	1.15	1.44	2.88	3.46

Vai se explicar mais adiante o pagamento mensal que cada cliente terá na sua fatura por cada LFC que compre e que será no máximo US$ 0,96 por mês. Em alguns casos, devido à acumulação de pontos por economia, que também se explicará mais adiante, o pagamento mensal da lâmpada pode ser menor.

Obviamente as LFCs trazem outros benefícios ao cliente, e ao longo da vida útil das LFCs todos os clientes vão ganhar economicamente com as lâmpadas.
Outro aspecto importante é que a fatura elétrica varia muito de um mês para outro, porque os consumos dependem de fatores familiares, climáticos, escolares, etc. portanto, o cliente pode experimentar inclusive aumentos após a instalação das LFCs.

INSTITUTO DE ELETROTÉCNICA E ENERGIA USP
BIBLIOTECA

A iluminação representa em média 20 % do consumo total de uma família média, enquanto que a cocção de alimentos um 30 % e a refrigeração um 18 %. É evidente que uma mudança nos hábitos de cocção de alimentos, uma geladeira em mau estado, ou o incremento no uso de água quente vão dar efeitos negativos na diminuição da fatura esperada com o uso das LFCs.

Outro aspecto a considerar é o aumento das tarifas. Quando estas aumentam, a fatura vai aumentar ainda que o consumo seja o mesmo. Mas deve-se considerar que o valor pago seria maior sem a utilização das LFCs.

3.4.4 Vida útil média

Uma das maiores vantagens das LFCs sobre as lâmpadas incandescentes é a vida média. Quando se fala de equipamento de iluminação define-se a sua vida *média* como a quantidade de horas que transcorrem até que a metade de um grupo de luminárias falhe. Isto quer dizer que algumas lâmpadas não vão durar a quantidade estipulada como vida *média*, e que outras vão ultrapassar esta expectativa de vida.

A vida *média* de uma lâmpada incandescente oscila entre 900 e 1000 horas de uso, enquanto que a vida *média* de uma LFC é de dez mil horas de uso, isto é, umas dez vezes a mais[3].

Isto quer dizer que o cliente que adquire uma LFC está economizando, além da energia, a compra de dez (10) lâmpadas incandescentes, o que significa, no término da vida útil da LFC, uma economia de aproximadamente US$ 5 adicionais.

---

[3] Francisco Gutiérrez Santos, Manual de Iluminación. e Philips do Brasil.

Geralmente o termo "horas de uso" não têm muito significado para o cliente, e convém dá-lo em termos de anos e meses. Isto se faz na Tabela 3.6. Os valores desta tabela são aproximados, já que a vida de uma LFC ou de uma lâmpada incandescente depende de outros fatores como variações de tensão, quantidade de vezes que são acesas, condições de temperatura e instalação e outros. Apesar disso a Tabela 3.13 dá uma boa idéia da duração relativa de ambas lâmpadas .

Tabela 3.13. Duração média de lâmpadas e LFCs

Uso diário	**4 hs por dia**	**5 hs por dia**	**10 hs por dia**	**12 hs por dia**
Lâmpada incandescente	quase 9 meses	6 meses e meio	3 meses e meio	menos de 3 meses
LFCs	6 anos e 10 meses	5 anos e meio	2 anos e 9 meses	2 anos e 4 meses

3.4.5 **Partida das LFCs**

As lâmpadas incandescentes têm partida instantânea, e a quantidade máxima de luz emitida é alcançada também quase de imediato.

As LFCs por sua parte, devido a seu reator eletrônico incorporado têm um partida instantânea, mas a intensidade nominal da luz que emitem não se alcança de imediato. Geralmente, embora a LFC tenha partida instantânea, passam-se cerca de 30 segundos até que seja alcançando o fluxo luminoso esperado.

3.4.6 **Instalação das LFCs**

As LFCs podem substituir diretamente as lâmpadas incandescentes, sem nenhuma instalação especial, já que podem ser adquiridas com rosca padrão (2.54 cm de diâmetro tipo E 26). O tamanho maior que é típico de alguns tipos, e

o peso que representavam os reatores magnéticos, são limitações para que nem sempre possam se utilizar nas residências.

As LFCs adquiridas para este programa têm um reduzido tamanho que permite localizá-las nos lugares das lâmpadas incandescentes, luminárias encravadas, e outra grande quantidade de artefatos e lugares na residência.

Entretanto, existam restrições que devem ser respeitadas para evitar a destruição da LFC ou a redução da sua vida útil. Estas restrições são as seguintes :

- **Dimmers o redutores de luz :** As LFCs comuns não podem ser usadas em aplicações nas quais se têm controle de intensidade luminosa (dimmers), pois estes reduzem a tensão que é aplica à lâmpada. Isto pode causar a destruição do circuito eletrônico pela partida da LFC.

- **Fotocélulas :** A maioria das fotocélulas manejam a lâmpada através de um dispositivo eletrônico que corta ou diminui a tensão aplicada à lâmpada. Também não devem ser usadas LFCs com estes dispositivos.

- **Lugares expostos à chuva :** Embora as LFCs possam instalados em beirais, tetos de garagens, etc., não devem ser usadas em lugares expostos à chuva ou à alta umidade. A LFC não é equipamento para uso ao tempo.

- **Luminárias herméticas :** As LFCs não devem ser utilizadas em luminárias absolutamente fechadas ou herméticas (como as luminárias para intempérie), porque o aumento de calor dentro das mesmas reduz a vida das LFCs.

3.5 Condições de Venda

3.5.1 Disponibilidade no Mercado:

A Lâmpada Fluorescente Compacta têm começado a ocorrer na Costa Rica, especialmente nos comércios de maior projeção. As marcas e modelos são diversos, assim como os preços, mas os principais fornecedores de equipamenteo são Philips, Osram, Sylvania, General Electric e Max Lite. As LFCs mais difundidas apresentam uma diversidade de potências como 7, 9 11 13, 15, 18, 20 e 23 W. No Anexo C está incluído alguns tipos de lâmpadas fluorescentes compactas mais comuns. Ao entrar em vigência a lei sobre Uso Racional da Energia (Lei 7447[4]) e seu regulamento, este produto é exonerado de impostos e espera-se que sua presença no mercado aumente ao incrementar a demanda do produto por parte do público.

3.5.2 Preço das lâmpadas

A proposta deste projeto é de vender a lâmpada ao preço de custo, que é de US$11 cada uma e podem ser parceladas até 12 meses sendo possível rebaixar o montante na fatura d eletricidade.

3.5.3 Prazo de Pagamento

Uma das principais razões pela qual o cliente residencial não utiliza na atualidade lâmpadas eficientes consiste no desembolso inicial que ele deve fazer, dado o preço atual das lâmpadas no mercado; o cliente residencial prefere comprar lâmpadas incandescentes de preço mais baixo, embora tenham um consumo maior e uma menor duração.

---

[4] Ley de Regulación del Uso Racional de la Energía, Gaceta el trece de dezembro 1994.

E por isso que têm-se decidido efetuar a venda das lâmpadas a crédito, para os clientes residências de todo o país, outorgando um prazo de 12 meses. Este prazo será sem juros para o cliente.

O pagamento da lâmpada será efetuado pelo cliente mediante 12 prestações na sua fatura mensal por serviços elétricos, até cancelar o total de sua dívida. Na fatura se identificará este pagamento com um código especial. O montante da dívida dependerá da quantidade de lâmpadas adquiridas menos o valor dos pontos assinados pelo cliente segundo se explica mais adiante.

3.5.4 Quantidade de Lâmpadas por Cliente

As LFCs produzem um economia apreciável no consumo de energia e na demanda de potência unicamente quando se utilizam na substituição de lâmpadas incandescentes usadas durante certa quantidade de horas ao dia. Considerando que as residências dos diferentes estratos sócio-econômicos têm diferentes quantidades de lâmpadas nas quais a substituição têm sentido, devem-se estabelecer limites à quantidade de LFCs que vão-se vender a cada cliente.

Estabelecer estes limites permite também, diminuir a possível revenda que alguns clientes possam fazer das lâmpadas que adquiram com o crédito especial. Também limita o montante da dívida que pode adquirir cada cliente em particular.

Têm-se discutido muito a quantidade de LFCs que se deve vender para cada cliente, especialmente porque as diferentes empresas servem a clientes de características sociais diferentes, e porque há estratos de consumo variados. Em todo o país foi estabelecido um máximo de quatro LFCs por cliente, mas a CNFL têm estabelecido adicionalmente a seguinte restrição :

Tabela 3.14. Quantidade de Lâmpadas Máxima por Estrato.

Consumo Mensal (kWh/mês)	Quantidade Máxima de LFCs	Pagamento Máximo por mês (dólares)
Até 150	2	1,95
Mais de 151	4	3,90

3.5.5 Lugares para a Venda

A Compañía Nacional de Fuerza e Luz põe ao alcance dos clientes as LFCs, levando em conta as facilidades de acesso aos clientes, a segurança e custódia das LFCs, e as facilidades necessárias para efetuar o trâmite de venda e estabelecimento da obrigação do cliente.

Na CNFL, decidiu-se estabelecer para a venda das lâmpadas os seguintes lugares :

- Escritórios Centrais da CNFL
- Sucursais
- Módulos

3.5.6 Pontos por Economia

No programa Integral de Conservação de Energia estabelece-se que as empresas darão aos clientes residências pontos pela diminuição de cada kWh economizado no consumo mensal com respeito ao consumo do mesmo mês do ano anterior.

A cada ponto se lhe dará um valor de US$ 0,02, e este valor rebaixado a cada cliente do saldo pendente pela compra de lâmpadas. A partir de esse momento

recalculara-se o montante do pagamento, e este continuará sendo efetuando até uma data determinada.

3.5.7 Garantia:

A CNFL dará para seus clientes uma garantia de um ano partindo da data de entrega das LFCs ao cliente. Se neste período uma lâmpada falhar, a empresa a trocará por uma nova.

3.6 Procedimento de Venda

Em concordância com o estabelecido anteriormente, o procedimento de venda para os clientes do setor residencial da CNFL , será o seguinte:

- O cliente apresenta-se aos lugares de venda estabelecidos pela empresa para comprar as LFCs, com sua identidade e o último recibo pago de serviços elétricos.

- O funcionário da CNFL informa ao cliente quantas lâmpadas ele têm direito, e o cliente é assessorado sobre quantas deveria comprar, levando em consideração o explicado anteriormente.

- O funcionário da CNFL informa ao cliente se têm pontos atribuídos pela economia, e quanto é que ascende o montante que vai lhe ser acreditado como prêmio devido a estes pontos.

- O funcionário calcula o montante do compromisso, prepara o convênio de pagamento na fatura. Anexo na mesma fatura encontra-se um exemplo do tipo de convênio que deve preencher.

- O cliente firma o convênio autorizando o pagamento e retira suas LFCs, junto com uma folha de informação técnica e de conselhos para a utilização das lâmpadas.

- O funcionário ingressa a transação no sistema de faturamento da concessionária.

CAPÍTULO IV

AVALIAÇÃO ECONÔMICA - FINANCEIRA DAS MEDIDAS DE RACIONALIZAÇÃO

4. 1. Introdução

Na realização de investimentos que visem as melhorias na eficiência do uso racional da energia ou nas medidas de gerenciamento da carga, é preciso determinar se os investimentos têm um balanço custo-benefício positivo. O objetivo da metodologia de avaliação apresentada nesta seção é comparar de forma racional os benefícios e custos do projeto de substituição de lâmpadas incandescentes por lâmpadas fluorescentes compactas.

Um dos principais critérios considerados no processo de substituição de lâmpadas pouco eficientes é a manutenção dos níveis de iluminação já existentes. Para a realização deste objetivo foram utilizadas técnicas de avaliação financeira tradicionais, assim como outras metodologias relacionadas com o uso da iluminação.

Existem vários critérios para determinar a relação custo-benefício deste tipo de projetos, só que eles tendem a ser arbitrários, dependendo do investidor. Isto sucede porque na avaliação destes projetos existem várias perspectivas, por exemplo, o participante, o não participante, a concessionária e a sociedade. Os interesses de cada um destes grupos envolvidos serão analisados nesta seção e a medida de substituição será avaliada considerando os benefícios e custos de cada grupo envolvido.

Este capítulo provê uma revisão das perspectivas mencionadas anteriormente, definindo cada um dos grupos participantes e identificando os respectivos testes de custo-benefício. Analisam-se também os diferentes impactos da medida de substituição desde as diferentes perspectivas e se explica a metodologia utilizada para a avaliação do programa. A eficiência financeira do programa dependerá principalmente da quantidade de investimento adicional, a magnitude da economia de energia, o valor da energia, a vida útil dos investimentos e da taxa de desconto.

Além disso, vão ser comparadas tanto as medidas de gerenciamento na iluminação, como também no uso final da cocção, com aqueles recursos do lado da oferta incluídos nos planos de expansão do ICE. No caso da cocção, serão utilizadas as avaliações de Herrera (Ref. H-3)

4.2 Figuras de Mérito para as Avaliações

4.2. 1 Tempo de Retorno Simples (TRS)

O Tempo de Retorno Simples, calcula o número de períodos requeridos para a recuperação dos recursos dispendidos na implementação de um determinado projeto. Este método é bastante incompleto pois, não considera os valores ou os custos dos recursos no tempo, ignorando também os fluxos após o período de retorno. Não obstante, no estudo é considerado por ser muito utilizado nos processos de avaliação.

$$TRS = \frac{I}{G} \qquad \textbf{Eq. (4.1)}$$

Onde:

I: Investimento inicial.
G: Ganhos anuais (redução nos custos operacionais)

4.2. 2 Custo de Ciclo de Vida (CCV)

O Custo de Ciclo de Vida (Life Cicle Cost) é o figura de mérito que considera todos os custos e benefícios ao longo do tempo associado à vida de um investimento.

$$CCV = I_c + \sum_{n=1}^{N} E_n P_n (1+i)^{-n} + \sum_{n=1}^{N} NEC_n (1+i)^{-n}$$

Eq. (4.2)

onde:

I_c: Capital inicial.
E_n: Energia consumida no período.
P_n: Preço da energia no período.
NEC_n: Custos não energético no período.
I: Taxa de desconto.
N: Vida esperada do equipamento.

4.2. 3 Valor Presente Líquido (VPL)

O Valor Presente Líquido é a soma dos valores de fluxo de caixa de um projeto, equalizados a uma determinada taxa de desconto.

A efetividade de um programa no lado da demanda se sabe quando o valor presente líquido (NPV) é maior que zero, ou seja quando os benefícios (B) ultrapassem os custos (C) num programa (Harry G. Stoll, Ref. H1) [1].

Isto é:

NPV = B-C

Eq. (4.3)

[1] Harry G. Stoll. Least-Cost Electric Utility Planning.

Também pode-se dizer que um programa têm efeito positivo quando a razão benefício-custo (BCR) é maior que um.

Escreve-se:

$$BCR = \frac{B}{C}$$

Eq. (4.4)

A desvantagem deste indicador é o fato de não ter um valor mínimo para o VPL, e sim escolhe-se a alternativa de maior valor.

4.2. 4 Taxa Interna de Retorno (TIR)

Iguala a zero o Valor Presente Líquido de um investimento, igualando os custos e benefícios. O projeto estudado será viável se a TIR for maior ou igual ao custo de oportunidade dos recursos para a implementação, sendo melhor a maior taxa. As empresas em geral tem uma TIR mínima (10% - 15%), sendo os projetos priorizados por este parâmetro.

4.2. 5 Custo da Energia Conservada (CEC)

É o custo anual de se implementar uma medida dividido pela quantia anual de energia (kWh) economizada Serve para comparar projetos de conservação com projetos de geração, especificamente com os níveis tarifários correspondentes. O CEC identifica os investimentos mais eficientes para a sociedade. Os custos dos projetos de suprimento são calculados como custos unitários nivelados ao longo da vida do investimento; sendo então, o CEC calculado como o valor anualizado do Custo de Ciclo de Vida (CCV) dos investimentos em eficiência, divididos pela energia conservada.

$$CCE = \frac{(I \times i) + Q}{E}$$

Eq. 4.5

onde:

I: Investimento inicial, US$.
i: Taxa de recuperação de capital
Q: Incremento de custos anuais de operação e manutenção, US$.
E: Quantia anual de energia conservada, kWh.

O Custo da energia conservada (CEC) obtido pela utilização de equipamento mais eficiente é comparado com o custo marginal do kWh, na perspectiva do setor elétrico, e com as tarifas de eletricidade na perspectiva do consumidor.

4.2. 6 Custo da Capacidade Evitada em Horário de Ponta (CEP)

O Custo da Capacidade Evitada compara os custos unitários de geração e o custo de conservação de uma unidade de potência pelo uso de uma lâmpada eficiente para uma unidade de geração. Este cálculo supõe que as horas de uso das tecnologias consideradas coincidem com as horas de ponta do sistema. O CEP é o valor presente dos investimentos necessários durante todo o tempo de vida, por exemplo, de uma usina hidroelétrica, possuindo a seguinte fórmula:

$$CEP = \frac{VPL(Invest. + \text{var. } do\ custo\ de\ oper.\ e\ mant.)}{Capacidade\ instalada\ Poupada}$$

Eq. 4.6

O CEP indica a atratividade para o setor elétrico quando for inferior ao custo marginal de expansão do sistema.

O CCE e o CEP são calculados para diferentes faixas de incentivos ao preço final do equipamento, podendo estes serem oferecidos pela concessionária para

O CCE e o CEP são calculados para diferentes faixas de incentivos ao preço final do equipamento, podendo estes serem oferecidos pela concessionária para a utilização de equipamento mais eficientes, que reduzam a potência instalada e o consumo de energia elétrica.

Os custos envolvidos compreendem a aquisição da lâmpada, os custos de componentes e equipamentos acessórios, a mão de obra empregada para a instalação, e segundo a sua operação, os gastos com a energia elétrica, podendo-se resumir então da seguinte forma:

$$CT = CI + CE + CMO \qquad \textbf{Eq. (4.7)}$$

onde:

CT: Custo total (de produção do mega-lúmen-hora).
CI: Custos de investimento.
CE: Custos de energia e demanda de potência.
CMO: Custos de mão-de-obra empregada.

O Custo de Investimento considera o Fator de recuperação de capital (FRC), referenciado ao período correspondente à vida útil da lâmpada e às horas de utilização. Por tanto, o custo unitário de cada um dos investimentos será dado por:

$$CI = \frac{\sum I_j \times FRC_j}{S} \qquad \textbf{Eq. (4.8)}$$

Onde S é por sua vez quantia em mega-lúmen-hora produzida no ano:

$$S = P \times Ef_n \times FD \times h \times 365 / 10^6 \qquad \textbf{Eq. (4.9)}$$

onde:

P : Potência da lâmpada utilizada.
Efn : Eficiência nominal da lâmpada.
FD : Fator de depreciação do fluxo luminoso.
h : Horas de uso diárias da lâmpada.

Para fazer os testes de custo-benefício é preciso então definir nos grupos envolvidos nos programas do lado da demanda cada uma das perspectivas econômicas.

O custo de Energia (CE), considera os dispêndios com a demanda de potência da lâmpada, e as perdas nos reatores e equipamentos auxiliares quando, além do consumo de energia. Também considera as tarifas de energia:

$$CE = \frac{(\$E + \$D)}{S}$$

Eq. (4.10)

onde:

$E: Valor do consumo faturado em energia.
$D: Faturamento da demanda de potência correspondente.

O Custo da Mão de Obra empregada (CMO), escreve-se como (Barriga S. L ref. B-2):

$$CMO = \frac{\sum \$H_j \times D_j \times F_j}{S}$$

Eq. (4.11)

Onde:

$H: Valor do serviço em US$/hora.

D: Tempo de duração da atividade (horas).

F: Freqüência anual da atividade.

j : modalidades da atividade.

Nesta análise não foram avaliados os custos de mão de obra empregada por considerar-se que o próprio cliente vai-se encarregar da substituição da lâmpada. Além disso, considera-se que a substituição das lâmpadas são diretas, não sendo necessários equipamentos adicionais para sua instalação.

4. 3. Definição das Perspetivas de Custo-benefício

A análise de custo-benefício geralmente depende de três fatores: primeiro, o nível de consumo de cada cliente; segundo, as características das tarifas tais como a razão de preço na ponta e fora da ponta, o tamanho do período de ponta; e terceiro, o tipo de carga que causa a ponta. Os padrões de uso da eletricidade neste setor e o tipo de equipamentos utilizados, fazem com que o potencial de energia deslocada possa ser importante.

Nas avaliações financeiras foram utilizadas ferramentas tradicionais da engenharia econômica para o "valor do dinheiro" no decorrer do tempo. Estas ferramentas se traduzem em figuras de mérito que avaliam os investimentos realizados num projeto e suas conseqüências ao longo do tempo.

A razão para utilizar os testes de custo-benefício é de quantificar os benefícios e os custos envolvidos num determinado programa de manejo da demanda

4.3.1 Perspectiva do Participante

A meta da análise da perspectiva do cliente participante é de medir como o próprio interesse do consumidor vai ser afetado participando no programa de gerenciamento da demanda.

Quando o programa é insuficiente para induzir à participação do cliente, a avaliação da perspectiva do participante serve para identificar outros incentivos que ajudem a induzir à participação no programa.

A perspectiva do cliente participante é definida como a diferença entre os custos incorridos pelo participante no programa e os benefícios que esse participante vai ter com a implementação das medidas.

Os custos são todos aqueles gastos associados com a instalação e operação de uma determinada medida de gerenciamento da demanda. Os benefícios têm que ver com as economias obtidas e os incentivos dados pela concessionária de energia.

Também pode-se identificar outros custos e benefícios menos quantificáveis, como por exemplo, as mudanças no conforto e no estilo de vida do cliente Participante como resultado do programa; mas estes são geralmente ignorados por questões pragmáticas, e assim considera-se unicamente custos e benefícios mensuráveis sem dificuldade.

Define-se a perspectiva do Participante da seguinte maneira (Harry G. Stoll; Ref. H-1):

$$B_p = \sum_{i=1}^{N} \frac{I_i + (\Delta E_i * P_i)}{\left(1 + DR_p\right)^i}$$

Eq. (4.12)

e

$$C_p = \sum_{i=1}^{N} \frac{DC_i}{\left(1 + DR_p\right)^i}$$

Eq. (4.13)

Onde:

$\mathbf{C_p}$ = Custo para o cliente participante.
B_p = Benefício do cliente Participante
I_i = Incentivos recebidos no ano i
ΔE_i = Mudança no uso da energia no ano i

P_i = Preço da energia no ano i
DC_p = Custos diretos incorridos pelo cliente Participante no ano i
DR_p = Taxa de desconto do Participante expressada como fração
N = Número de anos

Os incentivos podem incluir pagamentos pela concessionária ou incentivos diretos do governo na forma de garantias de prestação de serviços e créditos nos impostos.

4.3. 2 Perspectiva do Não-participante

O objetivo da análise da perspectiva do não-participante é de medir a equidade da distribuição dos impactos do programa de gerenciamento da demanda nos clientes que não estão participando no programa. Ou seja, mede quanto os não-participantes têm que pagar ou quanto vão-se beneficiar do programa de gerenciamento da demanda.

Da perspectiva do não-participante, o programa esta tendo efeito se ele reduz os gastos públicos. Se os gastos públicos incrementam isto pode resultar num incremento nas tarifas para os clientes não-participantes do programa. Assim também, os ganhos ou perdas produzidos pelo programa vão a afetar os dividendos líquidos dos acionistas da concessionária.

Os componentes da perspectiva dos não-participantes pode-se definir como (Harry G. Stoll H-1):

$$B_{np} = \sum_{i=1}^{N} \frac{(\Delta E_i * AC_i)}{\left(1 + DR_{np}\right)^i}$$

Eq. (4.14)

e

$$C_{np} = \sum_{i=1}^{N} \frac{(\Delta E_i * P_i) + PA_i}{(1 + DR_{np})^i}$$

Eq. (4.15)

B_{np} = Benefício do cliente não-participante
C_{np} = Custo do não-participante
ΔE_i = Mudança no uso da energia no ano i
P_i = Preço da energia no ano i
DR_p = Taxa de desconto do não-participante expressada como fração
PA_i = Custos administrativos do programa de gerenciamento da carga
N = Número de anos
AC_i = Custo evitado da energia no ano i

Os custos administrativos do programa incluem todos os custos para a concessionária na implementação do programa do lado da demanda, incluindo os incentivos.

O custo de capital médio de maior peso é selecionado tipicamente para ser usado como a taxa de desconto do não-participante, porque é a taxa que a concessionária usa para determinar os requerimentos das receitas.

Com respeito à perspectiva do participante, perdidas nas receitas são só o impacto agregado das economias por participante na concessionária. Em concordância com as dificuldades envolvidas na avaliação das economias na fatura de eletricidade por participante são idênticas na avaliação da perspectiva do não-participante. Incluem os efeitos dos encargos da demanda por eletricidade, tempo de uso e os blocos tarifários.

4.3. 3 Perspectiva da Concessionária de Geração e Distribuição

A perspectiva da concessionária pode-se definir de duas maneiras: como uma contabilidade dos custos incorridos pela concessionária que geralmente

consiste com a aproximação tomada na perspectiva do Não-participante ou a perspectiva do acionista focalizada na oportunidade de ganhar um retorno.

A perspetiva do tratamento convencional é essencialmente aquela do cliente não-participante. As rendas públicas não são incluídas nesta análise devido a que elas são transferidas entre os participantes e os não-participantes.

Assim, a perspectiva da concessionária mede só a diferença entre os custos evitados e os custos para a implementação do programa. Os custos produzidos pelo cliente participante não estão incluídos.

Os impactos da concessionária de geração e distribuição podem se expressar da seguinte forma:

$$B_c = \sum_{i=1}^{n} \frac{(\Delta E_i * AC_i)}{(1+DR_i)^i} \qquad \textbf{Eq. (4.16)}$$

e,

$$C_c = \sum_{i=1}^{N} \frac{PA_i}{(1+DR_c)^i} \qquad \textbf{Eq. (4.17)}$$

onde,

B_c = Benefícios da concessionária
Cc = Custos da concessionária
ΔE_i = Mudança no consumo de energia no ano i
ACi = Custos evitados da energia no ano i
PAi = Custos administrativos do programa no ano i
DR_c = Taxa de desconto da concessionária
N = número de anos

A diminuição da receita foi considerada tanto na perspectiva dos não participantes como na perspectiva das concessionárias. Estas diminuições podem ser simplesmente transferidas aos clientes não participantes ou podem

ser consideradas como outro custo para a concessionária. Entre os objetivos do programa está não ter clientes prejudicados com estes programas, pelo que as diminuições de receitas serão embutidas no custo total da empresa elétrica.

Na perspectiva da concessionária cada cliente cobre os custos na participação do programa. A concessionária só induz a participação dos mesmos através da implementação do programas e na concessão de alguns incentivos.

4.3. 4. Perspectiva da Sociedade

A perspectiva da sociedade elimina a distinção entre os Participantes e os não-participantes. O objetivo desta perspectiva é a de determinar quando um programa de gerenciamento da demanda está tendo efeito para a sociedade baseada nos custos e benefícios totais, independente da alocação dos investimentos entre os clientes ou concessionária. A diferença desta análise de custo-benefício com as demais é que leva em consideração interesses nacionais, em termos de alocação global de recursos.

A perspectiva da sociedade define-se da seguinte forma (Harry G. Stoll; Ref. H-1):

$$B_s = \sum_{i=1}^{N} \frac{(\Delta E_i \times AC_i)}{(1+DR_s)^i} \qquad \textbf{Eq. (4.18)}$$

e,

$$C_s = \sum_{i=1}^{N} \frac{CD_i + PA_i}{(1+DR_s)^i} \qquad \textbf{Eq. (4.19)}$$

onde,

B_S = Benefícios totais da Sociedade
Cs = Custos da Sociedade
ΔE_i = Mudança no consumo de energia no ano i
ΔCi = Custos evitados da energia no ano i
PAi = Custos administrativos do programa no ano i
CD_i = Custos diretos do Participante no ano i
DR_s = Taxa de desconto social
N = número de anos

4. 4. Resultados das Avaliações Econômicas e Financeiras

Foi feita uma análise econômica da proposta de troca de equipamento na iluminação residencial para o presente trabalho.

Como primeiro passo foi calculado o custo do megalúmen-hora para as alternativas das diferentes tecnologias implicadas. Nesta análise utilizou-se uma LFC com uma potência de 20 W que substitui uma lâmpada incandescente de 50 W. Também tomou-se quatro horas de uso diário para as lâmpadas nos cálculos e foram considerados os dados de catálogo (dados nominais) das tecnologias estudadas. Segundo os estudos da OLADE (Negri de Magalhães, 1992; Ref. N-1), as lâmpadas mais utilizadas no setor residencial são 50 W (tabela 4.1) . Por tanto a potência da lâmpada incandescente a substituir foi considerada dessa potência.

Tabela 4.1 Posse de lâmpadas incandescentes no setor residencial.

Potência (Watts)	Tenência das lâmpadas (%)
20	1,60
25	18,00
40	1,60
50	47,00
60	3,00
75	7,70
100	7,10
Outros	14,00

Fonte: Negri de Magalhães C. Estudio Caracterización del Comportamiento de la Demanda, II Parte. Convenio Olade, Programa PIER. Dez. 1992.

Na tabela 4.2 são mostrados os dados utilizados para a análise do custo de Lúmem-hora.

Tabela 4.2. Dados para a análise de Lúmen-hora

DADOS		
Tipo de Lâmpada	**Incandescente**	**Fluorescente Compacta**
Vida Lâmpada (h)	1000	10000
Lúmens (lm)	650	1200
Potência Lâmpada (W)	50	20
Potência Reator (W)	-	- (1)
Custo Lâmpada US$	0.5	11.5
Eficácia (lm/W)	13	60

(1) Potência do reator junto com a potência da lâmpada.
(2) Detalhes do Cálculo no Anexo D.

A eficiência da lâmpada fluorescente neste caso é de 60 lm/W, enquanto que a eficiência da lâmpada incandescente é somente de 13 lm/W (Philips, Ref. P-2)[2]. A vida média da LFC é de 10000 horas segundo os catálogos da Philips, mas para referencia no Anexo D-4 estão incluída medições feitas no laboratório de iluminotécnica do IEE da USP (Barriga S. L. A, 1995; Ref. B-2). Na tabela 4.3

[2] Neste trabalho não foi considerado o ganho de nível de iluminação que se teria ao substituir LFCs de 20 W por incandescentes de 50W, devido que a quantidade de lúmens de uma lâmpada incandescente dessa

estão os resultados dos cálculos para as duas tecnologias envolvidas e os diferentes estratos no setor residencial.

Tabela 4.3. Resultados da Análise.

ITEM	RESULTADOS					
	Lâmpada Incandescente			Fluorescente Compacta		
Estrato	*I&II*	*III*	*IV*	*I&II*	*III*	*IV*
Nj:	0.685	0.685	0.685	6.849	6.849	6.849
FRC:	1.607	1.607	1.607	0.222	0.222	0.222
S:	0.807	0.807	0.807	1.489	1.489	1.489
CI:	0.976	0.976	0.976	1.717	1.717	1.717
CE:	0.380	0.679	1.086	0.082	0.147	0.235
CT:	1.356	1.655	2.062	1.799	1.864	1.952

Nota: Cálculos no Anexo D-2.

Onde:

Nj : Número de períodos;

FRC : Fator de recuperação de capital para a lâmpada;

S : Quantia de Mega-lúmen produzida no ano;

CI : Custos de investimentos;

CE : Custos de energia e demanda de potência;

CT : Custo total.

A Figura 4.1 mostra os resultados obtidos, onde nos estratos de menor tarifa o custo da lâmpada fluorescente compacta é maior que a incandescente, só no quarto estrato o custo da LFC é menor.

potência é inferior à LFC de 20 W. Também não foi considerado o ganho de energia pela substituição de lâmpadas incandescentes de maior potência (60, 75 ou 100 W).

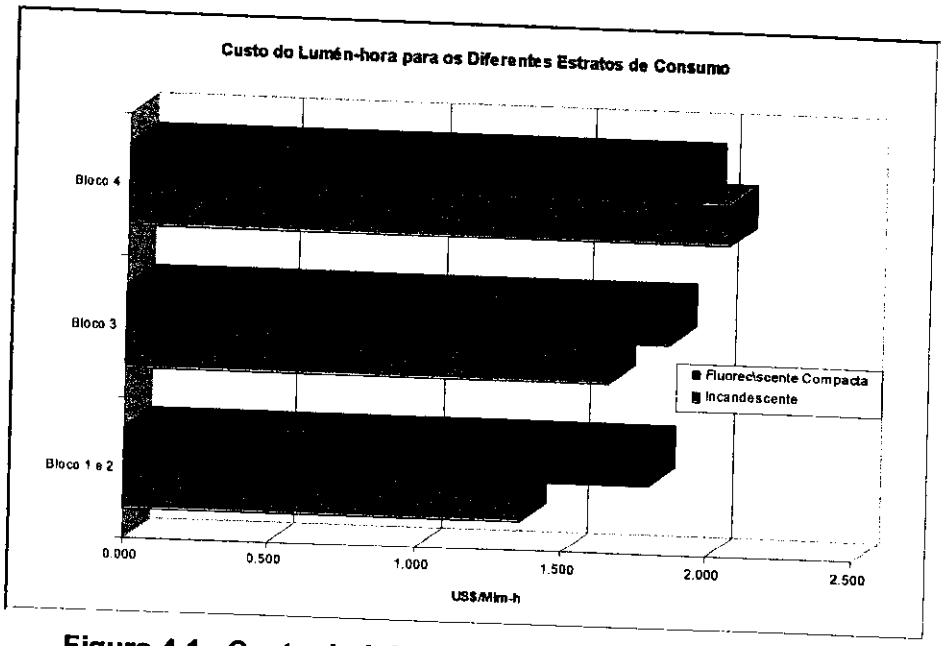


Figura 4.1. Custo do Lúmen-hora para diferentes tarifas.

Segundo os resultados, os estratos de menor consumo não teriam interesse em participar no programa de substituição, a menos que a concessionária dê para eles algum tipo de incentivo. Por exemplo, o incentivo principal que a CNFL da para seus clientes na compra de LFCs é a facilidade de pago, já que elas são parceladas em 12 vezes, sendo pagas através da fatura de eletricidade. Além disso, a CNFL da para seus clientes pontos pela economia em relação ao mesmo mês do ano anterior, como foi explicado no capítulo 3. Estes pontos podem ser incluídos no montante da divida pela compra das LFCs, com o que a conta pela compra da LFC, poderia ser reduzida em alguma medida.

4.4.1. Análise das Perspectiva Envolvidas

Os testes de troca de lâmpadas incandescentes por fluorescentes compactas no setor residencial contemplam os interesses dos seguintes atores: pelo lado do consumidor participante, aquele que decide comprar as lâmpadas fluorescentes compactas vendidas pela CNFL, sendo o interesse para este grupo a relação entre a redução da conta de eletricidade e o investimento na tecnologia

eficiente; para a concessionária de distribuição o interesse é a relação entre a economia na compra de energia e potência e os valores perdidos na receita pela energia vendida e os dispêndios administrativos pelo programa de troca; para a concessionária de geração, a relação nas perdidas de receitas pela energia vendida e os investimentos evitados em distribuição, transmissão e geração (além das menores perdas) e a redução no consumo de combustíveis; para a sociedade é a relação entre os investimentos evitados na distribuição, transmissão e geração e redução no consumo de combustíveis e os investimentos feitos na tecnologia eficiente.

4.4.1.1 Perspectiva do Consumidor Participante

A análise de custo e beneficio do consumidor, depende dos preços da eletricidade, os quais geralmente são subsidiados. Nesta análise foram considerados os diferentes estratos de consumo que tem diferentes tarifas no preço da eletricidade.

Os dados necessários adotados para a análise do consumidor são apresentados na Tabela 4.4.

Tabela 4.4. Dados para a análise financeira da perspectiva do cliente.

Tipo de Iluminação	Incandescente	F. Compacta
Dados		
Vida esperada da lâmpada (h) (1)	1000	10000
Serviço luminoso (lm) (1)	650	1200
Potência da lâmpada (W) (1)	50	20
Custo da lâmpada (US$)	0.5	11.5
Eficiência (lm/W) (1)	13	60
Premissas		
Período de análise (Anos)	10	
Taxa de desconto anual (%)	12%	
Uso (Horas/dia)	4	
Uso ao Ano (Horas/ano)	1460	
FRC	0.177	

Dados por estrato de consumo	***0-150***	***151-250***	***251-400***	***> 400***
Peço da eletricidade (US$/kWh)	0.042	0.042	0.075	0.12

(1) Fonte: Catálogos de iluminação da Philips e Osram.

Com os dados da tabela anterior foi calculado o tempo de retornos simples para cada um dos estratos de consumo (tabela 4.5). Com este método de análise, o Bloco 4 apresenta um tempo menor de retorno do investimento em relação aos outros blocos de consumo.

Tabela 4.5. Tempo de Retornos Simples para os diferentes blocos de consumo.

Tempo de Retornos Simples			
Estrato	***I & II***	***III***	***IV***
(anos)	5.98	3.35	2.09
(meses)	71.75	40.18	25.11
(dias)	2182.54	1222.22	763.89

Também foi calculado o custo de ciclo de vida anualizado para cada um dos estratos e é mostrado na tabela 4.6.

Tabela 4.6. Custo de ciclo de vida.

	Incandescente			Fluorescente Compacta		
Estrato	I & II	III	IV	I & II	III	IV
Custo de elet. valor presente	17.32	30.93	49.50	6.93	12.37	19.80
CCV (US$)	21.86	35.48	54.04	21.72	27.17	34.59
CCVA (US$/ano)	3.87	6.28	9.56	3.84	4.81	6.12
CCVANE (US$/ano)	0.80	0.80	0.80	2.62	2.62	2.62

Para o bloco 1 e 2 a diferença do Custo de Ciclo de Vida (CCVA) entre a lâmpada incandescente e a LFC é de apenas 0,78%, para o bloco 3, é de 23 % e para o bloco 4 eqüivale a 36%.

No referente à Taxa Interna de Retorno, os resultados da avaliação indicam-se na Tabela 4.7. Foi considerado para a TIR que os pagamento são feitos ao final de cada ano. Os estratos de maior consumo indicam vantagens no investimento da LFC segundo a tabela mencionada.

Tabela 4.7. Fluxo de Caixa

	Balanço		
Estrato	***I&II***	***III***	***IV***
Ano			
0	-11	-11	-11
1	2.34	3.79	5.76
2	2.84	4.29	6.26
3	2.84	4.29	6.26
4	2.84	4.29	6.26
5	2.84	4.29	6.26
6	2.34	3.79	5.76
7	-8.66	-7.22	-5.24
8	2.84	4.29	6.26
9	2.84	4.29	6.26
10	2.84	4.29	6.26
IRR =	**9.47%**	**29.71%**	**51.27%**

Foi feita uma análise de sensibilidade das figuras de mérito antes indicadas com a variação dos parâmetros mais importantes (ver Anexo D-1). Na Figura 4.2 observa-se a variação do Tempo de Retorno Simples (SP) para diferentes horas de uso ao dia nos estratos de consumo da CNFL.

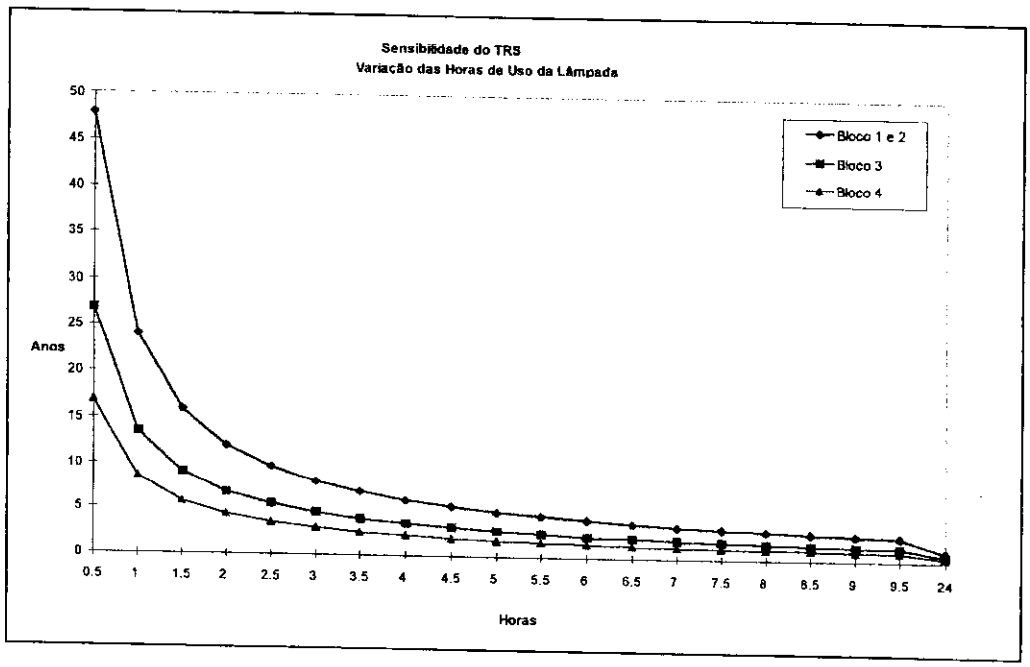


Figura 4.2. Variação do Tempo de Retornos Simples.

As variações para o CCVA para cada estrato de consumo segundo as horas de uso por dia tanto da lâmpada incandescente como a LFC, são apresentadas nas Figuras 4.1, 4.4 e 4.5.

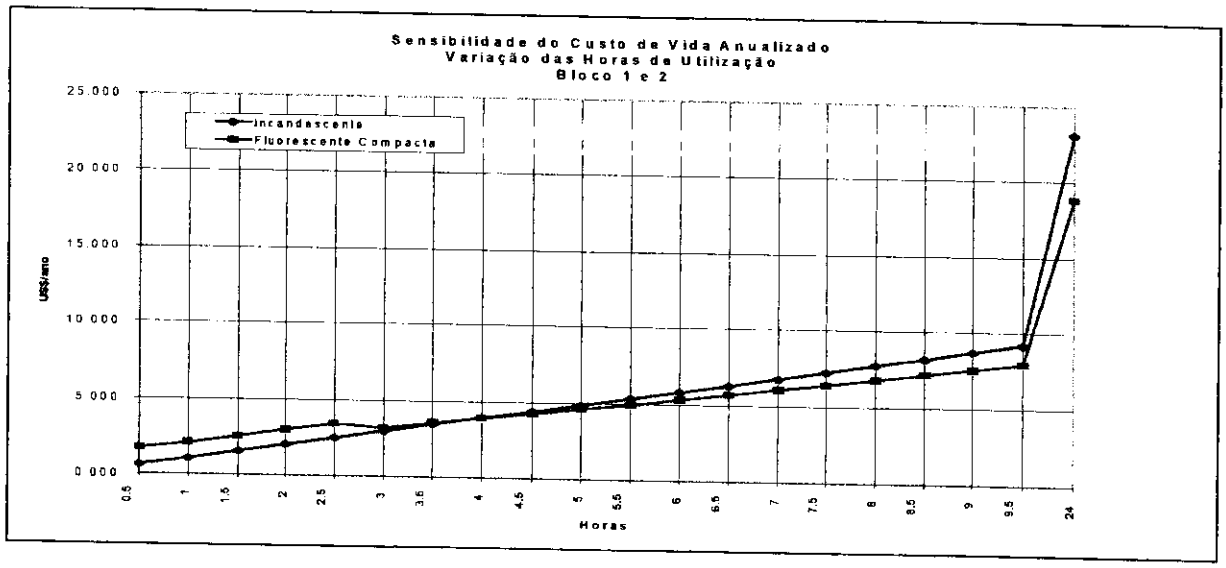


Figura 4.3. CCVA. Variação das Horas de Uso. Bloco 1 e 2.

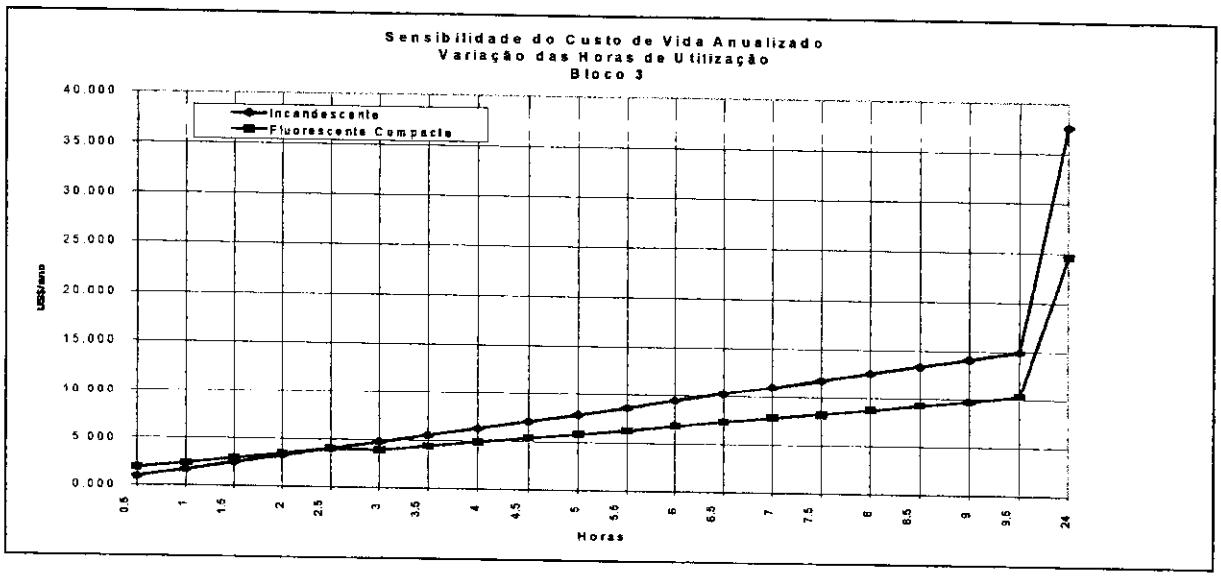


Figura 4.4 CCVA. Variação das Horas de Uso. Bloco 3.

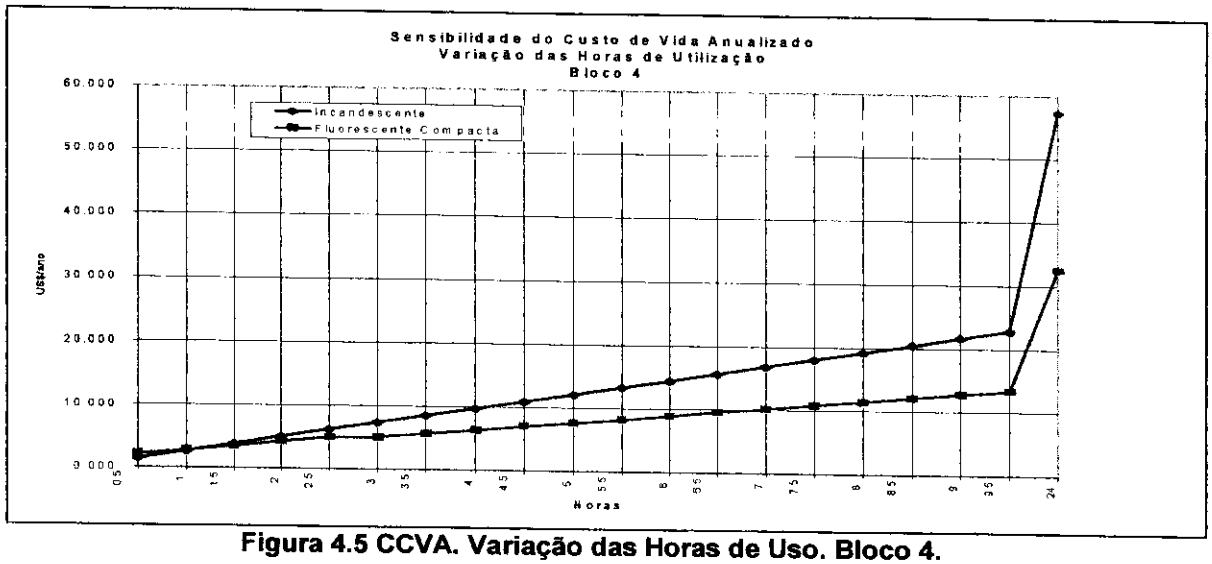


Figura 4.5 CCVA. Variação das Horas de Uso. Bloco 4.

No anexo D-1 estão incluídas as variações da Taxa Interna de Retorno, além da variação do Tempo de Retorno Simples e o CCVA, segundo diferentes tarifas de consumo e as horas de uso das lâmpadas. Todos os cálculos para esta análise encontram-se no mesmo anexo.

Os benefícios líquidos para o cliente participante pode ser obtida da seguinte relação:

Benefícios líquidos anuais = Valor da eletricidade economizada - Custo do investimento

Os custos do investimento podem incluir o preço da lâmpada, o reator e a luminária. Para os cálculos dos grupos envolvidos só foi considerado o custo da lâmpada, devido a que o preço do reator já está considerado nesta, além de que assume-se uma substituição direta entre tecnologias, sem precisar de equipamento adicional.

Em continuação, a tabela 4.8 mostra os cálculos realizados na avaliação do cliente participante.

Tabela 4.8. Cálculo dos resultados para as a perspectiva do consumidor participante.

Análise do consumidor			
Estrato	***I & II***	***III***	***IV***
Tarifas de eletricidade para os clientes (US$/kWh)	0.042	0.075	0.120
Custo de potência para o Cliente (US$/kW)	0.00	0.00	0.00
Custos			
Custo de investimento - CCVA (US$/ano)	1.81	1.81	1.81
Benefícios			
Redução consumo energia (kWh/ano)	43.80	43.80	43.80
Redução da despesa energia (US$/ano)	1.84	3.29	5.26
Balanço			
Benefícios-Custos (US$/ano)	0.03	1.47	3.44

Nota: Ver anexo D-1 para detalhes do cálculo.

A Figura 4.6 mostra os resultados do programa de substituição para a perspectiva do consumidor e para os diferentes estratos de consumo.

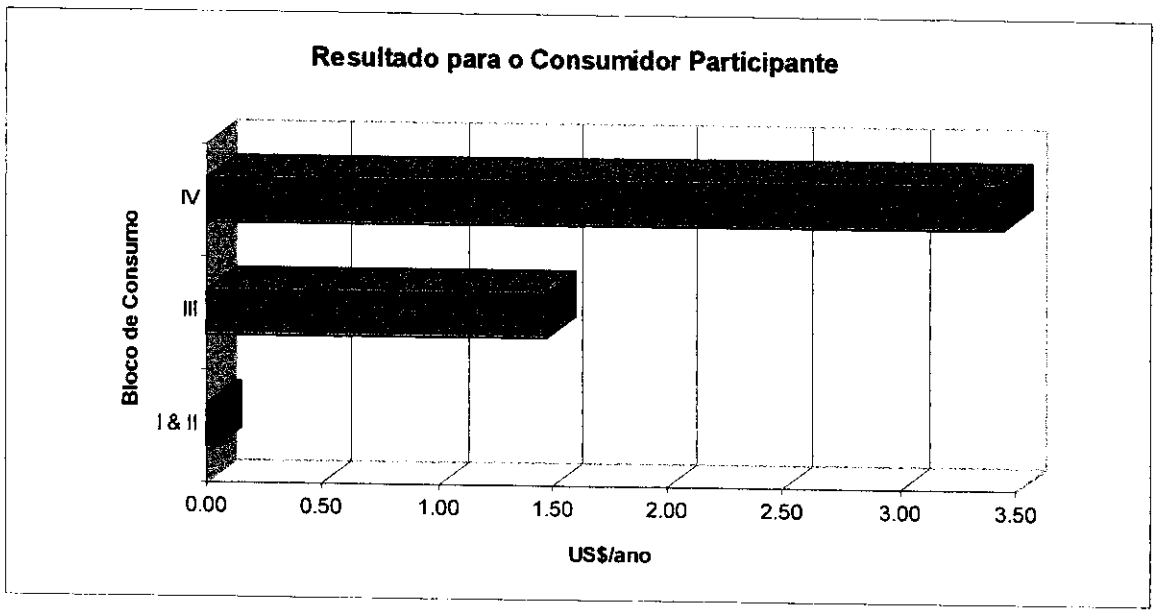


Figura 4.6. Resultado para o consumidor participante da troca.

Os resultados revelam como a análise beneficio-custo é positivo para todos os estratos envolvidos, sendo maior para o quarto estrato, por ter este uma tarifa maior. Nota-se que os setores com maiores consumos terão também maior motivação na substituição de lâmpadas, mesmo assim, as lâmpadas não sejam subsidiadas.

4.4.1.2 Análise para a Concessionária Distribuidora

Para a Compañía Nacional de Fuerza e Luz o principal atrativo neste tipo de projetos depende da diminuição da compra de energia e do bloco tarifário do consumidor que compra a nova lâmpada. Os benefícios da concessionária de distribuição estão dados pela seguinte relação:

Benefícios líquidos = Gastos em compra de energia - diminuição de receitas

A CNFL compra ao ICE energia por 0,03US$/kWh e a potência a um custo de 9,9 US$/kW-mês e cobra aos consumidores somente encargos por energia. Os dados e resultados da avaliação são apresentados na tabela 4.9.

Tabela 4.9. Análise de substituição de lâmpadas, perspectiva da concessionária distribuidora.

Análise da concessionária distribiudora			
Dados para a distribuidora			
Estrato	**I & II**	**III**	**IV**
Tarifas de eletricidade para os clientes [US$/kWh]	0.042	0.075	0.120
Custo de potência para a distribuidora [US$/kW]	9.90	9.90	9.90
Custo médio de energia para a distribuidora [US$/kWh]	0.047	0.047	0.047
Custos			
Diminuição de receitas Energia (US$/ano)	1.84	3.29	5.26
Diminuição de receitas Potência (US$/ano)	0.0	0.0	0.0
Custos administrativos (US$/ano)	0.16	0.160	0.160
Benefícios			
Redução por compra em energia (US$/ano)	2.07	2.07	2.07
Redução por compra em potência US$/ano	3.56	3.56	3.56
Benefício-Custo			
Resultado econômico (US$/ano)	3.63	2.19	0.22

Nota: 50 W de Potência da lâmpada considera.
Detalhes do cálculo no anexo D-1.

Os preços da eletricidade variam segundo o bloco de consumo, assim, para os blocos menores, o preço é mais baixo, com subsídios de parte da empresa para estes estratos. Além dos subsídios por energia, a concessionária não cobra os encargos por potência, embora, esta diferença é cobrada para os outros setores, como o comercial e o industrial.

Do ponto de vista da concessionária distribuidora, o balanço benefício-custo é positivo para todos os estratos. Para a distribuidora acontece o contrário que para o cliente participante, pois o benefício é maior no estrato de menor consumo (Figura 4.7). O anterior é devido a que as tarifas para este setor são mais baixas e tem um nível maior de subsídio.

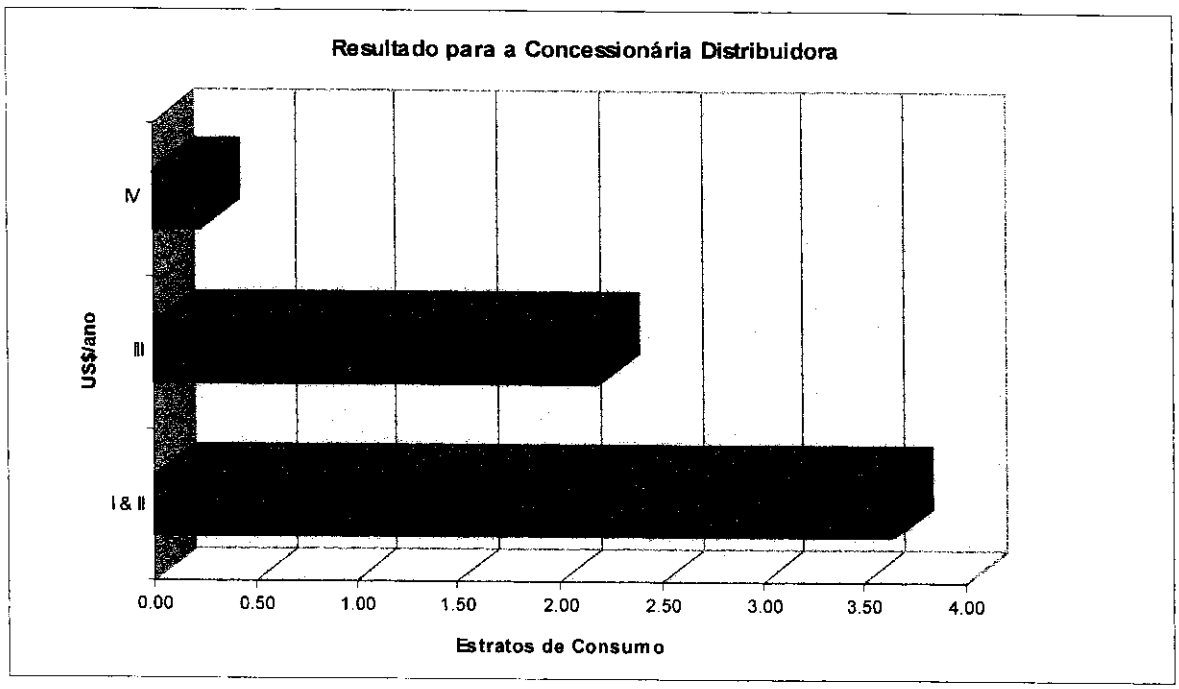


Figura 4.7 Balanço Financeiro para a Concessionária de Distribuição.

Os resultados mostram que a CNFL teria benefícios em todos os estratos tarifários, principalmente nos de menor consumo.

4.4.1.3 Análise para a Geradora

Os benefícios para a empresa geradora analisam-se por meio da seguinte relação:

Benefícios líquidos = Custo evitado - diminuição das receitas

Para a análise da concessionária de geração, é necessário introduzir dois parâmetros de avaliação: Custo da Energia Conservada (CEC) e Custo da Potência Evitada (CPE). A tabela 4.10 mostra os dados utilizados na análise econômica.

Tabela 4.10. Custos da Energia Conservada e Capacidade Evitada.

Custo de Energia Conservada e Capacidade Evitada	
Fator de Participação na Ponta[1]	0.74
Energia Conservada Anual - Eca (kWh/ano)	43.80
Capacidade Conservada na Base - CCb (W)	5.00
Capacidade Conservada na Ponta - CCp (kW)	0.02
Custo da Energia Conservada - CEC (US$/MWh)	41.42
Custo da Carga da Conservação - CCE (US$/kW)	160.48
Fcc [2]	0.167
Custo Anual para cada KW Economizado ($/KW-ano)	60.48

[1] Fonte: INDICE S.A. Pesquisa "Hábito de Consumo Eléctrico Setor Residencial". Agosto, 1992.
[2] FCC: Fator de carga de conservação.
Nota: Detalhes do cálculo no Anexo D-1.

Na tabela 4.11 estão os dados e os resultados da avaliação para a concessionária geradora. Observa-se que a concessionária geradora tem benefícios nas duas épocas do ano, mas no inverno o beneficio é maior. Os benefícios aumentarão US$ 0,76 no verão e US$ 1,06 no inverno com um balanço liquido US$ 1,82 por ano.

Tabela 4.11 Resultados da Avaliação para a Concessionária Geradora.

Análise da concessionária geradora		
Dados para a geradora		
Vida [anos]	25	
FRC (Geração).	0.127	
Custo de expansão geração (US$/kW)	800	
Época do ano	Verão	Inverno
CMLP na Ponta (Produtores privados)		
Custo de energia para a geradora (US$/kWh)	0.052	0.040
Custo da potência para a geradora (US$/kW)	71.30	17.10
Preço Venda		
Energia (US$/kWh)	0.05	0.05
Potência (US$/kW-ano)	79.20	39.60
Custos		
Diminuição de receitas Energia (US$/ano)	1.38	0.69
Diminuição de receitas Potência (US$/ano)	1.76	0.38
Benefícios		
Compra ou Geração de Energia (US$/ano)	2.28	1.75
Compra ou Investimentos em potência (US$/ano)	1.58	0.38
Benefício-Custo		
Resultado econômico (US$/ano)	0.72	1.06

Nota: Cálculos no anexo D-1.

4.4.1.4 Perspectiva da Sociedade

A iluminação residencial coincide com as horas ponta no período da tarde. A utilização de fluorescentes compactas pode ajudar à reduzir os investimentos para a geração de energia elétrica nos períodos de máxima demanda.

Os benefícios da troca de lâmpadas pode ser obtida através da comparação dos custos marginais de expansão do sistema, assim como a redução no consumo de combustíveis para a geração de energia. Estos custos são de 597 US$/kW para a expansão e geração e de 0,052 US$/kWh dos combustíveis (OLADE; Ref. O-1).

No caso da sociedade podem-se obter os benefícios do projeto de substituição, baseados nos benefícios e custos totais do programa, independentemente da distribuição das inversões entre clientes e concessionárias. Os dados e resultados da perspectiva da sociedade são apresentados na tabela 4.12.

Tabela 4.12. Balanço Social da Substituição na Tecnologias.

Perspectiva da sociedade	
Número de Trocas	140 000
Custo de expansão e geração (US$/kW)	597
Custo de Combustível (US$/kWh)	0.052
Eficiência média da nova geração	38%
Anos de vida util	15
Taxa de juros	12%
FRC	0.147
Benefícios	
Redução do consumo de combustível (US$/ano)	318864
Investimento evitado (CCVA)	61368
Custos	
Custo de investimento (CCVA) US$/ano	254009
Custos Administrativos (US$/ano)	22392
Balanço	
Benefício-Custo (US$/ano)	103831

Cálculos no anexo D-1.

Para os cálculos considerou-se o total das lâmpadas adquiridas pela CNFL no seu programa de substituição na área metropolitana (140 000).

Os benefícios financeiros totais para a sociedade são positivos para o caso do programa de troca de lâmpadas.

CAPITULO V

AVALIAÇÃO INTEGRADA DAS ALTERNATIVAS DE OFERTA E DEMANDA

5.1 Introdução

Os requerimentos futuros de energia elétrica são uma preocupação constante das concessionárias, principalmente de geração e distribuição, para atender as necessidades de subsistência de seus clientes, ante recursos cada vez mais escassos.

Em particular, as previsões dos requerimentos futuros de energia no uso final da iluminação, constituem uma parte importante que as concessionárias de abastecimento devem levar em consideração nos seus esquemas de planejamento, para assim poder agir sobre esta necessidade do homem, a fim de buscar ganhos na eficiência.

O objetivo principal deste seção é o estudo dos requerimentos futuros de energia elétrica para fins de iluminação e cocção. O uso final da cocção é baseado no trabalho realizado por Herrera A. Vão ser integrados os dois recursos do lado da demanda para compará-los com aqueles do lado da demanda. Além disto, vai-se pesquisar sobre os possíveis mecanismos que possam modificar a estrutura estabelecida no planejamento tradicional das concessionárias em favor dos ganhos na eficiência.

5. 2. Planejamento Integrado de Recursos (PIR)

Planejamento Integrado de recursos (PIR) é uma metodologia de planejamento que pretende fornecer um serviço energético, buscando uma maneira confiável e com qualidade, com custos mínimos para a sociedade, pela otimização de um conjunto de opções de suprimento e de uso racional da energia, transmissão e distribuição, levando em consideração uma série de

externalidades, como por exemplo, os impactos ambientais. Ou seja, são consideradas no mesmo nível de avaliação tanto as opções do lado da oferta, como também, aquelas do lado da demanda, não somente em termos dos custos envolvidos, mas também a confiabilidade, controlabilidade e impactos ambientais.

O PIR foi chamado originalmente como Planejamento de Mínimo Custo e apareceu nas concessionárias privadas em meados da década de 80. O PIR foi apoiado nos seus inícios por comissões regulatórias estaduais e pelos grupos ambientalistas e conservacionistas, encontrando motivação nas concessionárias que procuravam evitar os custos elevados de novas usinas de grande porte para a geração.

O PIR apresenta uma série de caraterísticas-chave (Santos, R. H. Sauer I. L., 1997; Ref. S-1):

- os programas de eficiência energética consideram-se como recursos;
- os impactos ambientais quantificáveis são considerados como custos econômicos;
- as fontes de abastecimento podem ser propriedade da concessionária, de outras concessionárias, de produtores independentes ou até dos mesmos clientes;
- para a seleção dos recursos são considerados os preços da eletricidade, situação financeira das concessionárias, redução de riscos e incertezas, qualidade ambiental, diversificação de energia e de tecnologias.

5. 3. Previsões de Demanda de Energia e de Potência

As projeções da demanda de energia elétrica tem grande importância para as empresas elétricas de geração e distribuição na atualidade.

Uma adequada projeção da demanda de energia elétrica contribui para que as empresas distribuidoras de eletricidade planifiquem os recursos necessários para fornecer este serviço ao público de maneira eficiente e oportuna.

As projeções da demanda de eletricidade incidem diretamente no planejamento de ações próprias do setor energia, como inversões, tarifas, planos de expansão da geração e transmissão, assim como o pessoal que garanta o fornecimento ótimo da energia.

Devido a sua importância é que o ICE tem implementado um modelo de projeções de demanda baseado no modelo econométrico desenvolvido pelo economista Glenn Westley do Banco Interamericano de Desenvolvimento.

Com este modelo é projetado o consumo de eletricidade para os setores residencial, geral (comercial) e as indústrias menores. O modelo baseia-se no consumo por ligação do último ano de registro e da projeção de clientes. Para a estimação do consumo por cliente utilizam-se correlações com variáveis econométricas. Estas variáveis ajustam a conseqüência de suas respectivas elasticidades e o efeito de atraso que tem algumas delas no decorrer do tempo.

As projeções para a venda de energia a grandes indústrias, iluminação pública e projetos em construção são feitas independentemente do modelo econométrico.

5.3.1 Cenários de Projeção

No modelo econométrico simulam-se cinco cenários diferentes chamados: baixo, com conservação de energia, base, com reativação econômica e o cenário alto.

No cenário baixo supõe-se que o crescimento da economia é menor que o esperado para os próximos anos.

No cenário com conservação de energia é suposto que as variáveis macroeconômicas vão ser maiores que do cenário baixo e que o preço dos equipamentos será menor, embora sua eficiência seja maior que os convencionais e os equipamentos anteriores deixam de ser usados. Supõe-se também que para diminuir um pouco o consumo de eletricidade ocorrerão aumentos reais de 2% no setor residencial de 1995 ao ano 2000.

O cenário base tem os dados mais prováveis de crescimento para Costa Rica nos próximos anos. Estes dados são obtidos de fontes como o Banco Central de Costa Rica, a Direção de Estatísticas e Censos, Direção Setorial de Energia, Ministério de Planificação, etc.

No cenário com reativação econômica utiliza-se porcentagens de crescimento que supõem um crescimento das variáveis macroeconômicas a partir deste ano, estima-se também que neste ano o incremento no preço real da eletricidade será negativo.

No cenário alto há um aumento no consumo da eletricidade devido ao crescimento da economia, da população (pelo alto grau de eletrificação) e uma diminuição dos preços de equipamentos e da eletricidade (figura5.1).

Os resultados dos cinco cenários das projeções da demanda incluindo todas as variáveis considerados são apresentados a seguir:

	Taxa de Crescimento
Cenário baixo	: 4,32%
Cenário com conservação de energia:	: 4,52%
Cenário base:	: 4,93%
Cenário com reativação econômica	: 5,40%
Cenário alto	: 5,69%

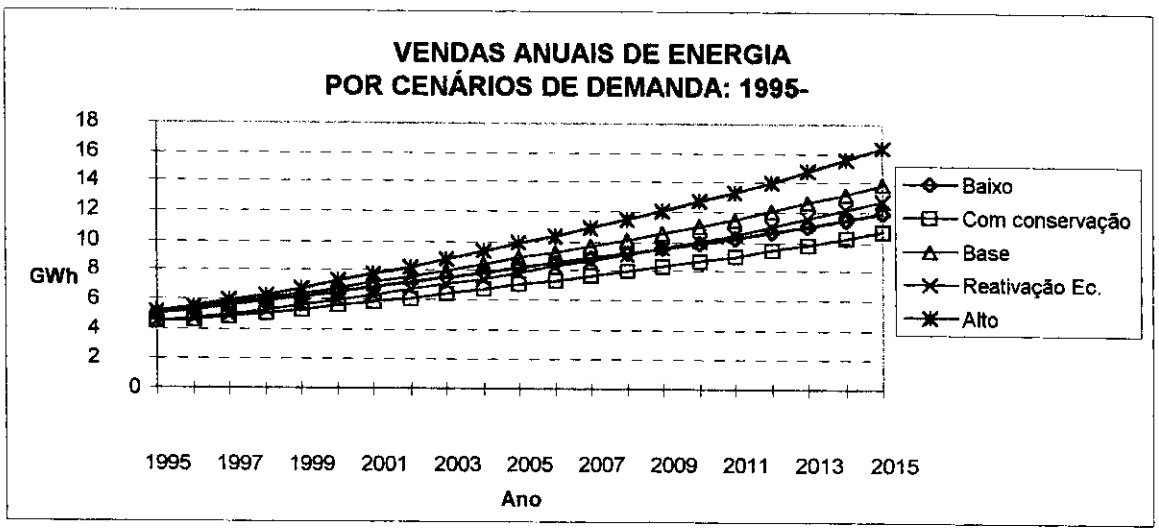


Figura 5.1 Previsões de consumo de energia no período 1995-2015 para os cinco cenário de vendas.
Fonte: ICE. Proyecciones de Demanda de Energia Eléctrica 1995-2015, San José, Costa Rica, Outubro 1995, p. 57.

As previsões da demanda de energia e das necessidades de potência instalada, segundo o cenário base do ICE para o período 1995-2015 estão na tabela 5.1.

Tabela 5.1. Previsão do consumo de Energia (cenário Base do ICE 1995-2015).

Ano	Energia (GWh)	% crescimento anual	Potencia (MW)	% crescimento anual
1995	4595	-	963	
1997	4836	5,23	1007	5,6
2000	5630	5,14	1 288	5,6
2005	7285	5,12	1 676	5,1
2010	9186	4,59	2 078	4,2
2015	11564	4,80	2 590	4,3

Fonte: ICE. Proyecciones de Demanda de Energía Eléctrica 1995-2015, San José, Costa Rica, Outubro 1995, p. 57.

Das previsões de consumo do ICE, observa-se que o consumo de eletricidade para 1997 de 4836 GWh vai ser duplicada para o ano 2010. Assim também a potência.

5.4. Planos de Expansão

Para a comparação das alternativas de geração elétrica é usado o método gráfico chamado curva de seleção das alternativas de geração elétrica. Este método permite representar as opções de expansão e obter aquelas de menor custo para a concessionária. Nesta curva é apresentada a relação existente no custo de cada kW instalado por ano e o fator de capacidade em que cada usina vai trabalhar, permitindo determinar as opções mais econômicas para cada um dos fatores de capacidade. Os três tipos de usinas consideradas nesta análise são aqueles projetos propostos pelo ICE no seu plano de expansão do parque gerador: Hidroelétricas, Térmicas (Diesel, Bunker, Carvão e Geotérmicas) e Eólicas.

O ICE tem definido um plano de expansão da capacidade geradora que prevê a incorporação de novas usinas de acordo com o cronograma seguinte (tabela 5.2), para aportar 504 MW e 3066 GWh/ano ao sistema nacional até o ano 2000. (algumas das usinas já tem sido construídas).

Tabela 5.2. Projetos candidatos na expansão do parque gerador (1995-2015).

Nome	Potência (MW)	Energia (GWh)	Investimento (US$/kW)	Custos Operação e Manutenção	
				Fixos (US$/kW-ano)	Variáveis (US$/MWh)
Hidrelétricas					
Angostura	177	971	2 126,3	11,8	0,0
Daniel Gutiérrez	20	101	2 030,4	11,8	0,0
Guayabo	234	1274	2 227,0	11,8	0,0
Pirrís	127,6	543	2 389,7	11,8	0,0
Siquirres I	206	1636	3 073,6	11,8	0,0
Siquirres II	206	598	683,5	11,8	0,0
Toro I	24	115	1 795,8	11,8	0,0
Toro II	66	311	857,0	11,8	0,0
Pacuare	156	734	2 237,7	11,8	0,0
Los LLanos	99	463	1 442,3	11,8	0,0
Ayil	127	584	1 993,9	11,8	0,0
Laguna Hule	66,6	299	1 498,6	11,8	0,0
Peñas Blancas	34,7		2 025,9	11,8	0,0
Térmicas					
Geot. Miravalles II	52,25	389	2 268,9	24,35	0,0
Geot. Miravalles III	52,25	389	2 268,9	24,35	0,0
Geot. Tenorio	52,25	389	2 268,9	24,35	0,0
Gas Moín (4ta turbina)	33	43	522,9	5,55	5,71
Gas Moín (5ta turbina)	33	43	597,1	5,55	5,71
Motor baja veloc.	24	84	1 855,6	8,94	4,1
Ciclo combinado (Bunker)	34	45	2 622,5	46,47	5,71
Ciclo combinado (Diesel)	34	45	2 221,4	23,23	2,85
Carbón 60	54	341	2 105,6	21,91	1,87
Carbón 66	59,4	375	2 357,9	21,91	1,87
Carbón 125	112,5	710	1 812,7	13,54	2,06
Eólicos					
Tejona	20	94	1 592,5	1,24	6,8

Fonte: Herrera A., 1996; Ref. H-3.

As diversas tecnologias para gerar eletricidade diferem no seus custos de capital e de operação. Os tempos de construção também podem variar para os diferentes tipos de usinas. Isto afeta a economia devido aos pagamentos dos juros durante a construção, além do horizonte de planejamento, porque a construção deve iniciar-se muito antes de que a potência seja requerida para satisfazer a demanda.

Algumas grandes usinas de carvão, hidroelétricas ou as centrais nucleares, tem custos de capital muito altos, mas seus custos de operação são relativamente baixos. As turbinas de gás convencionais e os geradores de diesel tem baixos custos de capital mas altos custos de operação, principalmente porque o combustível é caro.

Outra diferença entre as usinas de geração é a variação na potência que fornecem, e o tempo de resposta necessário para aumentar sua potência gerada ante as mudanças na demanda.

Para qualquer combinação econômica ótima dos diferentes tipos de equipamentos de geração trata-se de minimizar os custos totais de investimento e operação com a combinação ótima dos diferentes tipos de usinas, satisfazendo a demanda com adequados níveis de qualidade e segurança.

5.5. Minimização dos Custos Elétricos da Oferta Usando o Método de Curva de Seleção.

Uma das formas de obter uma combinação ótima da capacidade de geração é o método do ponto de equilibro, o a chamada *curva de seleção das alternativas de geração*. É um método simples que permite a representação gráfica das alternativas e a opção de oferta de menor investimento.

Define-se, então o custo total de geração (CTA) que é a soma de três termos (Chedid, 1995; Ref. C-1): o custo do investimento anualizado (CIA), os custos fixos de operação anual (FOA), e os custos variáveis de operação anual (VOA):

$$CTA = CIA + FOA + VOA \qquad \text{Eq. (5.1)}$$

Todos os custos são considerados em dólares por kW, e dado que todos os custos estão anualizados, as unidades são US$/kW-ano.

A Figura 5.2 resume o comportamento dos custos das usinas consideradas anteriormente. Nesta figura pode-se observar como a alternativa de menor custo de operação para baixos fatores de carga é a usina de Diesel (Gás Moin), enquanto que as usinas hidroelétricas tem maior competitividade com fatores de capacidade acima de 0,4 aproximadamente.

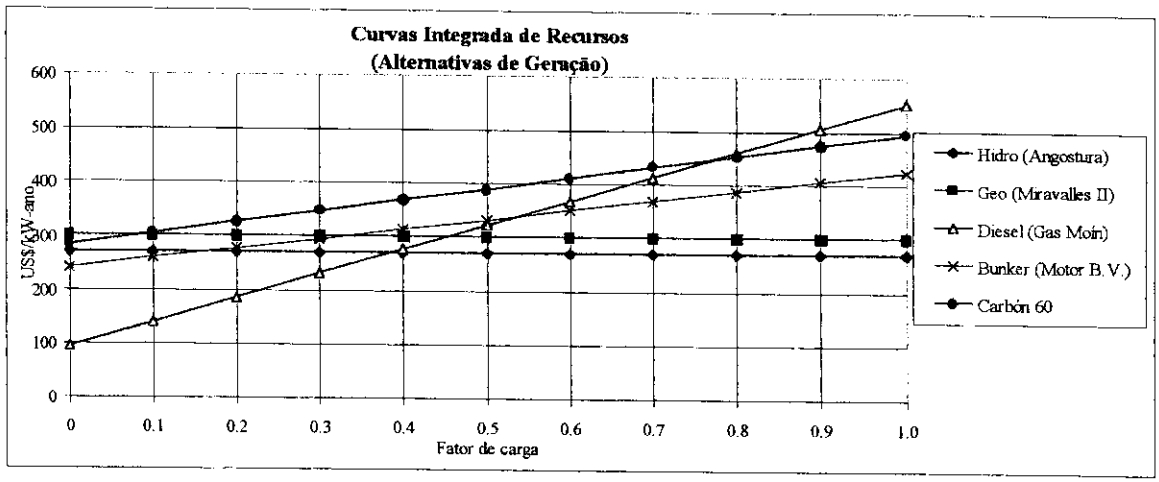


Figura 5.2 Alternativas no Lado da Oferta.

5.6. Iluminação Eficiente como Recurso do Lado da Demanda

Foram avaliadas as oportunidades de substituição tecnológica na iluminação no setor residencial.

Para avaliar os recursos do lado da demanda, deve ser definido o conceito de fator de carga da conservação (FCC). O FCC é equivalente ao fator de capacidade para uma usina geradora e relaciona as economias de um programa de substituição nas horas de máxima demanda com as economias totais de energia, da seguinte forma:

$$FCC = \frac{Capacidade\ Media\ Evitada\ na\ Base\ (kW)}{Potencia\ MediaEvitada\ na\ Ponta\ (kW)} \qquad \textbf{Eq. (5.2)}$$

Com a potência média por ano de um determinado programa de eficiência, dividido pela potência evitada nos períodos de máxima demanda, é obtido o FCC. A capacidade média de potência evitada na base (CCb) é a economia de energia do programa de substituição dividido pelas horas do ano. Modificando a equação anterior é possível obter a quantidade de energia economizada (kWh), que evitaria um kW de demanda nas horas ponta, isto é (Koomey J., 1990; Ref. K-1):

$$\text{FCC x 8760 horas} = \frac{\text{kWh}}{\text{kW}} \qquad \textbf{Eq. (5.3)}$$

O cálculo para obter o FCC é feito com os dados da Tabela 5.3. Para os dados utilizados o FCC para iluminação é de 0,17 e o custo anual por kW economizado é de US$ 60,5.

Tabela 5.3. Cálculo do Custo Anual por kW Economizado para a Iluminação.

Parâmetros	
Taxa de desconto	12%
Capacidade Média Conservada na Base-CCb [W]	5.00
Preço Geradora (US$/kWh)	0,130
Período de análise (anos)	10
FRC (efetivo)	2.17
Capacidade Média Conservada na Ponta - CCp [W]	0.02
Cálculos	
Custo Capital Adicional ($)	11.5
Custo Capital Anual não energético (US$/ano)	2.62
Custo da Energia Conservada-CEC [US$/MWh]	41.42
Fator de carga de conservação (FCC)	0.17
C.Anual p/KW Econ.($/KW-ano)	60.48

Nota: Detalhes dos cálculos, ver anexo E-1.

Com a análise de variação do fator de carga de conservação, é possível construir a Curva Integrada de Recursos, com a iluminação no lado da

demanda e com as mesmas alternativas de geração propostas pelo ICE no seu plano de expansão (Figura 5.3).

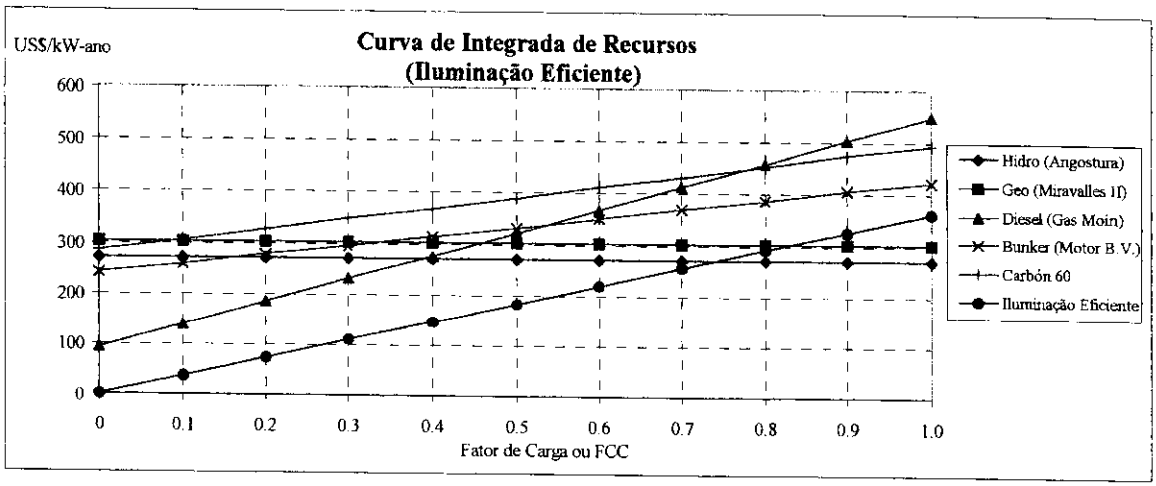


Figura 5.3. Curva Integrada de Recursos com a Iluminação como Medida no Lado da Demanda.

Os programas de gerenciamiento da demanda só serão economicamente efetivos quando a linha esteja abaixo das alternativas de geração. Para o caso da iluminação eficiente, a medida pode ser efetiva com fatores de conservação de carga de até 0,7, sendo uma boa opção para substituir energia no horário de ponta.

5.7. Cocção como Recurso do Lado da Demanda

Nesta seção pretende-se descrever as avaliações no uso final da cocção analisadas por Herrera, (Ref. H3) para assim poder integrá-las como mais um recurso no lado de demanda.

Segundo estas avaliações para obter o fator de carga de conservação da medida de gerenciamento da demanda no uso final da cocção foram utilizados os parâmetros da tabela 5.4.

Tabela 5.4. Custo Anual por kW Economizado para a Cocção.

Parâmetros	
Taxa de desconto	12%
Economia (kWh)	1 297
Preço Geradora (US$/kWh)	0,130
Vida útil (anos)	10
FRC	0,177
Redução Potência Média na Ponta (W)	230
Cálculos	
Custo Capital Adicional ($)	241,0
Custo Capital Anual ($/ano)	42,7
Custo Total Anual ($/ano)	42,7
C.Ene.Conservada.(US$/kWh)	0,033
Fator de carga de conservação (FCC)	0,64
C.Anual p/KW Econ.($/KW-ano)	185,01

Fonte: Herrera, A.,1996; Ref. H-3.

A economia anual por cada kW é de US$ 185,01 com um fator de carga de conservação de 0,14. Quando há variação no FCC da cocção e superposta na curva de alternativas de oferta, obtém-se a curva de alternativas de oferta e demanda incorporando a opção de substituição dos fogões para cocção (Figura 5.4).

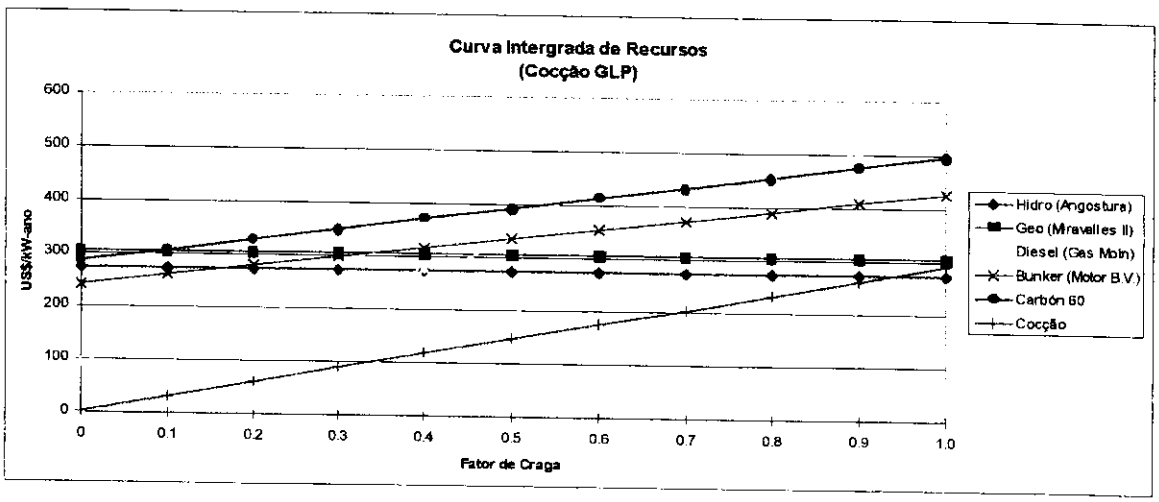


Figura 5.4. Curva Integrada de Recursos com a Cocção no Lado da Demanda.

Dos resultados da medida de substituição no uso final da cocção, pode se concluir que para valores do fator de carga de conservação de 0 a alternativa

alternativa de substituição de fogões é de custo menor que as demais opções de geração, e para valores de até de 0,9 a alternativa segue sendo economicamente atrativa para a concessionária. A opção de substituição além de ser economicamente atrativa para substituir energia na ponta pode ser utilizada para substituir energia durante os períodos de base, devido ao menor custo em relação às opções de geração.

5.8. Integração dos recursos de Iluminação e Cocção.

Se as curvas anteriores são então superpostas, pode-se obter a curva dos diferentes recursos envolvidos neste estudo, com a iluminação e a cocção como alternativas no lado da demanda (Figura 5.5).

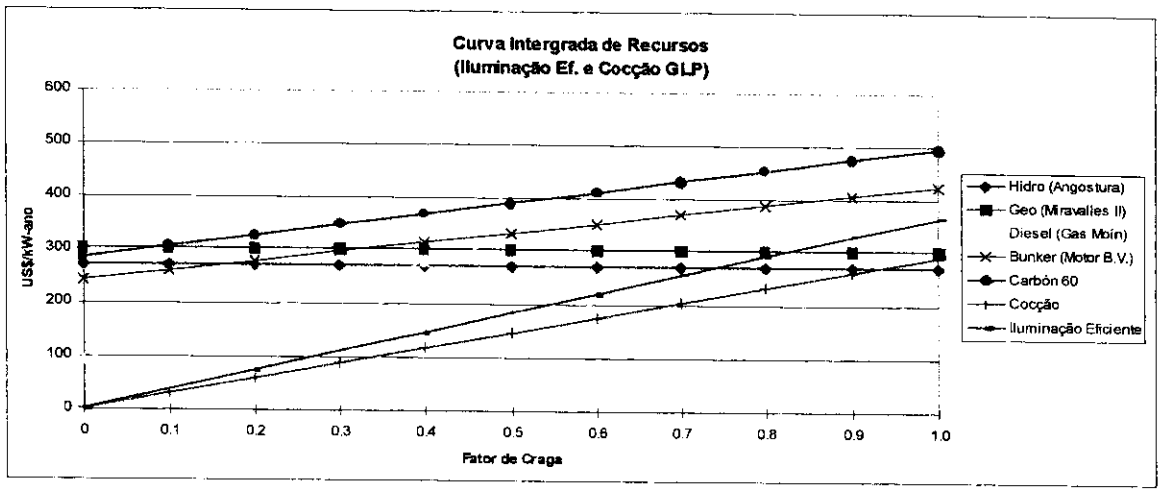


Figura 5.5. Integração dos Recursos de Oferta e Demanda.

A cocção neste caso, segue sendo a alternativa economicamente mais efetiva desde o ponto de vista da integração dos recursos de demanda e oferta.

5. 9. Análise de incertezas

Para a análise de incertezas deve ser considerada uma série de possíveis condições que podem-se dar no futuro. A análise pode ser feita com as

técnicas de cenários, na qual são construídos vários futuros possíveis e onde identificam-se os diferentes recursos que podem satisfazê-los.

5.9. 1 Cenários de Projeção

As representações das projeções, estão vinculadas à modelização de sistemas. Estes sistemas foram no começo projetados do lado da oferta mediante os modelos econométricos na qual caracterizavam-se pela pouca quantidade de informação necessária e por sua base de cálculo puramente estatística. Estes modelos são utilizados por algumas concessionárias devido à pouca necessidade de dados e porque a exatidão dos resultados quantificam-se baseados nas propriedades estatísticas.

Os modelos que incorporam os usos finais para projetar o consumo de energia, utilizam hipóteses de evolução de seus requerimentos energéticos ligados à socio-economia, modificações tecnológicas e de contexto de oferta das diversas fontes. Assim, um estudo de cenários está à procura de organizar as incertezas, investigando as diferentes alternativas e políticas, e avaliando estratégias em contextos incertos (Barriga S. L. A., 1995; Ref. B-1.).

5.9. 2 Cenário de Eficiência Congelada

No cenário de Eficiência Congelada considera-se os mesmos parâmetros de comportamento do sistema no ano base para o futuro, isto quer dizer, que não há ganhos na eficiência e os consumos específicos se mantém iguais ao ano base.

5.9. 3 Cenário Tendencial

No cenário tendencial é assumido um aumento da eficiência de forma natural, na ausência dos programas de uso racional e gerenciamento da demanda.

Neste cenário o crescimento da penetração das tecnologias de maior eficiência é devido à troca de equipamento ao final de sua vida útil e o crescimento vegetativo do número de ligações em cada estrato. Os programas que incentivam a conservação de energia neste caso não existem.

5.9. 4 Cenário Eficiente

No cenário eficiente é considerada uma penetração do uso de equipamento mais eficiente em 100%. Neste cenário o uso de equipamento mais eficiente está disponível cada ano para substituir os obsoletos e para satisfazer o crescimento vegetativo.

Para este trabalho, serão considerados os cenários de *eficiência congelada* e *futuro eficiente* no crescimento da posse de lâmpadas e crescimento do consumo

Para estimar o crescimento do número de lâmpadas nas residências vão ser considerados os seguinte dados e supostos (Herrera, H. A., 1996; ref. H-3) :

1. A área abastecida pela CNFL representa 45% do total da população do país, e consome o 50% da energia elétrica produzida.

2. O setor Residencial representa 90% dos clientes totais da CNFL concentrados na região Metropolitana e o consumo de energia na iluminação representa 20% do consumo do total neste setor (OLADE, ref. O-1).

3. Assume-se o ano de 1995 como o ano base para complementar o estudo de Herrera, H. A, 1996, além de ser o ano base para as projeções de demanda do ICE de onde foram tomados os dados para este trabalho.

4. A população da região metropolitana no ano 1995 foi de 1,6 milhões com uma média de 5,5 pessoas por ligação.

5. A previsão do crescimento da população para o ano 2015 nesta região é de 2,3% anual. Supõe-se também, que a quantidade de pessoas por ligação é a mesma.

6. A posse de lâmpadas no setor residencial é de 98% para o ano base (Negri de Magalhães; Ref. N-1).

7. 82,8% das lâmpadas são incandescentes e o resto são fluorescentes (DSE, 1995; Ref. D-2)

Para estimar o potencial de economia no futuro eficiente, se agregam os seguintes supostos aos anteriores:

8. A quantidade de lâmpadas incandescentes diminuirá de tal forma que para o ano 2015 somente estarão em uso 50% delas.

9. A quantidade adicional de lâmpadas requeridas será suprida com LFCs.

Com as suposições anteriores é possível construir a curva da quantidade de lâmpadas que vão ser compradas para o período 1995-2015 (Figura 5.6).

No cenário eficiência congelada o número de lâmpadas que vão ser compradas é de 1352000 para o ano de 2015, das quais 1097000 serão lâmpadas incandescentes e as restantes LFCs. Isto se se continua com a mesma utilização do ponto 7 dos supostos anteriores.

No cenário eficiente o uso das lâmpadas incandescente diminuirá sendo seu número de 549000 e a utilização das lâmpadas fluorescentes compactas aumentará para 804000 no ano de 2015. No Cenário eficiente para o ano de 2015, somente 41,4 % serão lâmpadas incandescente e 58,6 % serão LFC.

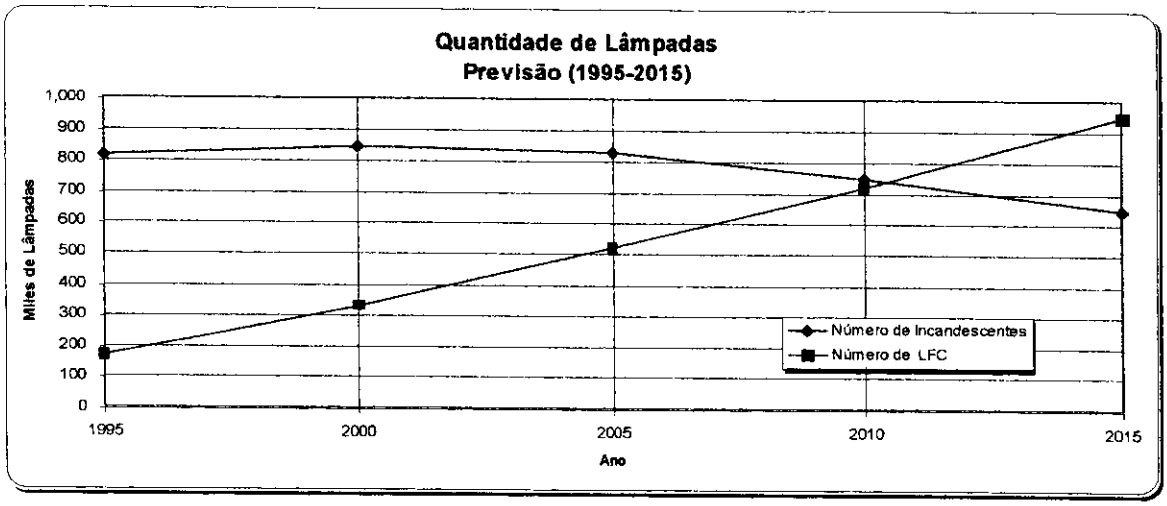


Figura 5.6 Evolução da compra de lâmpadas no setor residencial de acordo ao cenário de futuro eficiente.
Nota: Para detalhes de cálculo ver Anexo E-2

A evolução do consumo de energia para iluminação nos cenários de eficiência e de eficiência congelada pode ser estimado com as suposições antes mencionadas (Tabela 5.5).

Tabela 5.5 Consumo de Energia e Quantidade de Lâmpadas.

	Quantidade de Lâmpadas Incandescentes (milhares)		Consumo de energia (GWh/ano)	
Ano	*Eficiência congelada*	*Futuro eficiente*	*Eficiência congelada*	*Futuro eficiente*
1995	816	816	162	162
2000	969	848	193	169
2005	1105	829	220	165
2010	1200	750	239	149
2015	1293	646	257	129

Nota 1: As horas de uso ao dia foram obtidas com uma potência da lâmpada de 50W e a média do consumo por cliente. A média para a posse de lâmpadas é de 3,2, Negri de Magalhães C., 1992; Ref.
Nota 2: Supondo a potência da lâmpada incandescente de 50 W.
Cálculo Anexo E-2.

No cenário de eficiência congelada o consumo de eletricidade devido à iluminação passaria de 162 GWh para 257 GWh no ano de 2015, enquanto que para o cenário eficiente diminuiria para 129 GWh para esse mesmo ano com a utilização extensiva das LFCs. A diferença desses cenários é o potencial de economia que poderia ser obtida com programas de substituição. Na Figura 5.7 é mostrada esses dois cenários de consumo.

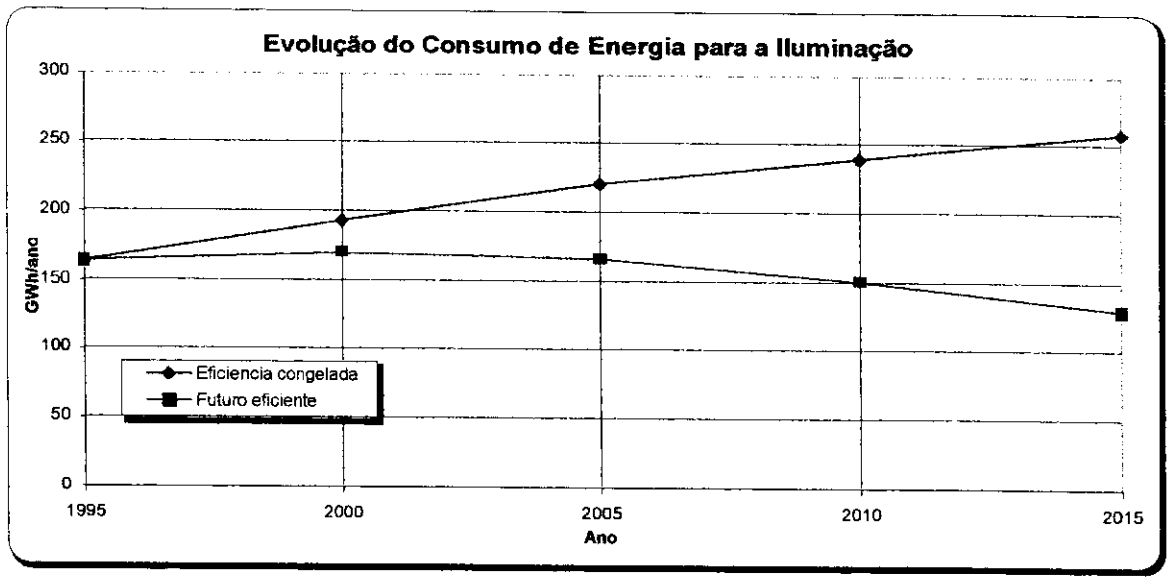


Figura 5.7. Evolução do consumo de energia na iluminação do setor residencial segundo os cenários de *eficiência congelada* e *futuro eficiente*.

Nota: Para detalhes de cálculo ver anexo E-2.

As estimativas da evolução do consumo de energia na iluminação no cenário de futuro eficiente podem ser obtidas com as suposições já mencionadas, e são comparadas com o cenário de eficiência congelada (tabela 5.6).

Tabela 5.6. Previsões e Potencial de economias na iluminação no horizonte 1995-2015.

Potencial de Economias na Iluminação Residencial					
Previsões e economias	1995	2000	2005	2010	2,015
Energia					
Cenário Base (GWh)	4595	5630	7285	9186	11564
Cenário CNFL (GWh)	2298	2815	3643	4593	5782
Cenário Eficiência Congelada	162	193	220	239	257
Cenário Futuro Eficiente	162	169	165	149	129
Economia (GWh)	0	24	55	90	129
Potência					
Previsões demanda (MW)	963	1,288	1,676	2,078	2,590
Previsões CNFL (MW)	482	644	838	1,039	1,295
Economia (MW)[(2)]	0	4	10	17	24
Economia (%)	0.0%	0.7%	1.2%	1.6%	1.8%

Nota 1: A CNFL consome 45% da energia produzida e é responsável por 50% da demanda.
Nota 2: A diminuição na demanda e calculada como o produto da demanda reduzida por cada lâmpada substituída (50 W) pela quantidade destes lâmpadas.
Nota 3: Considera-se um fator de coincidência no cálculo de diminuição da demanda de 0,74, Negri de Magalhães, 1992; Ref.
Nota 4: Detalhes do cálculo no AnexoE-2.

No cenário de eficiência congelada o consumo passaria de 162 GWh no ano considerado como base (1995), até 257 GWh para o ano de 2015, isto sem a implementação de nenhum programa de racionalização. No cenário eficiente o consumo de energia é reduzida de 162 GWh para 129 GWh, utilizando os programas de gerenciamento. O potencial de economia é a diferença entre os dos cenários que poderia ser de 129 GWh para o ano de 2015.

As previsões da demanda mostram uma diminuição de 1,8 % para o ano de 2015, que representariam 24 MW de potência instalada que não seriam necessárias para os planos futuros de expansão na geração de eletricidade.

5.10 Integração dos Recursos pela curva Cumulativa

Nestes tipos de diagramas, são mostrados os custos dos recursos de geração e a energia produzida por estes cada ano, e são comparados com aqueles recursos de gerenciamento da demanda, incluindo seus custos de conservação e a energia economizada para cada ano no horizonte previsto.

Na tabela 5.7 estão incluídas as usinas térmicas no planejamento do ICE que entrarão em funcionamento para o período 1998-2015. A potência de cada usina está nesta tabela, assim como a energia produzida por ano.

Tabela 5.7. Recursos Novos Disponíveis pelo Lado da Oferta.

Usina	Potência (MW)	Energia (GWh/ano)
Gás Moín (4ta turbina)	33	43
Gás Moín (5ta turbina)	33	43
Motor baixa veloc.	24	84
Ciclo combinado (Bunker)	34	45
Ciclo combinado (Diesel)	34	45
Carvão 60	54	341
Carvão 66	59.4	375
Carvão 125	112.5	710

Fonte: Herrera Ref. H-3.

Segundo as previsões de consumo de energia pelos cenários de eficiência congelada e futuro eficiente é possível obter a economia para cada ano no horizonte de planejamento. Na tabela 5.8 observa-se a diferença entre o cenário de eficiência congelada e o cenário eficiente, o que da a economia prevista para os anos no horizonte marcado. As previsões de potência também são mostradas nesta tabela.

Tabela 5.8. Potencial de Economias na Iluminação.

Previsões e economias	1995	2000	2005	2010	2015
Energia					
Cenário Ef. Congelada (GWh)	162	193	220	239	257
Cenário Futuro Eficiente (GWh)	162	169	165	149	129
Economia (GWh)	0	24	55	90	129
Potência					
Previsões demanda (MW)	963	1288	1676	2078	2590
Previsões CNFL (MW)	482	644	838	1039	1295
Economia (MW)	0	4	10	17	24
Economia (%)	0.0%	0.7%	1.2%	1.6%	1.8%

Fonte: Elaboração própria.

No caso da cocção são mostradas também essas mesmas informações de energia e potência no horizonte estabelecido.

Tabela 5.9. Potencial de Economias na Cocção.

Previsões e economias	1995	2000	2005	2010	2015
Energia					
Cenário Ef. Congelada (GWh)	416	467	519	546	588
Cenário Fut. Eficiente (GWh)	416	409	389	341	294
Economia (GWh)	0	58	130	205	294
Potencia					
Previsões demanda (MW)	963	1,288	1,676	2,078	2,590
Previsões CNFL (MW)	482	644	838	1,039	1,295
Economia (MW)	0	9,63	21,28	33,49	48,16
Economia (%)	0.0	1.50	2.54	3.22	3.72

Fonte: Herrera A. Ref. H-3.

Com estes dados é possível construir a curva cumulativa tanto dos recursos do lado da oferta como aqueles do lado da demanda, comparando-os com seus custos, seja de geração ou os custos de conservação da energia.

Estas curvas podem ser construídas tanto com as usinas que estão atualmente em funcionamento como aquelas que vão ingressar no futuro já planejado. Para as curvas incluídas neste trabalho, somente foram consideradas as usinas que vão ser construídas no a curto o mediano prazo.

Foi tomado um fator de capacidade de 0,1, tanto para as usinas novas quanto para o fator de conservação de energia para os programas de gerenciamento.

Com os dados acima mostrados pode-se construir a curva cumulativa dos recursos do lado da oferta como aquelas do lado da demanda. Na figura 5.8 está a curva para as previsões do ano 2000.

Neste caso as economias em energia poderiam ser de 24 GWh, com uma potência deslocada possível de 4 MW para o uso final da iluminação. O custo de conservar energia na troca de lâmpadas é de 0,0414 US$/kWh. Para a cocção a economia prevista para esse mesmo ano é de 58 GWh e uma potência de 9,6 MW . O custo da energia economizada é de 0.033 US$/kWh. Na figura 5.8 também estão os custos das usinas novas e a energia que vão a gerar por ano.

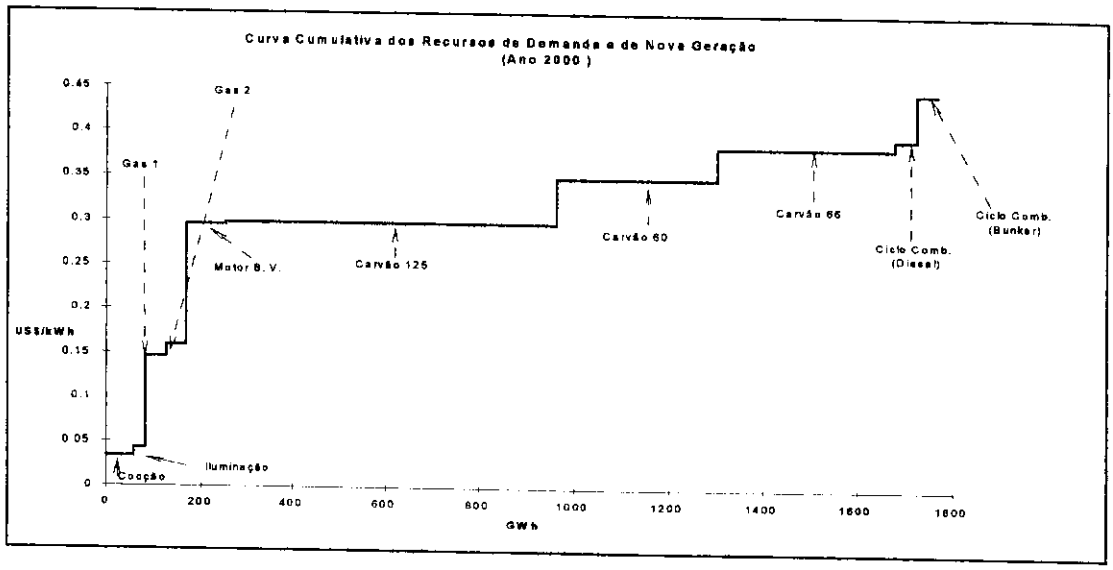


Figura 5.8. Curva Cumulativa dos Recursos de Demanda e de Nova Oferta para o ano 2000.

As previsões para o ano 2005 são apresentadas na figura 5.9. Para este ano as economias por iluminação podem ser de 55 GWh e por potência de 10 MW. Para a cocção as economias possíveis são de 130 GWh e de 21,3 MW neste ano.

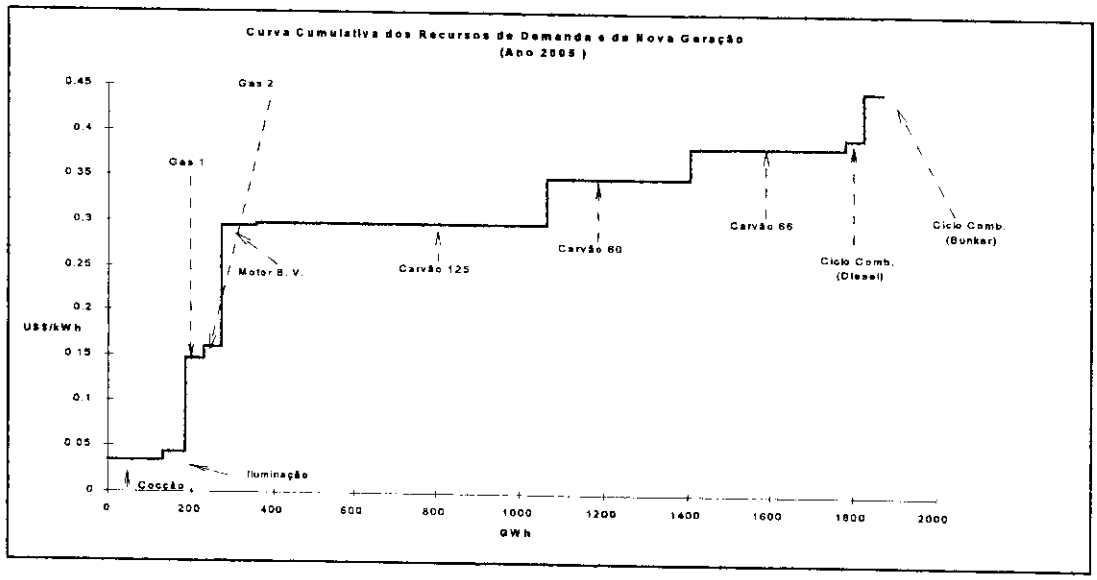


Figura 5.9. Curva Cumulativa dos Recursos de Demanda e de Nova Oferta para o ano 2005.

Para o ano 2010, as economias em iluminação de energia poderiam ser de 90 GWh e de potência de 17 MW. A cocção apresenta uma economia de 205 GWh e 233 MW em potência.

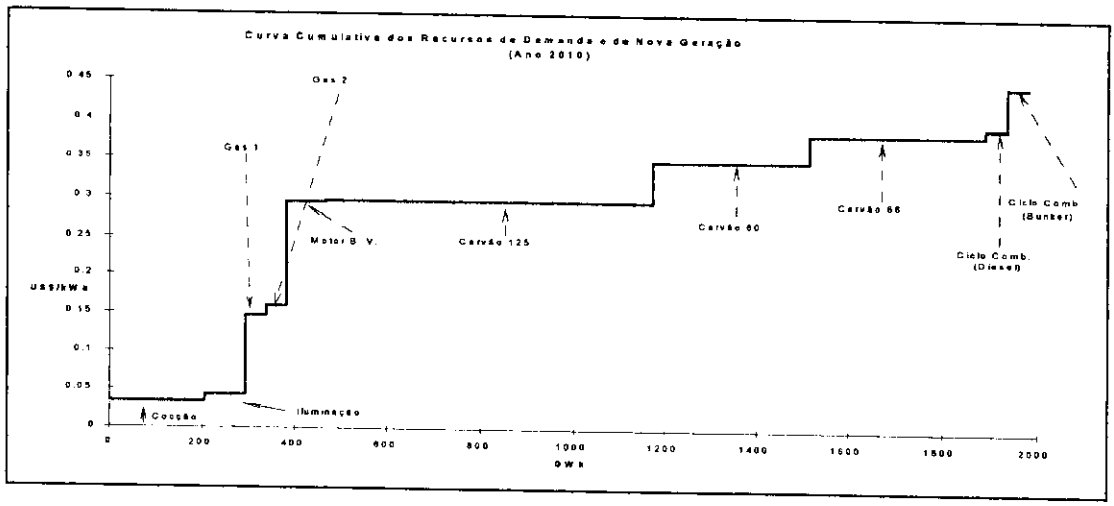


Figura 5.10. Curva Cumulativa dos Recursos de Demanda e de Nova Oferta para o ano 2010.

Considerando a Implementação do programa em iluminação as necessidades em potência poderiam diminuir no em 24 MW, ou seja 129 GWh. Enquanto que na troca de fogões a diminuição em potência seria de 48,1 MW (figura 5.11).

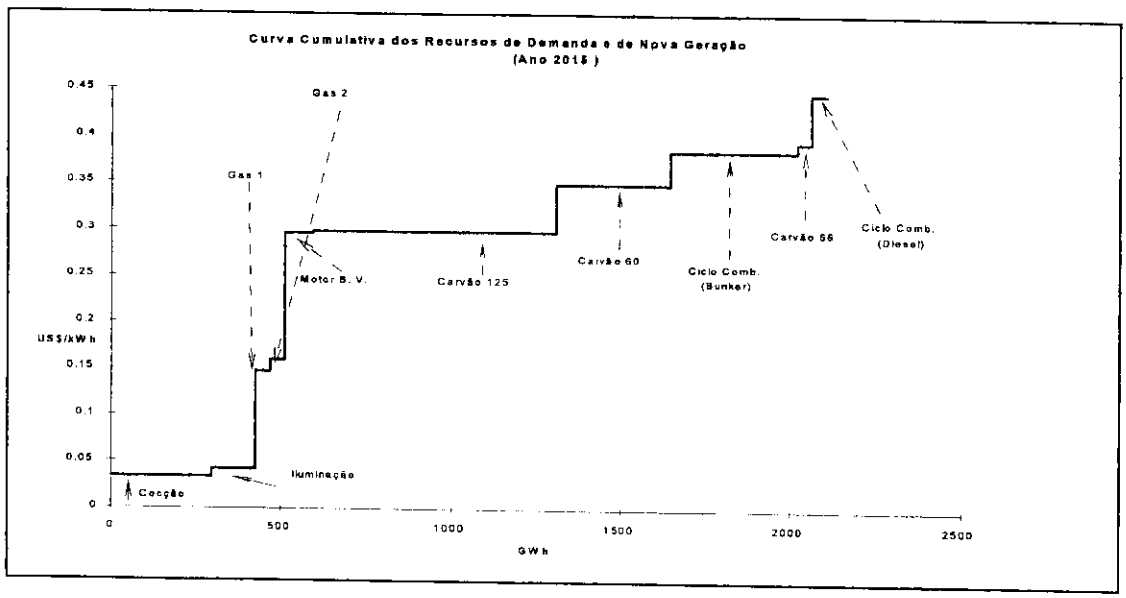


Figura 5.11. Curva Cumulativa dos Recursos de Demanda e de Nova Oferta para o ano 2015.

CAPÍTULO VI

SUMÁRIO, CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

SUMÁRIO E CONCLUSÕES

As principais conclusões do estudo dos possíveis impactos de programas, tanto no uso final da iluminação, como na cocção são os seguintes:

1. **Os estudos de caraterização da carga feitos na Costa Rica mostram que uns poucos usos finais são responsáveis por uma parcela importante no consumo de energia do país.**

Assim, a participação dos usos finais no consumo do setor residencial em cada bloco pode ser vista na tabela 6.1. Segundo esta tabela os principais usos finais consumidores de energia são a Cocção, Iluminação e Refrigeração, sendo de maior importância a Cocção.

Tabela 6.1. Consumo dos Usos Finais

Participação dos usos finais no consumo do setor residencial					
Uso	**Estrato 1**	**Estrato 2**	**Estrato 3**	**Estrato 4**	**Setor**
	(%)	**(%)**	**(%)**	**(%)**	**(%)**
Cocção	19	25	25	24	24
Iluminação	16	21	20	22	20
Refrigeração	24	20	19	14	18
Chuveiros	3	4	4	3	4
Tanque de água quente				10	4
Lavado	3	5	7	3	5
Passado de roupa	10	5	5	3	5
Televisão	9	3	3	3	3
Outros	16	17	18	18	17

Fonte: OLADE. Caracterización del Comportamiento de la Demanda de Energía Mediante Mediciones y Encuestas. San José, 1992.

A potência deslocada devido aos programas de eficiência, evitaria ao ICE a construção de algumas das usinas incluídas no seu plano de expansão para esse mesmo período.

Nesta tabela nota-se que a cocção contribui com 24% do consumo total do setor, enquanto que a iluminação é responsável por 20% do consumo e a refrigeração por 18%. Os vários equipamentos incluídos no grupo denominado de outros consome 17% da energia.

No referente á contribuição dos usos finais no pico das 10:00 até as 12:00 do sistema em cada bloco do setor residencial, a participação da cocção é maior em todos os estratos. A iluminação representa somente 1% em todos os estratos para esta hora do dia (tabela 6.2).

Tabela 6.2. Contribuição dos usos Finais nas Horas Ponta.

Responsabilidade nas pontas por uso final Período de Ponta de 10h00-12h00

Uso	Bloco 1 (%)	Bloco 2 (%)	Bloco 3 (%)	Bloco 4 (%)	Setor (%)
Cocção	2	4	7	7	20
Iluminação		1	1	1	3
Refrigeração	1	2	2	2	7
Outros	1	4	8	8	21
Participação total por estrato	4	11	18	18	51

Fonte: OLADE. Caracterización del Comportamiento de la Demanda de Energía Mediante Mediciones y Encuestas. San José, 1992.

Nos estratos de maior consumo nota-se que a participação da cocção é maior no período de ponta da manhã, com 7% de contribuição. A refrigeração é o segundo uso final que participa mais neste período, sendo de 2% nos três últimos blocos.

Neste período de ponta a iluminação não tem grande influência na demanda máxima, porque a grande maioria das residências aproveitam a luz natural para realizar suas tarefas diárias.

Para o período de pico das 17:30h as 19:30h o setor residencial participa com 46% e a cocção reduz a sua participação a 12%, enquanto que a iluminação participa com 15%. (tabela 6.3).

Tabela 6.3. Contribuição dos usos Finais nas Horas Ponta.

Responsabilidade nas pontas por uso final *Período de Ponta de 17h30-19h30*					
Uso	**Bloco 1 (%)**	**Bloco 2 (%)**	**Bloco 3 (%)**	**Bloco 4 (%)**	**Setor (%)**
Cocção	1	3	5	3	12
Iluminação	1	4	6	4	15
Refrigeração		2	3	2	7
Outros	1	3	5	3	12
Participação total por estrato	3	12	19	12	46

Fonte: OLADE. Cracterización del Comportamiento de la Demanda de Energía Mediante Mediciones y Encuestas. San José, 1992.

No pico da tarde os programas de gerenciamento da demanda podem estar enfocados à iluminação residencial, por ter este uso final, maior participação em todos os estratos de consumo, além da cocção que também constitui uma parcela significativa nesta ponta.

A pesquisa feita pela OLADE estabelece que no setor residencial os equipamentos mais difundidos são os fogões (73%), as geladeiras (83%), lavadoras de roupa (87%) e o ferro de passar roupa (92%). No referente á participação no consumo de energia elétrica deste setor, os fogões representam 24%, a iluminação 20% e as geladeiras 18%. Nos períodos de demanda máxima a cocção esta no primeiro lugar com 20% ao meio dia e diminui á 12% na noite. A iluminação contribui com 15% no pico da noite.

2. **Existem possíveis melhorias na eficiência de energia elétrica no uso final da iluminação no setor residencial.**

Foram feitas uma serie de análises da proposta de troca de equipamento na iluminação residencial para o presente trabalho.

Como primeiro passo foi calculado o custo do megalúmen-hora para as alternativas das diferentes tecnologias implicadas. Neste análise utilizou-se uma LFC com uma potência de 20 W que substitui uma lâmpada incandescente de 50 W. Também tomou-se quatro horas de uso diário para as lâmpadas nos cálculos e foram considerados os dados de catálogo (dados nominais) das tecnologias estudadas.

Na tabela 6.4 estão os resultados dos cálculos para as duas tecnologias envolvidas e os diferentes estratos no setor residencial.

Tabela 6.4. Resultados da Análise

RESULTADOS						
ITEM	Lâmpada Incandescente			Fluorescente Compacta		
Estrato	*I&II*	*III*	*IV*	*I&II*	*III*	*IV*
Nj:	0.685	0.685	0.685	6.849	6.849	6.849
FRC:	1.607	1.607	1.607	0.222	0.222	0.222
S:	0.807	0.807	0.807	1.489	1.489	1.489
CI:	0.976	0.976	0.976	1.717	1.717	1.717
CE:	0.380	0.679	1.086	0.082	0.147	0.235
CT:	1.356	1.655	2.062	1.799	1.864	1.952

Onde:

Nj : Número de períodos;

FRC : Fator de recuperação de capital para a lâmpada;

S : Quantia de Mega-lumen produzida no ano;

CI : Custos de investimentos;

CE : Custos de energia e demanda de potência;

CT : Custo total.

A Figura mostra os resultados obtidos, onde nos estratos de menor tarifa o custo para a lâmpada fluorescente compacta é maior que para a incandescente; só no quarto estrato o custo para a LFC é menor.

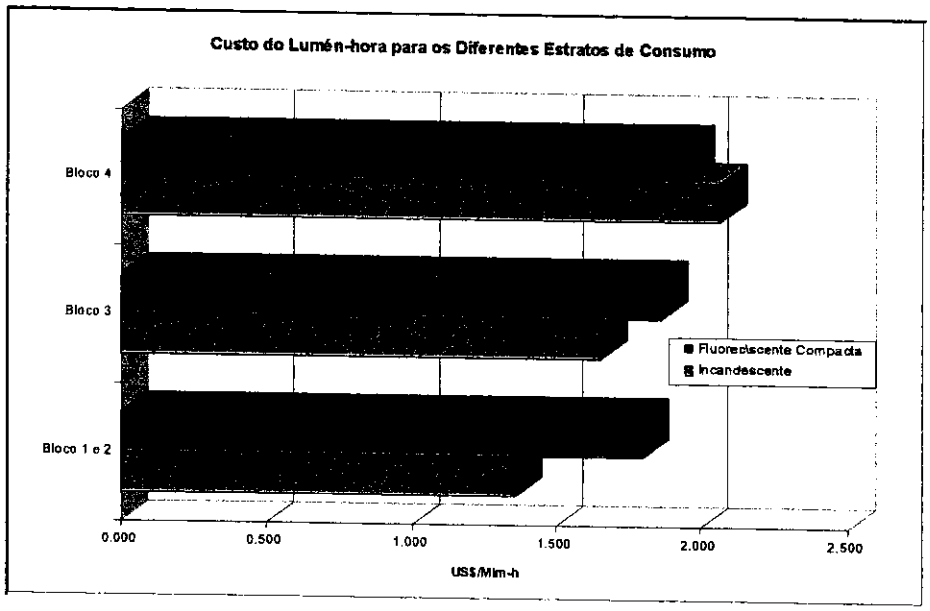


Figura 6.1. Custo do Lúmen-hora para diferentes tarifas.

Segundo os resultados, os estratos de menor consumo não teriam interesse em participar no programa de substituição, a menos que a concessionária dê para eles algum tipo de incentivo. Por exemplo, o incentivo principal que a CNFL dá para seus clientes na compra de LFCs é a facilidade de pagamento, já que elas são parceladas em 12 vezes, sendo pagas através da fatura de eletricidade. Além disso, a CNFL dá para seus clientes pontos pela economia em relação ao mesmo mês do ano anterior, como foi explicado no capítulo 3. Estes pontos podem ser incluídos no montante da divida pela compra das LFCs, com o que a conta pela compra da LFC, poderia ser reduzida em alguma medida.

Análise das Perspectiva Envolvidas

Perspectiva do Consumidor Participante

A análise de custo e beneficio do consumidor, depende dos preços da eletricidade, os quais geralmente são subsidiados. Nesta análise foram considerados os diferentes estratos de consumo que tem diferentes tarifas no preço da eletricidade.

Foi calculado o tempo de retornos simples para cada um dos estratos de consumo (tabela 6.5). Com este método de análise, o Bloco 4 apresenta um tempo menor de retorno do investimento em relação aos outros blocos de consumo.

Tabela 6.5. Tempo de Retornos Simples para os diferentes blocos de consumo.

TRS			
Estrato	***I & II***	***III***	***IV***
(anos)	5.98	3.35	2.09
(meses)	71.75	40.18	25.11
(dias)	2182.54	1222.22	763.89

Também foi calculado o custo de ciclo de vida anualizado para cada um dos estratos e é mostrado na tabela 6.6.

Tabela 6.5. Custo de ciclo de vida.

	Incandescente			***Fluorescente Compacta***		
Estrato	I & II	III	IV	I & II	III	IV
Custo de elet. valor presente	17.32	30.93	49.50	6.93	12.37	19.80
LCC (US$)	21.86	35.48	54.04	21.72	27.17	34.59
CCVA (US$/ano)	3.87	6.28	9.56	3.84	4.81	6.12
CCVANE (US$/ano)	0.80	0.80	0.80	2.62	2.62	2.62

Para o bloco 1 e 2 a diferença do CCVA entre a lâmpada incandescente e a LFC é de apenas 0,78%, para o bloco 3, é de 23 % e para o bloco 4 eqüivale a 36%.

No referente á Taxa Interna de Retorno, os resultados da avaliação são de 9.47%, 29,71% e de 51,27%, para os estratos I e II, III e IV, respectivamente . Foi considerado para o TIR que os pagamento são feitos ao final de cada ano. Os estratos de maior consumo indicam vantagens no investimento da LFC.

Também foi feita uma análise de sensibilidade das figuras de mérito antes indicadas com a variação dos parâmetros mais importantes (ver Anexo D). Na figura 6.2 observa-se a variação do Tempo de Retorno Simples (SP) para diferentes horas de uso ao dia nos estratos de consumo da CNFL.

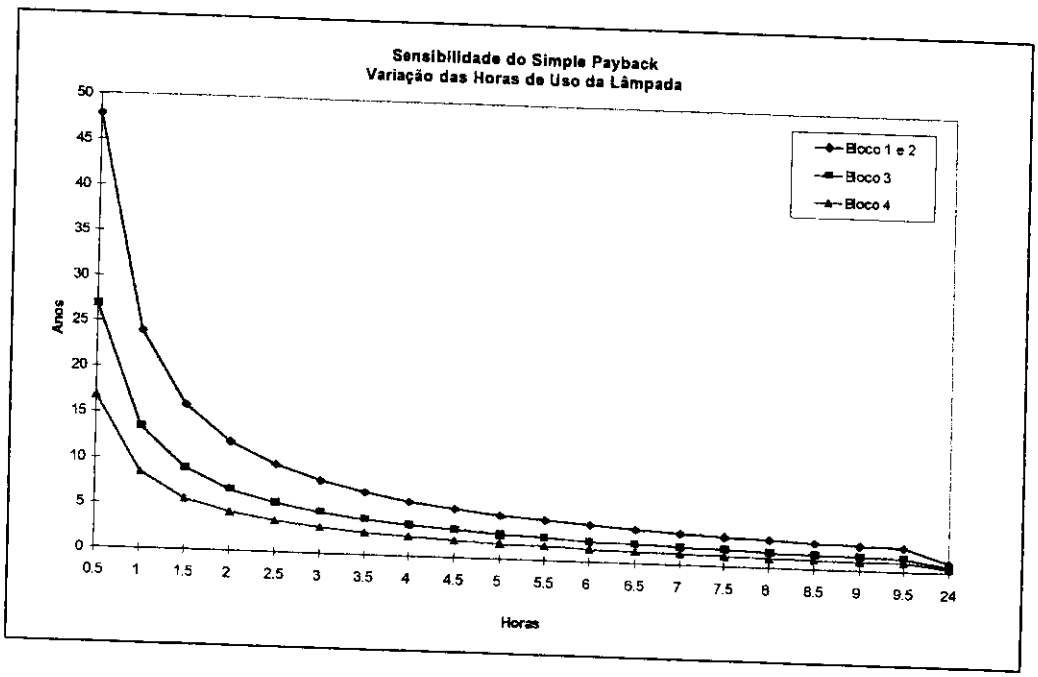


Figura 6.2. Variação do Tempo de Retorno Simples.

As variações para o CCVA para cada estrato de consumo segundo as horas de uso por dia tanto da lâmpada incandescente como a LFC, são apresentadas nas Figuras 6.3, 6.4. e 6.5.

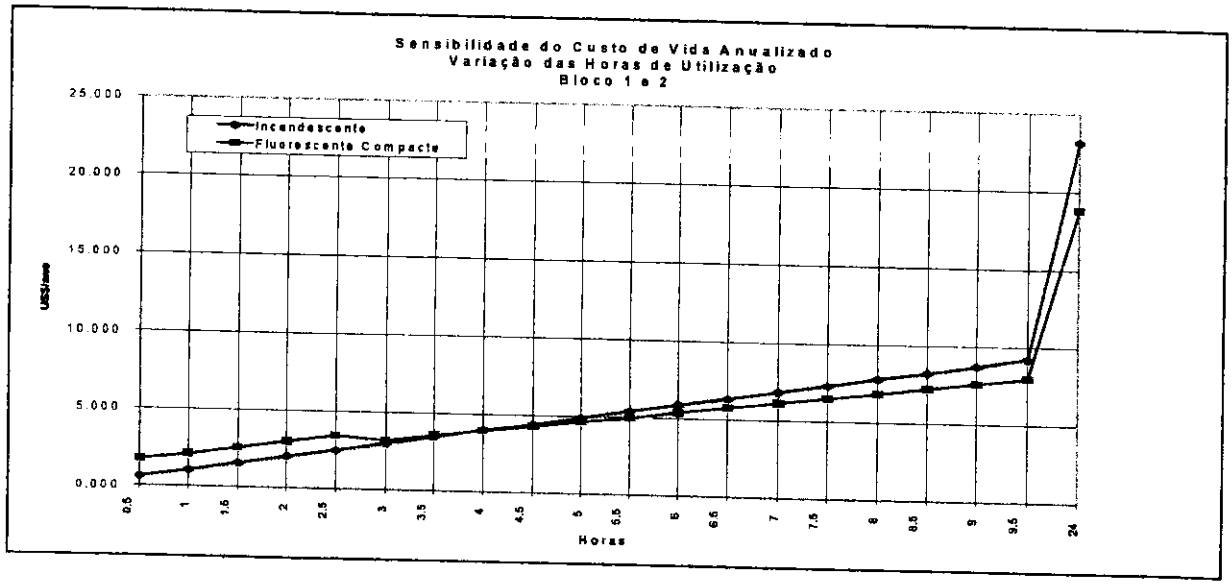


Figura 6.3. CCVA. Variação das Horas de Uso. Bloco 1 e 2.

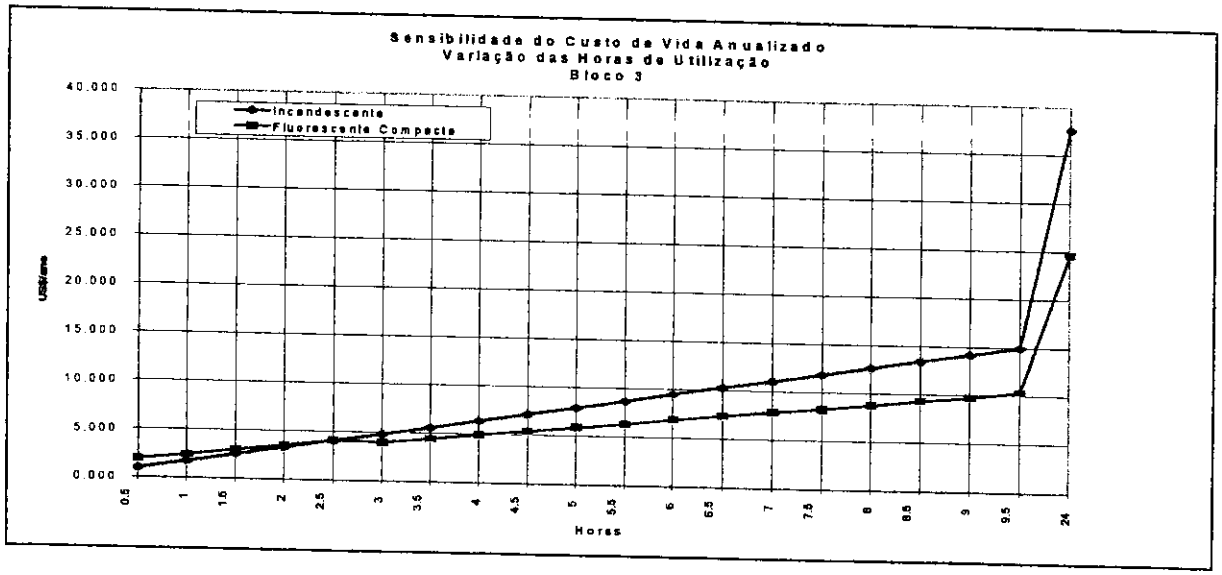


Figura 6.4 CCVA. Variação das Horas de Uso. Bloco 3.

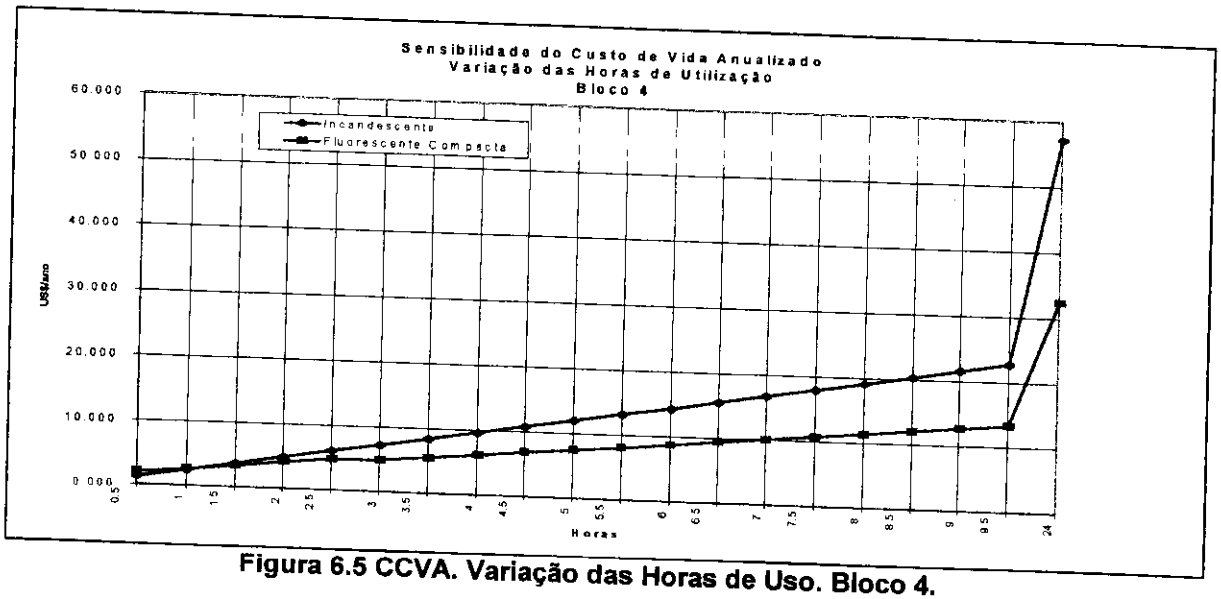


Figura 6.5 CCVA. Variação das Horas de Uso. Bloco 4.

Os resultados do análise beneficio-custo revelam que os cálculos são positivos para todos os estratos envolvidos, sendo maior para o quarto estrato, por ter uma tarifa maior. Nota-se que os setores com maiores consumos terão também maior motivação na substituição de lâmpadas.

Os custos do investimento podem incluir o preço da lâmpada, o reator e a luminária. Para os cálculos dos grupos envolvidos só foi considerado o custo da lâmpada, devido a que o preço do reator já está considerado nesta, além de que assume-se uma substituição direta entre tecnologias, sem precisar de equipamento adicional.

A tabela 6.8 mostra os cálculos realizados na avaliação do cliente participante.

Tabela 6.8. Cálculo dos resultados para as a perspectiva do consumidor participante.

Análise do consumidor			
Estrato	***I & II***	***III***	***IV***
Tarifas de eletricidade para os clientes (US$/kWh)	0.042	0.075	0.120
Custo de potência para o Cliente (US$/kW)	0.00	0.00	0.00
Custos			
Custo de investimento - CCVA (US$/ano)	1.81	1.81	1.81
Benefícios			
Redução consumo energia (kWh/ano)	43.80	43.80	43.80
Redução da despesa energia (US$/ano)	1.84	3.29	5.26
Balanço			
Benefícios-Custos (US$/ano)	0.03	1.47	3.44

A figura 6.6 mostra os resultados do programa de substituição para a perspectiva do consumidor e para os diferentes estratos de consumo.

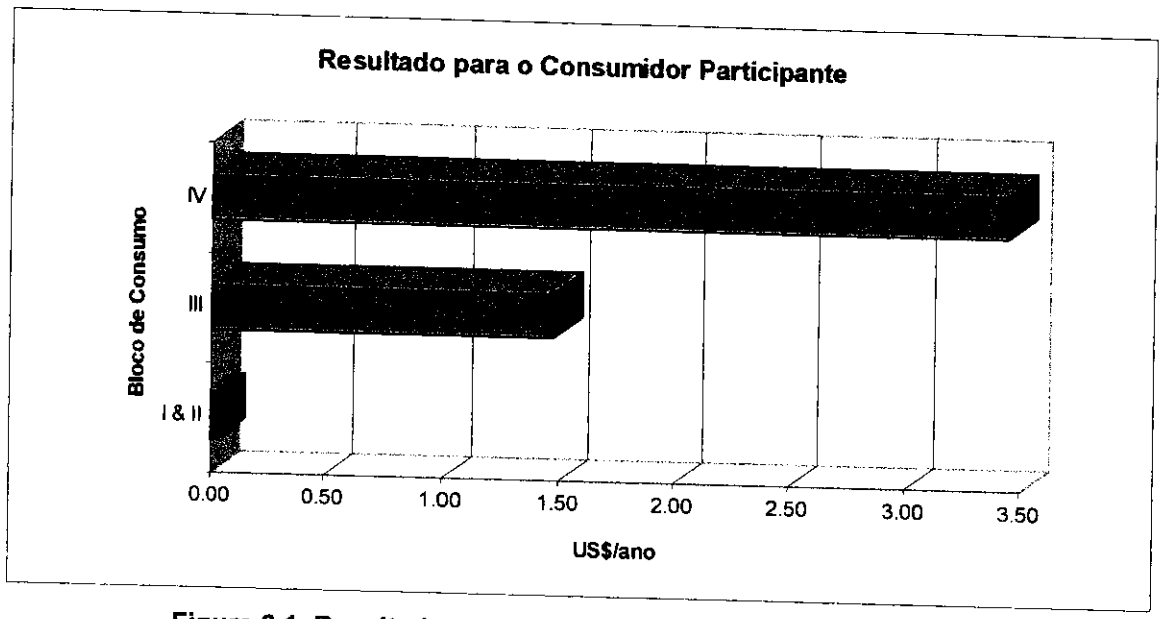


Figura 6.1. Resultado para o consumidor participante da troca.

Análise para a Concessionária Distribuidora

Para a Compañía Nacional de Fuerza e Luz o principal atrativo neste tipo de projetos depende da diminuição da compra de energia e do bloco tarifário do consumidor que compra a nova lâmpada.

A CNFL compra ao ICE energia por 0,03US$/kWh e a potência a um custo de 9,9US$/kW-mês e cobra aos consumidores somente encargos por energia. Os dados e resultados da avaliação são apresentados na tabela 6.9.

Tabela 6.9. Análise de substituição de lâmpadas, perspectiva da concessionária distribuidora.

Dados para a distribuidora			
Custo de expansão transm.+distrib. [US$/kW]		1200	
Vida [anos]		30	
FRC (Trans. & Dist).		0.124	
Custo de potência para a distribuidora [US$/kW]		9.90	
Custo médio de energia para a distribuidora [US$/kWh]		0.047	
Estrato	**I & II**	**III**	**IV**
Tarifas de eletricidade para os clientes [US$/kWh]	0.042	0.075	0.120
Custos			
Diminuição de receitas Energia (US$/ano)	1.84	3.29	5.26
Diminuição de receitas Potência (US$/ano)	0	0	0
Custos administrativos (US$/ano)	0.16	0.16	0.16
Benefícios			
Redução por compra em energia US$/ano	2.07	2.07	2.07
Redução por compra em potência US$/ano	127.66	127.66	127.66
Benefício-Custo		0.000	0.000
Resultado econômico (US$/ano)	127.73	126.28	124.28

Os preços da eletricidade variam segundo o bloco de consumo, assim, para os blocos menores, o preço é mais baixo, com subsídios de parte da empresa para estes estratos. Além dos subsídios por energia, a concessionária não cobra os encargos por potência, embora, esta diferença seja cobrada para os outros setores, como o comercial e o industrial.

Do ponto de vista da concessionária distribuidora, o balanço benefício-custo é positivo para todos os estratos. Para a distribuidora acontece o contrário que para o cliente participante, pois o benefício é maior no estrato de menor consumo (figura 6.7). O anterior é devido a que as tarifas para este setor são mais baixas e tem um nível maior de subsidio.

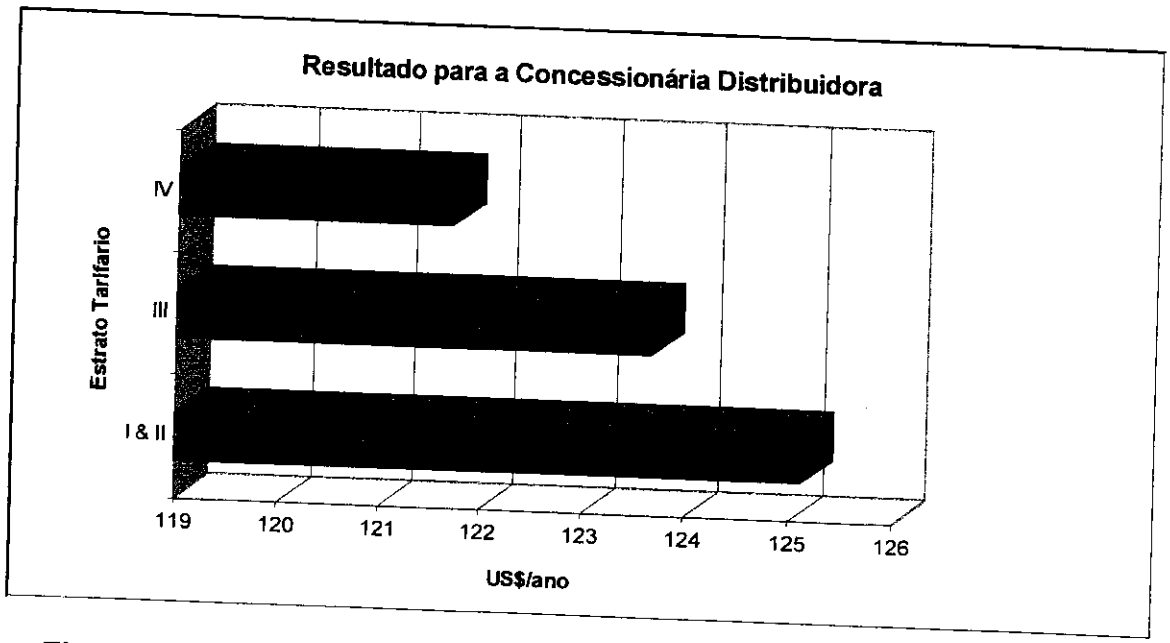


Figura 6.7 Balanço Financeiro para a Concessionária de Distribuição.

Os resultados mostram que a CNFL teria benefícios em todos os estratos tarifários, principalmente nos de menor consumo.

Análise para a Geradora

Na tabela 6.10 estão os dados e os resultados da avaliação para a concessionária geradora. Observa-se que a concessionária geradora tem benefícios nas duas épocas do ano, mas no inverno o beneficio é maior devido a que os preços são mais baixos nesse período. Os benefícios aumentariam US$ 0,72 no verão e US$ 1,06 no inverno com um balanço liquido US$ 1,82 por ano.

Tabela 6.10 Resultados da Avaliação para a Concessionária Geradora.

Análise da concessionária geradora		
Dados para a geradora		
Vida [anos]	25	
FRC (Geração).	0.127	
Custo de expansão geração (US$/kW)	800	
Época do ano	Verão	Inverno
CMLP na Ponta (Produtores privados)		
Custo de energia para a geradora (US$/kWh)	0.052	0.040
Custo da potência para a geradora (US$/kW)	71.30	17.10
Preço Venda		
Energia (US$/kWh)	0.05	0.05
Potência (US$/kW-ano)	79.20	39.60
Custos		
Diminuição de receitas Energia (US$/ano)	1.38	0.69
Diminuição de receitas Potência (US$/ano)	1.76	0.38
Benefícios		
Compra ou Geração de Energia (US$/ano)	2.28	1.75
Compra ou Investimentos em potência (US$/ano)	1.58	0.38
Benefício-Custo		
Resultado econômico (US$/ano)	0.72	1.06

Perspectiva da Sociedade

A iluminação residencial coincide com as horas ponta no período da tarde. A utilização de fluorescentes compactas pode ajudar à reduzir os investimentos para a geração de energia elétrica nos períodos de máxima demanda.

Os benefícios da troca de lâmpadas podem ser obtidas através da comparação dos custos marginais de expansão do sistema, assim como a redução no consumo de combustíveis para a geração de energia. Estos custos são de 597 US$/kW para a expansão e geração e de 0,052 US$/kWh dos combustíveis.

Os dados e resultados da perspectiva da sociedade são apresentados na tabela 6.11.

Tabela 6.11. Balanço Social da Substituição na Tecnologias.

Perspectiva da sociedade	
Número de Trocas	140000
Custo de expansão e geração (US$/kW)	597
Custo de Combustível (US$/kWh)	0.052
Eficiência média da nova geração	38%
Anos de vida util	15
Taxa de juros	12%
FRC	0.147
Benefícios	
Redução do consumo de combustível (US$/ano)	318864
Investimento evitado (CCVA)	61368
Custos	
Custo de investimento (CCVA) US$/ano	254009
Custos Administrativos (US$/ano)	22392
Balanço	
Benefício-Custo (US$/ano)	103831

Para os cálculos considerou-se o total das lâmpadas adquiridas pela CNFL no seu programa de substituição na área metropolitana (140 000).

Os benefícios financeiros totais para a sociedade são positivos para o caso do programa de troca de lâmpadas incandescentes por lâmpadas mais eficientes.

3. **Com a implementação de programas de gerenciamento da demanda existe um potencial de redução na necessidade de novos investimentos na expansão do sistema elétrico.**

Para avaliar os distintos recursos, tanto no lado da oferta como no lado da demanda no planejamento do sistema elétrico, foram considerados os programas de eficiência na iluminação, assim de substituição de energéticos na cocção.

Iluminação Eficiente como Recurso do Lado da Demanda

Foram avaliadas as oportunidades da substituição tecnológica na iluminação no setor residencial.

Para avaliar os recursos do lado da demanda, deve ser definido o conceito de fator de conservação da carga (FCC). O FCC é equivalente ao fator de capacidade para uma usina geradora e relaciona as economias de um programa de substituição nas horas de máxima demanda com as economias totais de energia.

O cálculo para obter o FCC é feito com os dados da tabela 6.12. Para os dados utilizados o FCC para iluminação é de 0,17 e o custo anual por kW economizado é de US$ 60,5.

Tabela 6.12. Cálculo do Custo Anual por kW Economizado para a Iluminação.

Parâmetros	
Taxa de desconto	12%
Capacidade Conservada na Base-CCb [W]	5.00
Preço Geradora (US$/kWh)	0,130
Período de análise (anos)	10
FRC (efetivo)	2.17
Capacidade Conservada na Ponta - CCp [W]	0.02
Cálculos	
Custo Capital Adicional ($)	11.5
Custo Capital Anual não energético (US$/ano)	2.62
Custo da Energia Conservada-CEC [US$/MWh]	41.42
Fator de carga de conservação (FCC)	0.17
C.Anual p/KW Econ.($/KW-ano)	60.48

Com a análise de variação do fator de carga da conservação, é possível construir a Curva Integrada Seleção de Recursos, com a iluminação no lado da demanda e com as mesmas alternativas de geração propostas pelo ICE no seu plano de expansão (figura 6.8).

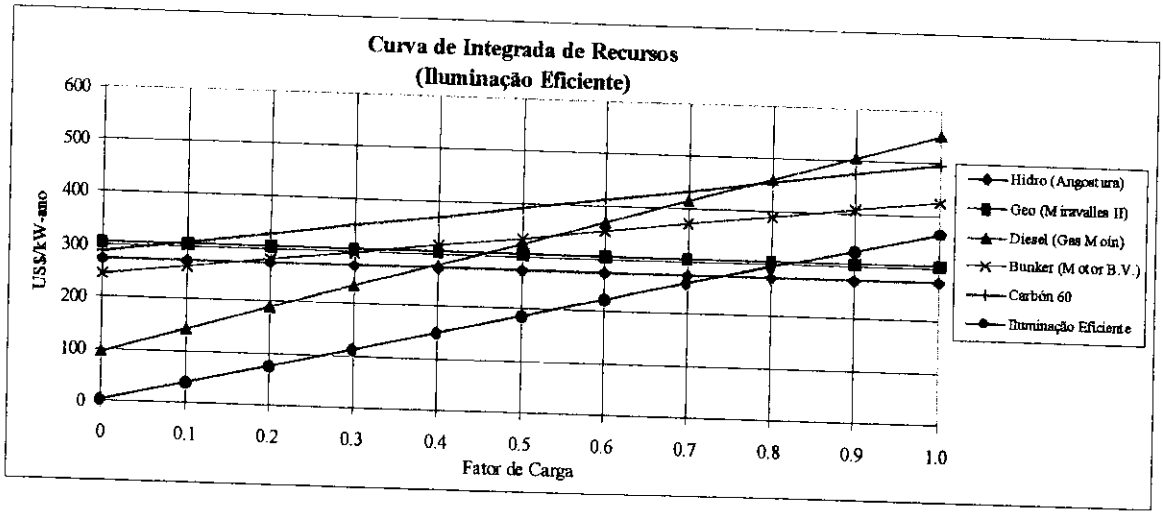


Figura 6.8. Curva Integrada de Seleção de Recursos com a Iluminação como Medida no Lado da Demanda.

Os programas de gerenciamiento da demanda só serão economicamente efetivos quando a linha esteja embaixo as alternativas de geração. Para o caso da iluminação eficiente, a medida pode ser efetiva com fatores de conservação de carga de até 0,7, sendo uma boa opção para substituir energia no horário de ponta.

Cocção como Recurso do Lado da Demanda

Para obter o fator de carga de conservação da medida de gerenciamento da demanda no uso final da cocção foram utilizados os parâmetros da tabela 6.13.

Tabela 6.13. Custo Anual por kW Economizado para a Cocção.

Parâmetros	
Taxa de desconto	12%
Economia (kWh)	1 297
Preço Geradora (US$/kWh)	0,130
Vida útil (anos)	10
FRC	0,177
Redução Potência média na ponta(W)	230
Cálculos	
Custo Capital Adicional ($)	241,0
Custo Capital Anual ($/ano)	42,7
Custo Total Anual ($/ano)	42,7
C.Ene.Conservada.(US$/kWh)	0,033
Fator de carga de conservação (FCC)	0,64
C.Anual p/KW Econ.($/KW-ano)	185,01

Fonte: Herrera, A.,1996; Ref. H-3.

A economia anual por cada kW é de US$ 185,01 com um fator de carga de conservação de 0,64. Quando há variação no FCC da cocção e superposta na curva de alternativas de oferta, obtém-se a curva de alternativas de oferta e demanda incorporando a opção de substituição dos fogões para cocção (figura 6.9).

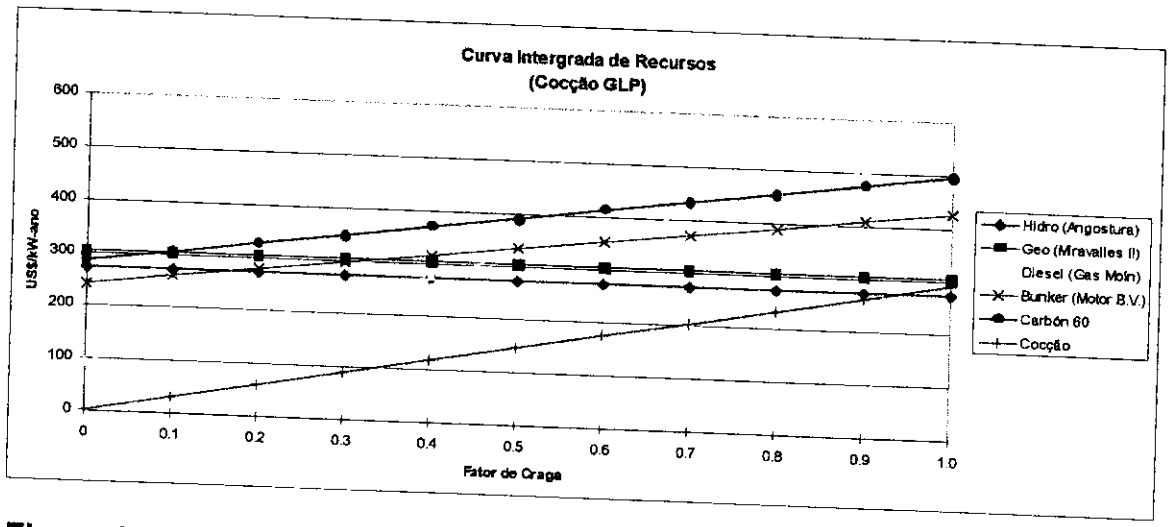


Figura 6.9. Curva Integrada de Seleção de Recursos com a Cocção no Lado da Demanda.

Dos resultados da medida de substituição no uso final da cocção, pode se concluir que para valores do fator de carga de conservação de 0,1 a alternativa de substituição de fogões é de custo menor que as demais opções de geração, e para valores de até de 0,9 a alternativa segue sendo economicamente atrativa para a concessionária. A opção de substituição além de ser economicamente atrativa para substituir energia na ponta pode ser utilizada para substituir energia durante os períodos de base, devido ao menor custo em relação às opções de geração.

Integração dos recursos de Iluminação e Cocção.

Se as curvas anteriores são então superpostas, pode-se obter a curva dos diferentes recursos envolvidos neste estudo, com a iluminação e a cocção como alternativas no lado da demanda (figura 6.10).

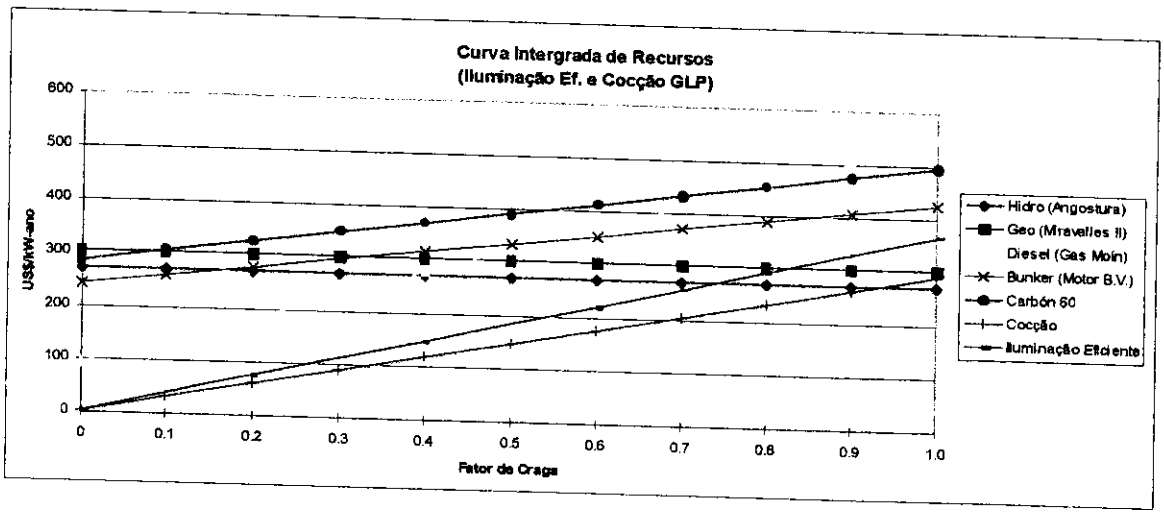


Figura 6.10. Integração dos Recursos de Oferta e Demanda.

A cocção neste caso, segue sendo a alternativa economicamente mais efetiva desde o ponto de vista da integração de os recursos de demanda e oferta, se é comparada com o programa de iluminação residencial.

Análise de incertezas

Para este trabalho, foram considerados os cenários de *eficiência congelada* e *futuro eficiente* no crescimento da posse de lâmpadas e crescimento do consumo.

Foi construída uma curva da quantidade de lâmpadas que poderiam ser compradas para o período 1995-2015 (figura 6.11).

No cenário eficiência congelada o número de lâmpadas que poderiam ser compradas é de 1352000 para o ano de 2015, das quais 1097000 serão lâmpadas incandescentes e as restantes LFCs. Isto se se continua com a mesma utilização do ano base considerado.

No cenário eficiente o uso das lâmpadas incandescente diminuirá, sendo seu número de 549000 e a utilização das lâmpadas fluorescentes compactas aumentará para 804000 no ano de 2015, ou seja, que no cenário eficiente para esse ano, somente 41,4 % serão lâmpadas incandescente e 58,6 % serão LFCs.

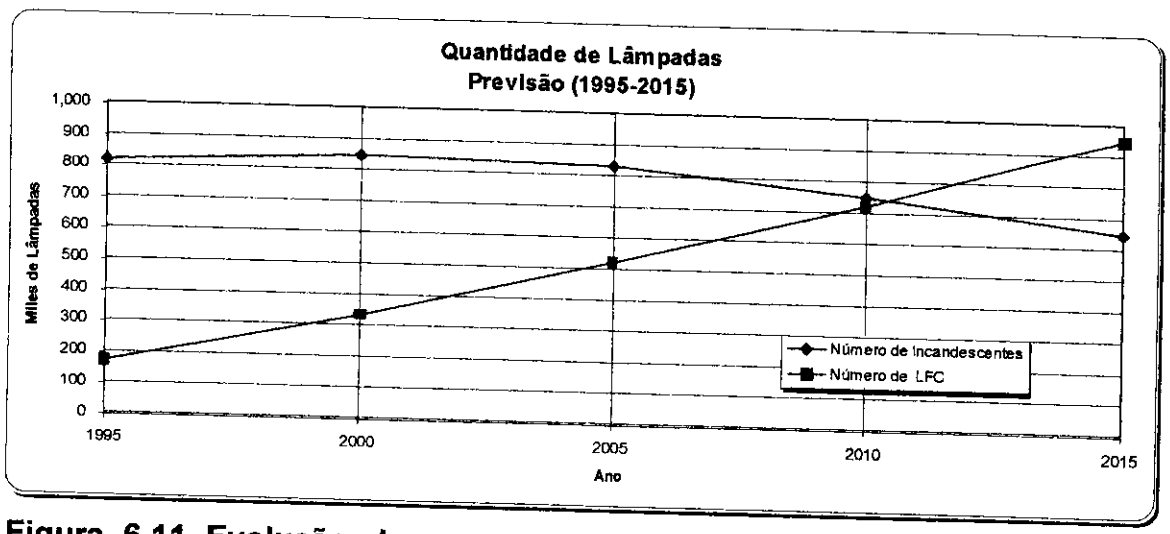


Figura 6.11 Evolução da compra de lâmpadas no setor residencial de acordo ao cenário de futuro eficiente.

A evolução do consumo de energia para iluminação nos cenários de eficiência e de eficiência são mostrados na tabela 6.14.

Tabela 6.14 Consumo de Energia e Quantidade de Lâmpadas.

	Quantidade de Lâmpadas Incandescentes (miles)		Consumo de energia (GWh/ano)	
Ano	*Eficiência congelada*	*Futuro eficiente*	*Eficiência congelada*	*Futuro eficiente*
1995	816	816	162	162
2000	969	848	193	169
2005	1105	829	220	165
2010	1200	750	239	149
2015	1293	646	257	129

Nota 1: As horas de uso ao dia foram obtidas com uma potência da lâmpada de 50W e a média do consumo por cliente. A média para a posse de lâmpadas é de 3,2, Negri de Magalhaes C., 1992; Ref. N-1.
Nota 2: Supondo a potência da lâmpada incandescente de 50 W.

No cenário de eficiência congelada o consumo de eletricidade devido à iluminação passaria de 162 GWh para 257 GWh no ano de 2015, enquanto que para o cenário eficiente diminuiria para 129 GWh para esse mesmo ano com a utilização extensiva das LFCs. A diferença desses cenários é o potencial de economia que poderia ser obtida com programas de substituição. Na figura 6.12 são mostrados esses dois cenários de consumo.

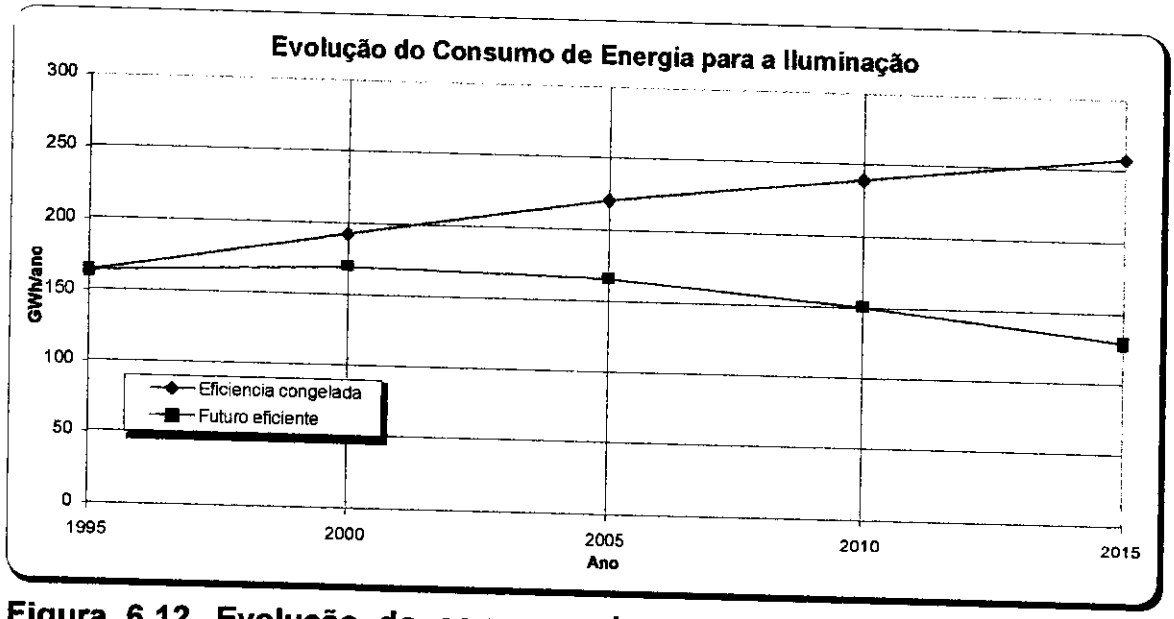


Figura 6.12. Evolução do consumo de energia na iluminação do setor residencial segundo os cenários de *eficiência congelada* e *futuro eficiente*.

As estimativas da evolução do consumo de energia na iluminação no cenário de futuro eficiente também foram calculadas, e são comparadas com o cenário de eficiência congelada na tabela 6.15.

Tabela 6.15. Previsões e Potencial de economias na iluminação no horizonte 1995-2015.

Potencial de Economias na Iluminação Residencial					
Previsões e economias	1995	2000	2005	2010	2,015
Energia					
Cenário Base (GWh)	4595	5630	7285	9186	11564
Cenário CNFL (GWh)	2298	2815	3643	4593	5782
Cenário Eficiência Congelada	162	193	220	239	257
Cenário Futuro Eficiente	162	169	165	149	129
Economia (GWh)	0	24	55	90	129
Potência					
Previsões demanda (MW)	963	1,288	1,676	2,078	2,590
Previsões CNFL (MW)	482	644	838	1,039	1,295
Economia (MW)(2)	0	4	10	17	24
Economia (%)	0.0%	0.7%	1.2%	1.6%	1.8%

Nota 1: A CNFL consome 45% da energia produzida e é responsável por 50% da demanda.
Nota 2: A diminuição na demanda e calculada como o produto da demanda reduzida por cada lâmpada substituída (50 W) pela quantidade destes lâmpadas.
Nota 3: Considera-se um fator de coincidência no cálculo de diminuição da demanda de 0,74, Negri de Magalhaes, 1992; Ref. N-1.

No cenário de eficiência congelada o consumo passaria de 162 GWh no ano considerado como base (1995), até 257 GWh para o ano de 2015, isto sem a implementação de nenhum programa de racionalização. No cenário eficiente o consumo de energia é reduzido de 162 GWh para 129 GWh, utilizando os programas de gerenciamento. O potencial de economia é a diferença entre os dos cenários que poderia ser de 129 GWh para o ano de 2015.

As previsões da demanda mostram uma diminuição de 1,8 % para o ano de 2015, que representariam 24 MW de potência instalada que não seriam necessárias para os planos futuros de expansão na geração de eletricidade. Enquanto que na troca de fogões a diminuição em potência seria de 48,6 MW. A potência deslocada devido aos programas de eficiência, evitaria ao ICE a construção de algumas das usinas incluídas no seu plano de expansão para esse mesmo período.

A escassez de energia cada vez mais severa nos países em desenvolvimento e o acompanhamento da escassez de capital para os investimentos de nova capacidade instalada, requer de soluções alternativas para reduzir a brecha entre demanda e oferta, através do incremento na eficiência dos usos finais.

Foi mostrado neste trabalho como novas tecnologias ou substituição de energéticos, podem proporcionar reduções importantes na demanda de energia elétrica e nos custos de abastecimento, que são em muitos casos, menores que aqueles custos relacionados com a implementação de novas usinas que geram energia nas horas de ponta, o inclusive nas de base.

RECOMENDAÇÕES

Da Metodologia de Planejamento

Atualmente na Costa Rica as pesquisas nos planos de expansão do setor elétrico e os programas de conservação de energia, são realizados separadamente, sem que exista interação entre as duas formas de planejamento.

É necessário implementar uma metodologia que integre, tanto os recursos do lado da oferta, como do lado da demanda, com o objetivo de satisfazer as necessidades futuras de energia, com o mínimo custo para as principais partes envolvidas.

Da Introdução das Tecnologias Eficientes.

Os custos de investimento altos das novas tecnologias podem ser uma barreira importante na introdução a grande escala. As concessionárias elétricas devem unir esforços para promover a utilização das lâmpadas fluorescentes compactas. Por exemplo, poderia ser usado os programas utilizados nos países desenvolvidos chamados de "Rebates". Algumas experiências anteriores de programas de substituição de lâmpadas, como é o caso do Brasil (Jannuzzi G. de M. e F. dos Santos V, 1996; Ref. J-1), indicam que incentivos econômicos como os "Rebates", são componentes essenciais neste tipo de projetos. Deve-se procurar eventuais programas que contenham este tipo de incentivos, para que no futuro, o número de participantes que compram as LFC seja maior, e assim, a introdução desta tecnologia no mercado residencial seja um sucesso.

Devem ser monitoradas e avaliadas a performance técnica e a aceitabilidade dos consumidores com respeito às LFCs.

Também devem ser promovidas as novas tecnologias, mediante publicidade, material educativo e promocional. Retroalimentação nas apresentações e nas campanhas aos grupos de consumidores poderiam guiar, seja à concessionária ou aos comerciantes, no desenho de estratégias de mercado.

O financiamento é um dos problemas mais comuns para projetos de eficiência na iluminação, uma vez que eles precisam investimentos relativamente pequenos (aproximadamente US$ 20,000-100,000 ao ano), os quais são incompatíveis com os custos dos bancos regulares e por tanto desvalorizados. Podem ser aplicadas várias soluções como a possibilidade de estabelecer um fundo rotativo com dinheiro dos fabricantes de equipamento, concessionárias, e do governo.

Da Estrutura Tarifária

Em alguns setores e estratos tarifários da Costa Rica os preços da eletricidade não refletem o custo real de gerar energia e o verdadeiro custo para a sociedade, incluindo subsídios. Estes achatamentos tarifários são provocados pelo governo, com objetivos diversos, como por exemplo, ajudar a conter elevadas taxas de inflação ou propiciar subsídios a grupos de menores receitas e indústrias eletro-intensivos. Estes subsídios são feitos não através da tarifa média, mas sim na estrutura tarifaria, via subsídios cruzados entre as diferentes categorias de consumidores.

Devido á esta situação, o consumidor que estiver se beneficiando dos subsídios tarifários estará pouco motivado em investir em medidas de conservação de energia e gerenciamento da carga. Tarifas subsidiada também são

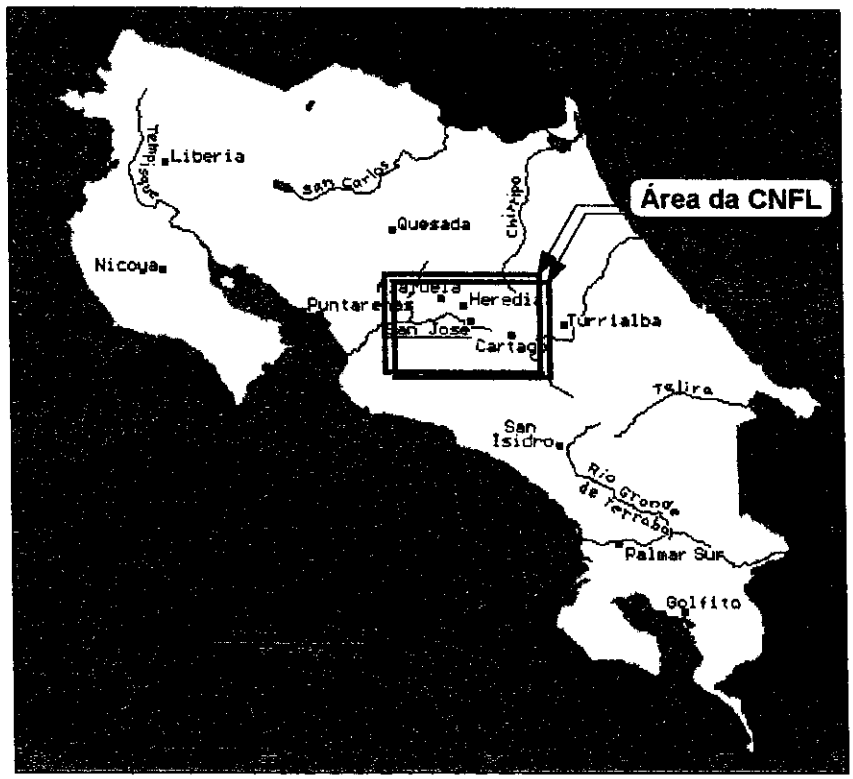
desestímulantes para autoproductores de energia e geradores privados (Santos V., Carvalho B. E., Jannuzi G de M. e outros; Ref. S-1).

Os consumidores são mais susceptíveis a suas faturas de eletricidade que aos mesmos preços da energia. Por tanto, os programas de eficiência de energia devem-se implementar ao mesmo tempo que os incrementos na eletricidade (Reddy A., 1991; Ref. R-3).

ANEXOS

ANEXO A

MAPA DE LOCALIZAÇÃO DA COSTA RICA



Anexo B

Distribuição na residências segundo a hora na que se ligam as lâmpadas por tipo de habitação *(Em Porcentagem)*						
	Tipo de habitação					
Hora na que se liga	Cozinha	Sala	Comedor	Dormitórios	Resto do interior	Exterior
Antes das 6 A.M.	2.3	0.3	0.1	0.2	1.0	4.4
6 A.M. a 12 M.D	2.3	0.2	0.3	0.3	0.3	3.4
12 M.D. a 6 P.M.	64.0	42.1	22.4	23.7	13.6	21.3
Após das 6 P.M.	3.3	5.7	3.9	18.1	1.5	21.3
Variável	14.3	21.6	9.8	44.3	51.5	19.7
NS/NR(1)	1.2	5.7	1.5	2.8	5.9	3.1
Não utiliza	12.6	24.4	62.0	10.6	26.2	26.8
Total	**100.0**	**100.0**	**100.0**	**100.0**	**100.0**	**100.0**

(1) Não sabe,/Não responde.

Fonte: DSE. Encuesta al Sector Residencial. Noviembre,1995.

Consumo de Eletricidade das Lâmpadas Incandescentes por Tipo de Habitação *(Em Porcentagem)*						
	Tipo de habitação					
Consumo kWh Mensal	Cozinha	Sala	Comedor	Dormitórios	Resto do interior	Exterior
1-3	36.5	34.7	49.4	41.2	38.6	25.8
4-6	34.5	28.2	28.6	9.6	32.0	23.1
7-10	19.8	18.9	10.0	11.4	19.7	18.5
Mas de 10	9.2	18.2	12.0	37.8	9.7	32.6
Total	**100.0**	**100.0**	**100.0**	**100.0**	**100.0**	**100.0**

Fonte: DSE. Encuesta al Sector Residencial. Noviembre,1995.

Tabela 0.1 Consumo de Eletricidade por Níveis Tarifários.

Estrato de Consumo (kWh)	*0 - 150*	*151 - 250*	*251 - 400*	*> 400*	*Total*
Consumo do estrato (MWh/mês)	5762	17287	23770	25210	72029
Número de Clientes	71715	76233	76509	42255	266712

Fonte: Negri de Magalhães C. Estudio Caracterización del Comportamiento de la Demanda, V Parte. Convenio Olade, Programa PIER. Dez. 1992

Tabela 0.2 - Consumo Total Real por Estrato em Iluminação.

Estrato de Consumo (kWh)	*0 - 150*	*151 - 250*	*251 - 400*	*> 400*	*Total*
Consumo do estrato (MWh/mês)	106.46	586.93	1247.93	3660.49	5601.81

Tabela 0.3 - Consumo Total Real por Estrato em Iluminação.

Estrato de Consumo (kWh)	*0 - 150*	*151 - 250*	*251 - 400*	*> 400*	*Média*
Consumo do estrato (kWh/mês)	1.48	7.70	16.31	86.63	28.03

CATÁLOGOS DA PHILIPS

1.3. Technical and Ordering data

Colour Temperature Tc = 2700K (Warm white)

Type	Wattage (W)	Voltage / Freq. (V) (Hz)	Cap	Luminous Flux (lm)	Luminous Efficacy (lm/W)	Max. length (mm)	Weight (g)	Ordering number	EAN code
PL* E/T	15	230-240 / 50-60	E27	900	60	126.3	100	9297 401 90003	8711 500 751423
	15	230-240 / 50-60	B22			124.8	103	9297 402 90003	8711 500 751522
	15	120 / 50-60	E26			123.1	102	9297 403 60003	8711 500 751454
PL* E/T	20	230-240 / 50-60	E27	1200	60	145.3	110	9297 411 90003	8711 500 751430
	20	230-240 / 50-60	B22			143.8	113	9297 412 90003	8711 500 751539
	20	120 / 50-60	E26			142.1	111	9297 413 60003	8711 500 751461
PL* E/T	23	230-240 / 50-60	E27	1500	65	160.3	120	9297 421 90003	8711 500 751447
	23	230-240 / 50-60	B22			158.8	123	9297 422 90003	8711 500 751546
	23	120 / 50-60	E26			157.1	121	9297 423 60003	8711 500 751478

Colour Temperature Tc = 5000K (Daylight)

Type	Wattage (W)	Voltage / Freq. (V) (Hz)	Cap	Luminous Flux (lm)	Luminous Efficacy (lm/W)	Max. length (mm)	Weight (g)	Ordering number	EAN code
PL* E/T	15	230-240 / 50-60	E27	800	53	126.3	100	9297 401 92103	8711 500 751553
	20	230-240 / 50-60	E27	1100	55	145.3	110	9297 411 92103	8711 500 751560
	23	230-240 / 50-60	E27	1350	59	160.3	120	9297 421 92103	8711 500 751577

Philips Lighting Company
200 Franklin Square Drive ■ P.O. Box 6800
Somerset, NJ 08875-6800
A Division of Philips Electronics North America Corporation
Printed in USA 3/95
P-5100

Philips Lighting
601 Milner Avenue
Scarborough, Ontario M1B 1M8
A Division of Philips Electronics Limited

Earth Light® Universal SLS/RH Compact Fluorescent Electrical, Technical and Ordering Data (Subject to change without notice)

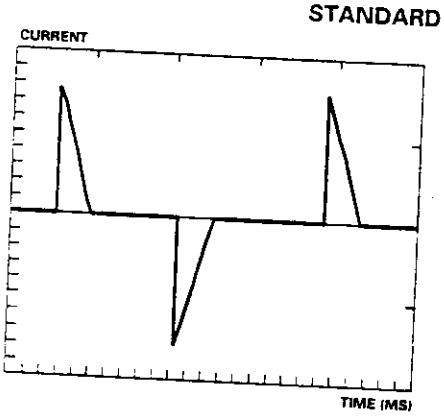
Product Number 046677-	Ordering Code	Nominal Watts	Base	Std. Pkg. Qty.	Max. Overall Length (inches)	Rated Avg. Life (hrs)[1]	Approx. Initial Lumens	Approx. Incand. Equiv.	Voltage (Volts)	Lamp Current (mAmps)	Power Factor	THD[2]	Color Temp. (Kelvin)	Color Rendering (CRI)	Min. Starting Temp (°F)[3]	Max. Ambient Temp (°F)	Lumen Maint.[4]
22011-1	Universal SLS/RH15	15	Med.	6	5.3	10,000	900	60W	120	130	>90%	20%	2700	82	-10°F	140°F	85%
22012-9	Universal SLS/RH20	20	Med.	6	6.0	10,000	1200	75W	120	175	>90%	20%	2700	82	-10°F	140°F	85%
22013-7	Universal SLS/RH23	23	Med.	6	6.6	10,000	1500	90W	120	205	>90%	25%	2700	82	-10°F	140°F	85%

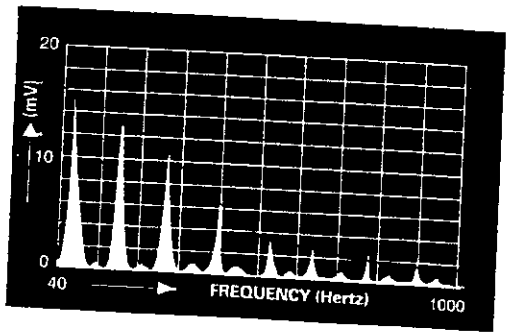
[1] Lamps operated in extreme environments will have reduced life (ie. recessed and enclosed indoor lighting fixtures or other applications with elevated line voltage).
[2] THD = Total Harmonic Distortion
[3] Suitable for indoor or outdoor use down to -10°F. Outdoor use requires an enclosed fixture.
[4] Percentage of initial lumens at 40% of rated average life (4000 hours).

CAUTION: Do not use with dimmers.
Before using these products with electronic timing or photocell devices, check to determine whether the device is compatible with electronic compact fluorescent lamps. Use with incompatible devices will cause premature lamp failure.

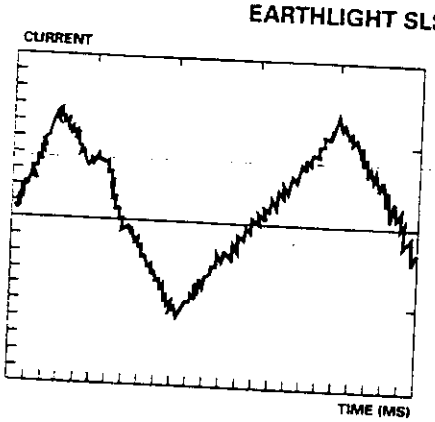
These products comply with part 18 of the FCC rules. These products may cause interference with AM radios, cordless telephones and remote control devices. Interference may cease after a brief 90 second lamp warm-up period. If interference continues, relocate the lamp away from the device or plug into a different outlet.

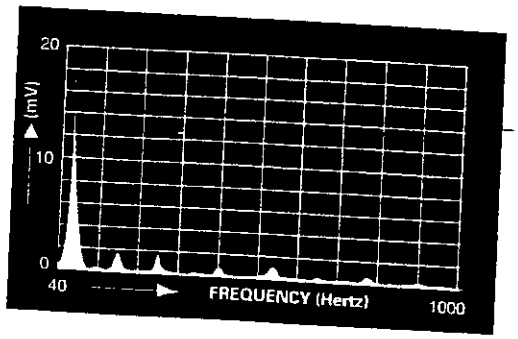
STANDARD COMPACT FLUORESCENT





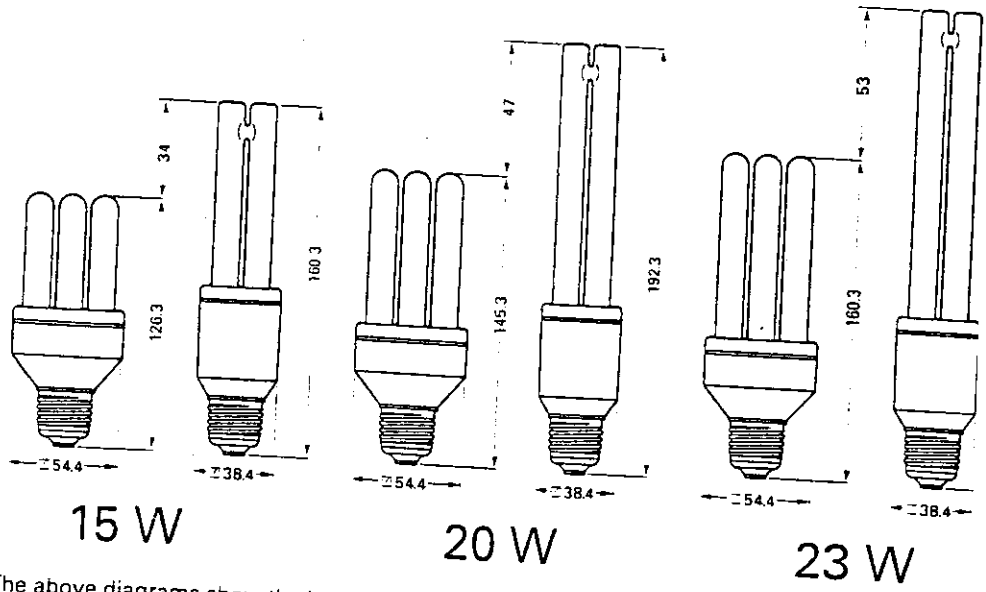
EARTHLIGHT SLS/RH COMPACT FLUORESCENT





2.12 Length Comparison between PL* Electronic/ T and PL* Electronic/C lamps

A comparison of the maximum lamp lengths between the 15 W, 20 W and 23 W for the PL* Electronic/T and the PL* Electronic/C range of lamps is given in the following figures.



The above diagrams show the length difference for a lamp with an E27 lamp cap.
The PL* Electronic/T lamps are 34-53 mm shorter than equivalent PL* Electronic/C lamps.
This also applies for lamps having B22 and E26 lamp caps.

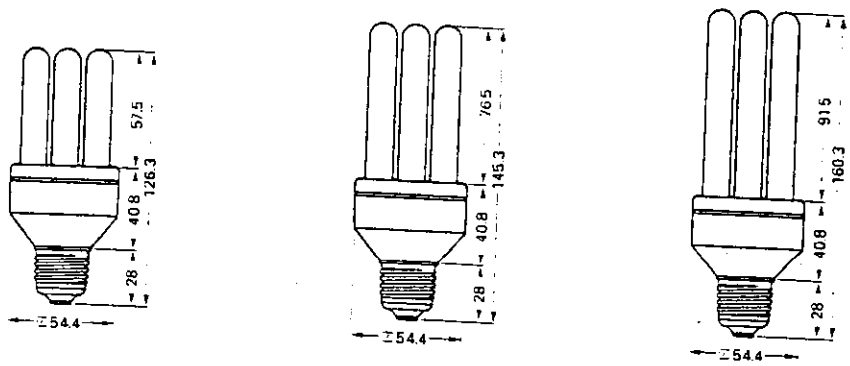
2.11 Lamp Dimensions & Weight

All dimensions in mm.

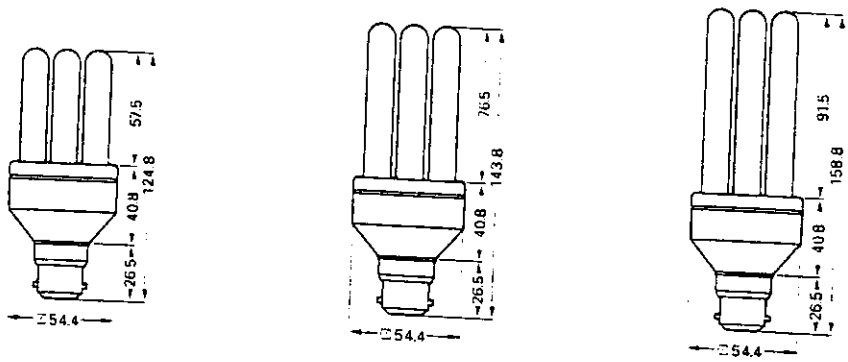
The maximum length for the E27, B22 and E26 lamp cap versions are given in the following diagrams.

15 W | 20 W | 23 W

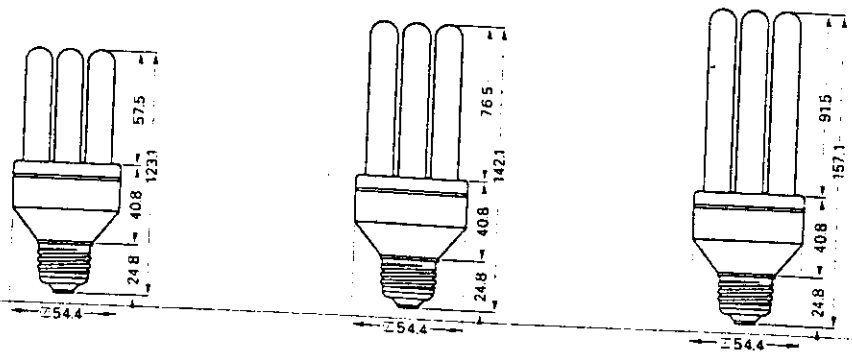
E27



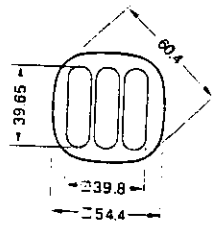
B22



E26



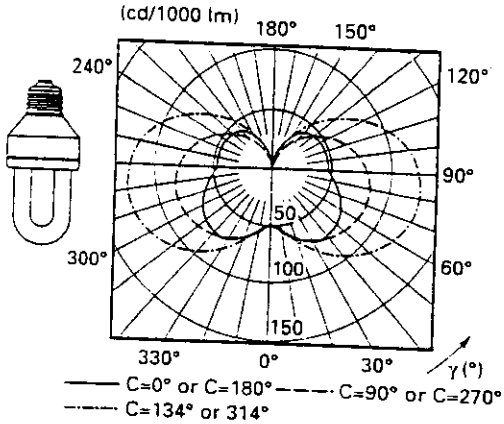
Average Weight per Lamp Type (g)		
PL*-Electronic/T	15 W	100
PL*-Electronic/T	20 W	110
PL*-Electronic/T	23 W	120



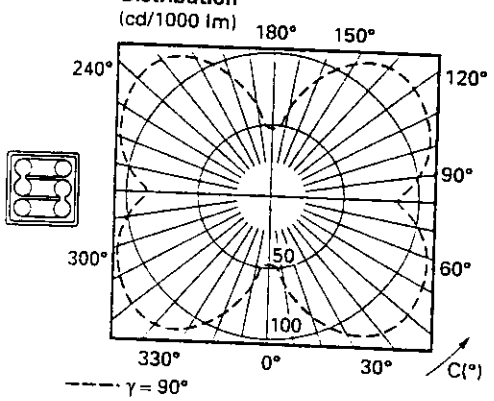
2.10 Lumious intensity distribution

The normalised polar lumious intensity distribution of a PL* Electronic/T lamp is given in the following diagrams.
The measurements have been done on a PL* E/T 20 W and are also valid for the 15 W and 23 W versions.

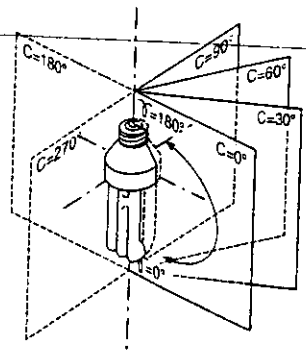
Normalised Polar Luminous Intensity Distribution
(cd/1000 lm)



Normalised Polar Luminous Intensity Distribution
(cd/1000 lm)



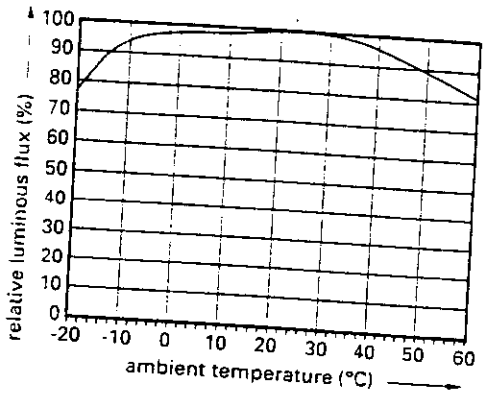
Definition of measurement planes



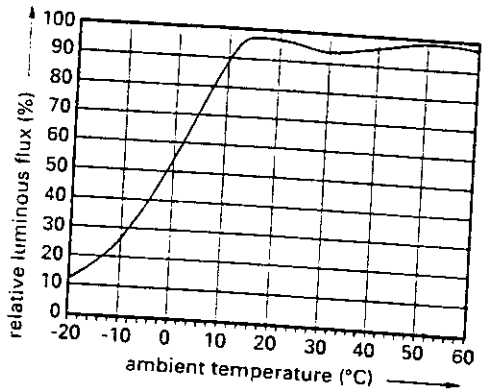
2.9 Influence of Ambient Temperature on Light Output

The relative values of the luminous flux as a function of the ambient temperature is shown in t following graphs.
The measurements have been done on a PL* Electronic/T 20 W and are also valid for the 15 W 23 W versions.

Lamp position: base up



Lamp position: base down



The recommended range (80% light output) of operating temperatures are as follows:

- In the base-up position between – 20° C and 55° C
- In base-down position between 5° C and 55° C

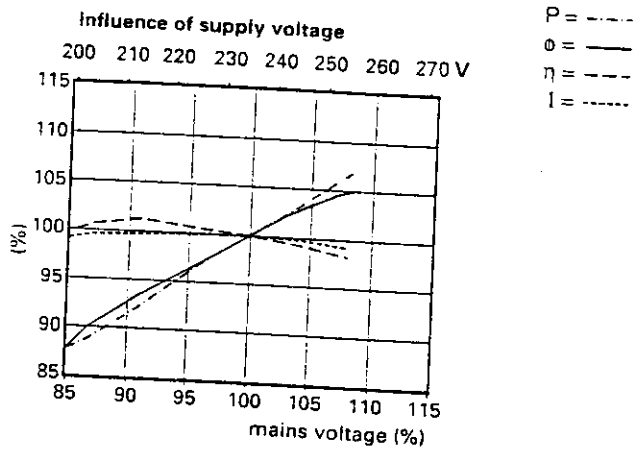
Note: The maximum recommended ambient temperature is 55° C.
Higher temperatures could damage the electronic components and may result in a short lamp life.

2.8 Influence of mains Voltage

The percentage variation of the following electrical properties as a function of mains voltage is given in the graph below.

1. Lamp Power P (W).
2. Luminous Flux ϕ (lm).
3. Efficacy η (lm/W).
4. Lamp Current I (mA).

The absolute scale for the voltage is valid only for the High Voltage version.
The percentage scale is valid for both the High Voltage and Low Voltage version.



– **High Voltage Versions (230-240 V/50-60 Hz)**

The minimum supply voltage required for the lamp to ignite is 210 V (A.C. voltage)
The minimum supply voltage required for the lamp to function after ignition is 180 V (A.C. volta

– **Low Voltage Versions (120 V/50-60 Hz)**

The minimum supply voltage required for the lamp to ignite is 110 V (A.C. voltage).
The minimum supply voltage required for the lamp to function after ignition is 100 V (A.C. volta

Note: The maximum operating voltage is at 106% of the maximum rated voltage.
This is 254 V for the high voltage and 127 V for the low voltage versions.
Higher voltages could damage the electronic components and result in reduced lamp l

2.6 Starting Characteristics

The PL* Electronic/T range of lamps can be used over a wide range of operating temperatures. The electronics ensures flicker-free starting even at temperatures as low as – 20° C.

The maximum starting times (in seconds) at two values of supply voltage are given in the following table.

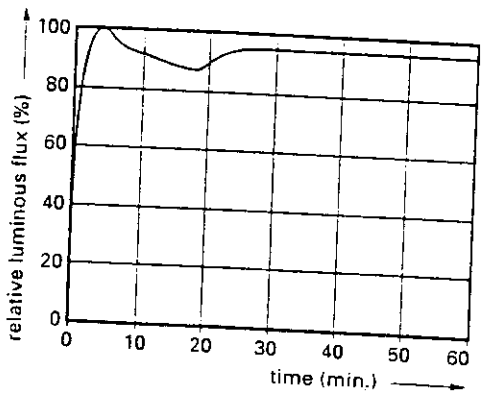
temperature	High Voltage Version		Low Voltage Version	
°C	210 V	235 V	110 V	120 V
25	< 1.5	< 1.0	< 1.5	< 1.0
- 20	< 2.0	< 1.5	< 2.0	< 1.0

It is possible that at lamp ignition high current peaks occur. The maximum value of this current peak is 25 amperes and lasts for a period of ± 250 micro-seconds.

2.7 Run-up behaviour

The PL* Electronic/T lamp has been designed in such a way that the variation in light output wi changes in ambient temperature is less than that of a pure mercury vapour lamp. Due to this design feature, the lamp exhibits a certain run-up behaviour which is shown in the graph given below.

Run-up behaviour



The table below gives the light output (expressed as a percentage of the specified value) measured at various time intervals after ignition.

Time after ignition	% light
1 second	10
1 minute	70
2 minutes	80

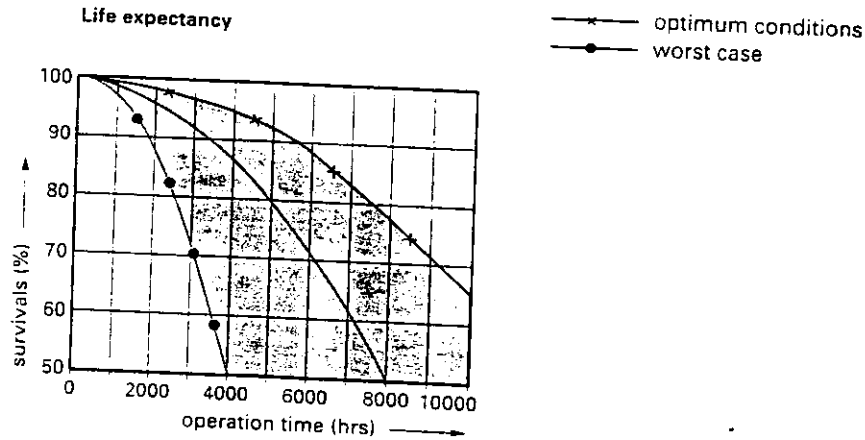
– Given below are details regarding the colour characteristic of the PL* Electronic/T lamps wh have been obtained from the above Spectral Power Distributions.

Commercial name	Colour temp.	Colour rendering Index (Ra)	Chromaticity coordina	
			x	y
Warm white	2700 K	82	0.463	0.420
Daylight	5000 K	78	0.346	0.352

The given chromaticity coordinates are the nominal values.
The tolerance for the x and y coordinates is ± 0.008 and ± 0.005 respectively.

2.5 Lamp Life

The median lamp life for PL* Electronic/T lamps is 8000 hrs.
The median life is the expected time at which 50% of a large number of lamps (more than 20) have reached the end of their individual life.
The failure rate at 2000 hrs. is less than 5%. Testing conditions are a cycle of 2 hr. 45 min. on a 15 min. off at nominal voltage and an ambient temperature of 25° C.



The above graph shows that the lamp life is determined by operating conditions, such as luminaire design and supply voltage.
Under optimum conditions the lamp may have a life which exceeds 10.000 burning hours.
A lamp that is operated continously at a voltage 6% higher than its maximum rated value and at an ambient temperature of 55° C has a lifetime of 4000 hrs.

coloured surfaces will look the same under them. This is because the spectral power distributi of the two sources are different. The Colour Rendering Index (R_a) gives the extent to which the appearance of a coloured surface under a given light source corresponds to the appearance of the same surface under an ideal light source.

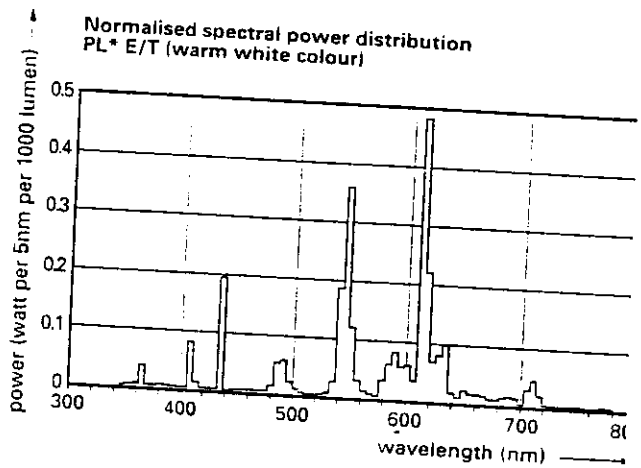
The Colour Rendering Index has a maximum value of 100.

Colour Properties of PL* Electronic/T lamps

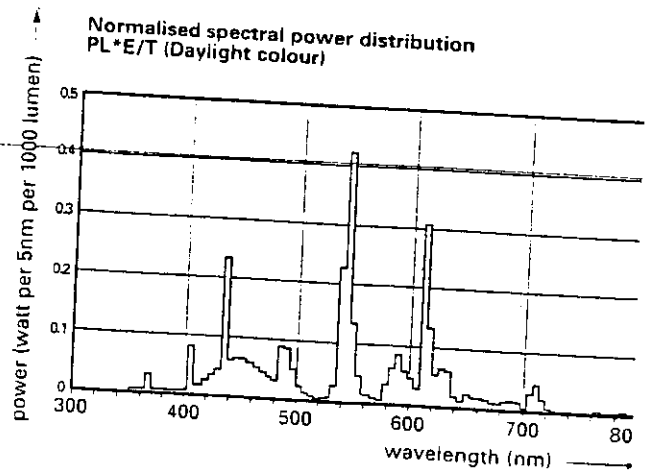
- PL* Electronic/T lamps are available in two colour temperatures: warm white (2700 K) and daylight (5000 K) for the E27 cap versions. The range with the B22 and E26 lamp caps are available only in warm white (2700 K) colour.
- The warm white (2700 K) colour closely matches the colour of an incandescent lamp. The daylight (5000 K) colour gives a cool impression and is suitable in countries with warm clima

The Normalised Spectral Power Distribution for the warm white and daylight colours is given below. The measurements have been done on a PL* Electronic/T 20 W and are also valid for the 15 W and 23 W versions.

the Normalised Spectral Power Distribution for: warm white colour (2700 K)

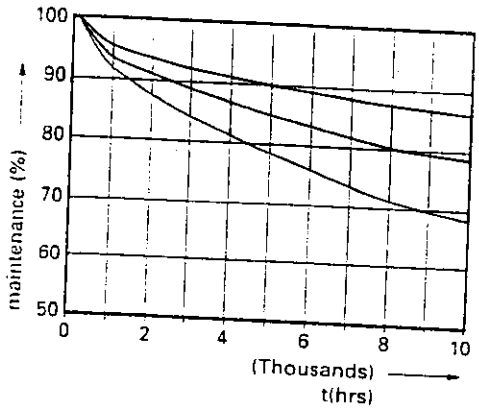


the Normalised Spectral Power Distribution for: daylight colour (5000 K)



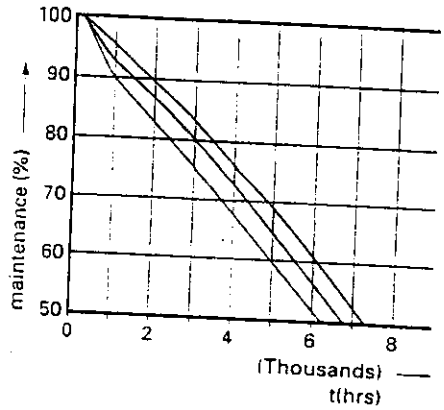
The following graph gives typical maintenance curves for the PL* Electronic/T range of lamps.

Lumen maintenance



The following graph gives typical installa maintenance curves for the PL* Electronic range of lamps.

Installation maintenance



2.4 Colour Characteristics

The colour characteristics of a lamp can be best described using the following terms:

1. Spectral Power Distribution

The light emitted by a lamp is a mixture of all wavelengths in the visible spectrum (and als contains some radiation from the adjacent infrared and ultraviolet regions).
The normalised spectral distribution shows the amount of radiation emitted in watt per 5 nanometer per 1000 lm.

2. Colour Temperature

If a solid body is heated it begins to emit a dull-red colour at a temerature of about 525° C. If the temperature increases the colour changes from dull red to bluish red, orange, yellow white, and finally bluish white.
A body which emits energy over the whole spectrum, as described above, is known as a bl body radiator.

The colour of light can be expressed in terms of an absolute temperature (Kelvin).
A lamp having a colour temperature of 2700 K (warm white) emits the same colour of light black body at a temperature of 2700 K.
A lamp having a colour temperature of 5000 K (daylight) emits the same colour of light as a black body at a temperature of 5000 K.

It must be noted that at lower colour temperatures, the light emitted has more of red and y components and gives a warm appearance. Light of high colour temperatures has more of colour components and gives cooler appearance.

3. Colour Rendering Index

Although the colour temperature of two light sources may have the same appearance (e.g. PL* Electronic/T warm white and Normal Incandescent Lamp), it does not mean that

2.3 Lighting Characteristics

The lighting characteristics of a lamp can be best described using the following terms:

1. Luminous Flux

Luminous Flux is the total amount of light radiated by a light source per second.
It is expressed in lumen (lm).

2. Luminous Efficacy

Luminous Efficacy is used to indicate the efficiency of a given light source.
It is expressed in lm/W and gives the amount of lumen radiated per watt consumed.

3. Maintenance

The light output of virtually all lamps declines with operating hours. This is caused by the blackening of the lamps and the gradual exhaustion of the fluorescent powders.

Lumen maintenance is defined as:

$$\frac{\text{Luminous Flux measured at a defined time}}{\text{Luminous Flux measured at 100 hrs.}} \times 100\ (\%)$$

4. Installation Maintenance

In application areas such as lounges or corridors, the total amount of light radiated by the lamps decreases as a function of operating hours.
This decrease is caused by the combined effect of light depreciation (maintenance) and lamp failures.
It is therefore recommended that in such applications all lamps are replaced after 8000 hrs.

The information in the given tables are valid both for the high voltage (230 V - 240 V) and low voltage (120 V) versions.

– Data for lamps with a colour temperature of 2700 K (warm white)

Type	Wattage (W)	Luminous Flux (lm)	Luminous Efficacy (lm/W)	Lumen maintenance 2000 hrs.	Lumen maintenance 5000 hrs.
PL* E/T	15	900	60	85	80
	20	1200	60	90	85
	23	1500	65	90	85

– Data for lamps with a colour temperature of 5000 K (daylight)

Type	Wattage (W)	Luminous Flux (lm)	Luminous Efficacy (lm/W)	Lumen maintenance 2000 hrs.	Lumen maintenance 5000 hrs.
PL* E/T	15	800	53	85	80
	20	1100	55	85	80
	23	1350	59	85	80

2.0 Specifications & Characteristics

2.1 Measuring and Safety Conditions

Unless otherwise specified the measuring conditions are:

- The nominal supply voltage is 235 V/ 50 Hz for the 230 - 240 V/ 50 - 60 Hz version and 120 V/ 60 Hz for the 120 V/ 50 - 60 Hz version.
- Position: Base up / free burning
- Lamp ambient temperature: 25° C.
- Period of ageing: 100 hrs.
- Stabilisation time before measuring: 4 hrs.

Measurements have been executed according to:

" IEC Publication 969 "

The PL* Electronic/T range of lamps conform to the safety requirements specified in:

" IEC Publication 968 "

The 120 V/ 50 - 60 Hz version comply with UL requirements.

2.2 Electrical Characteristics

The electrical characteristics for the high voltage (230 - 240 V) and the low voltage (120 V) versio are given in the following tables.

- PL* Electronic/T 230-240 V/50-60 Hz

Measurements have been made at a nominal supply voltage of 235 V (mean value between 230 V and 240 V) and 50 Hz.

Type	Wattage (W)	Voltage / Freq. (V) (Hz)	Lamp Current (mA)	Power Factor
PL* E/T	15	230-240 / 50-60	125	0.50
	20	230-240 / 50-60	155	0.55
	23	230-240 / 50-60	180	0.55

- PL* Electronic/T 120 V/50-60 Hz

Measurements have been made at a nominal supply voltage of 120 V/ 60 Hz.

Type	Wattage (W)	Voltage / Freq. (V) (Hz)	Lamp Current (mA)	Power Factor
PL* E/T	15	120 50-60	225	0.55
	20	120 50-60	285	0.55
	23	120 50-60	325	0.55

CATÁLOGOS DA OSRAM

SOFT WHITE DULUX® EL's Electronic Compact Fluorescent Lamps

Description	CCT (K)	Lumens	Watts	Life (hrs.)
General Purpose	3000	925/1280/1580	15/20/23	10,000
Globe	3000	725/1000	15/20	10,000
Reflector	3000	600/875	15/20	10,000
Circline	3000	1850	30	10,000
SENSOR	3000	925	15	10,000
ECONOMY	3000	550/950	13/17	6,000

Compact Fluorescent DULUX® S

CCT (K)	Lumens	Watts	Life (hrs.)
2700/4100	230	5	10,000
2700/3500/4100/5000	400	7	10,000
2700/3500/4100/5000	580	9	10,000
2700/3000/3500/4100/5000	800	13	10,000

Compact Fluorescent DULUX® S/E

CCT (K)	Lumens	Watts	Life (hrs.)
2700/4100	230	5	10,000
2700/4100	400	7	10,000
2700/4100	580	9	10,000
2700/3000/4100	800	13	10,000

Compact Fluorescent DULUX® D

CCT (K)	Lumens	Watts	Life (hrs.)
2700/3500	525	9	10,000
2700/3000/3500/4100	780	13	10,000
2700/3000/3500/4100	1250	18	10,000
2700/3000/3500/4100	1825	26	10,000

Compact Fluorescent DULUX® D/E

CCT (K)	Lumens	Watts	Life (hrs.)
2700/3500/4100	600	10	10,000
2700/3000/3500/4100	900	13	10,000
2700/3000/3500/4100	1250	18	10,000
2700/3000/3500/4100	1825	26	10,000

Compact Fluorescent DULUX® T

CCT (K)	Lumens	Watts	Life (hrs.)
2700/3000/3500/4100	1200	18	10,000
2700/3000/3500/4100	1800	26	10,000

Compact Fluorescent DULUX® T/E

CCT (K)	Lumens	Watts	Life (hrs.)
2700/3000/3500/4100	900	13	10,000
2700/3000/3500/4100	1200	18	10,000
2700/3000/3500/4100	1800	26	10,000
2700/3000/3500/4100	2400	32	10,000

Compact Fluorescent DULUX® T/E/IN Amalgam

CCT (K)	Lumens	Watts	Life (hrs.)
2700/3000/3500/4100	1200	18	10,000
2700/3000/3500/4100	1800	26	10,000
2700/3000/3500/4100	2400	32	10,000
2700/3000/3500/4100	3200	42	10,000

Compact Fluorescent DULUX® F

CCT (K)	Lumens	Watts	Life (hrs.)
3000/4100	1100	18	10,000
3000/4100	1700	24	10,000
3000/4100	2800	36	10,000

Compact Fluorescent DULUX® L

CCT (K)	Lumens	Watts	Life (hrs.)
3000/3500/4100	1250	18	12,000
3000/3500/4100	1250	18/RS	20,000
3000/3500/4100	1800	24	12,000
3000/3500/4100	2900	36	12,000
3000/3500/4100	3150	40/RS	20,000
3000/3500/4100	4800	55	12,000

Anexo D-1

Análise financeira das alternativas

Perspectiva do Cliente Participante

	Incandescente	*Fluorescente Compacta*
Eficácia (lm/W)	13	60
Serviço luminoso (lm)	650	1200
Potência (W)	50	20
Vida (horas)	1000	10000
Preço lâmpada US$	0.50	11.50
Total	0.5	11.5

Premissas	
Uso (horas/dia)	4
Taxa de desconto (%aa)	12%
Período de análise (anos)	10
Preço da eletr (US$/kWh)	0.042

QUANTIDADES CALCULADAS	
Uso (h/ano)	1460
kWh/ano economizados	44
F de Rec Capital FRC	0.1770

Tempo de Retorno Simples			
Estrato	*I & II*	*III*	*IV*
Tarifa	***0.042***	***0.075***	***0.120***
(anos)	5.98	3.35	2.09
(meses)	71.75	40.18	25.11
(dias)	2182.54	1222.22	763.89

Custo de Ciclo de Vida	*Incandescente*	*Fluorescente Compacta*
# fracionário de lâmpadas	14.60	1.46
# lamp para calc FRCef	14	1.00
intervalo de tempo	0.68	6.85
tx efetiva de desconto	8.07%	117.33%
FRC (efetivo)	0.12	2.17
Valor residual (US$)	0.20	6.21

Cons energia (kWh/ano)	73.00	29.20

	Incandescente			Fluorescente Compacta		
Estrato	*I & II*	*III*	*IV*	*I & II*	*III*	*IV*
Tarifa	0.042	0.075	0.120	0.042	0.075	0.120
Custo de elet. valor presente	17.32	30.93	49.50	6.93	12.37	19.80
CCV (US$)	21.86	35.48	54.04	21.72	27.17	34.59
CCVA (US$/ano)	3.87	6.28	9.56	3.84	4.81	6.12
CCVANE (US$/ano)	0.80	0.80	0.80	2.62	2.62	2.62

Custo da Energia Conservada -CEC (US$/kWh)	0.04142

Balanço			
Estrato	***I&II***	***III***	***IV***
Ano / Preço	0.042	0.075	0.12
0	-11	-11	-11
1	2.34	3.79	5.76
2	2.84	4.29	6.26
3	2.84	4.29	6.26
4	2.84	4.29	6.26
5	2.84	4.29	6.26
6	2.34	3.79	5.76
7	-8.66	-7.22	-5.24
8	2.84	4.29	6.26
9	2.84	4.29	6.26
10	2.84	4.29	6.26
IRR =	9.47%	29.71%	51.27%

Custo de Energia Conservada e Capacidade Evitado	
Fator de Participação na Ponta	0.74
Custo de Troca US$/Lumen	25.00
Energia Conservada Anual-Eca [kWh/ano]	43.80
Capacidade Conservada na Base-CCb [W]	5.00
Capacidade Conservada na Ponta-CCp [kW]	0.02
Custo da Energia Conservada-CEC [US$/MWh]	41.42
Custo da Carga da Conservação-CCE [US$/kW]	160.48
Fcc	0.167
C.Anual p/KW Econ.($/KW-ano)	60.48

Análise do consumidor			
Estrato	***I & II***	***III***	***IV***
Tarifas de eletricidade para os clientes [US$/kWh]	0.042	0.075	0.120
Custo de potência para o Cliente [US$/kW]	0.000	0.00	0.00
Custos			
Custo de investimento (ALCC) US$/ano	1.81	1.81	1.81
Benefícios			
Redução consumo energia kWh/ano	43.80	43.80	43.80
Redução da despesa energia US$/ano	1.84	3.29	5.26
Balance			
Benefícios-Custos US$/ano	0.03	1.47	3.44

Análise da concessionária distribiudora			
Dados para a distribuidora			
Estrato	***I & II***	***III***	***IV***
Tarifas de eletricidade para os clientes [US$/kWh]	0.042	0.075	0.120
Custo de expansão transm.+distrib. [US$/kW]	1200	1200	1200
Vida [anos]	30	30	30
FRC (Trans. & Dist).	0.124	0.124	0.124
Custo de potência para a distribuidora [US$/kW]	9.90	9.90	9.90
Custo médio de energia para a distribuidora [US$/kWh]	0.047	0.047	0.047
Custos			
Diminuição de receitas Energia (US$/ano)	1.84	0.000	0.000
Diminuição de receitas Potência (US$/ano)		3.29	5.26
Custos administrativos (US$/ano)	0.16	0.0	0.0
Benefícios			
Redução por compra em energia (US$/ano)	2.07	2.07	2.07
Redução por compra em potência US$/ano	3.56	3.56	3.56
Benefício-Custo			
Resultado econômico (US$/ano)	3.63	2.19	0.22

Análise da concessionária geradora		
Dados para a geradora		
Vida [anos]	25	
FRC (Geração).	0.127	
Custo de expansão geração [US$/kW]	800.0	
Epoca do ano	Verão	Inverno
CMLP na Ponta (Produtores privados)		
Custo de energia para a geradora [US$/kWh]	0.052	0.040
Custo da potência para a geradora [US$/kW]	71.30	17.10
Preço Venda		
Energia (US$/kWh)	0.05	0.05
Potência (US$/kW-ano)	79.20	39.60
Custos		
Diminuição de receitas energia evitada(US$/ano)	1.38	0.69
Diminuição de receitas potência evitada(US$/ano)	1.76	0.38
Benefícios		
Compra ou Geração de Energia (US$/ano)	2.28	1.75
Compra ou Investimentos em potência (US$/ano)	1.58	0.38
Benefício-Custo		
Resultado econômico (US$/ano)	0.72	1.06

Análise para a sociedade	
Número de Trocas	140000
Custo de expansão e geração (US$/kW)	597
Custo de Combustivel (US$/kWh)	0.052
Eficiencia média da nova geração	38%
Anos de vida util	15
Taxa de juros	12%
FRC	0.147
Benefícios	
Redução do consumo de combustível (US$/ano)	318864
Investimento evitado (CCVA)	61368
Custos	
Custo de investimento (CCVA) US$/ano	254009
Custos Administrativos (US$/ano)	22392
Benefício-Custo (US$/ano)	103831

ANEXO D-2

Calculo do Lumen-Hora

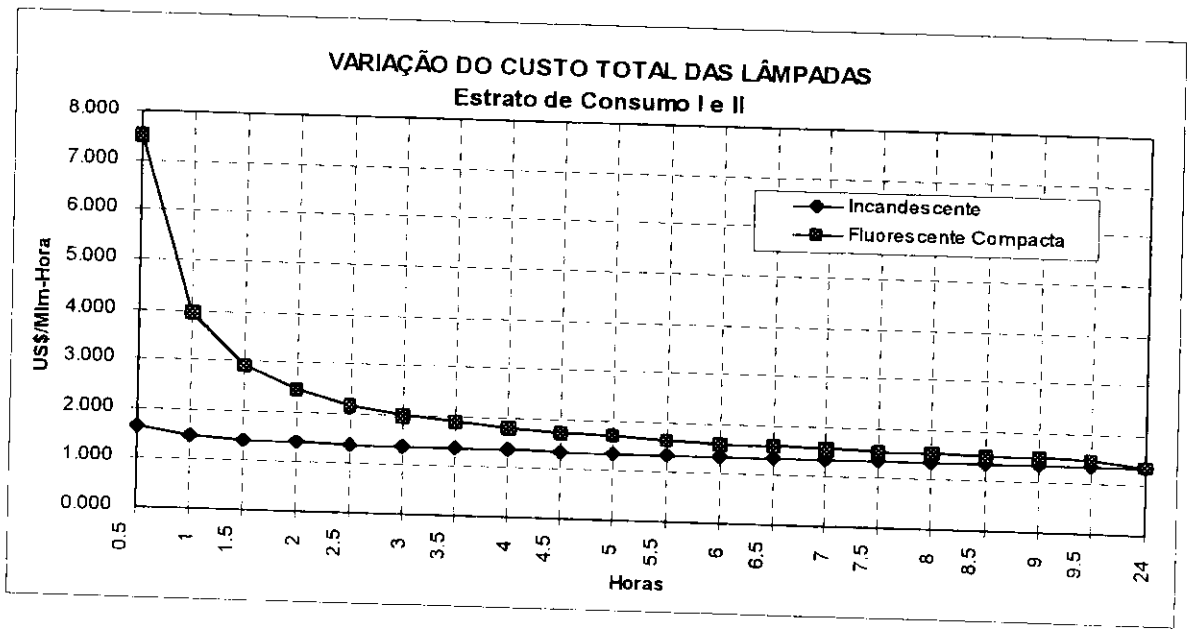
DADOS		
Tipo de Lâmpada	**Incandescente**	**Fluorescente Compacta**
VIDA LÂMPADA (h)	1000	10000
LUMENS (lm)	650	1200
POTÊNCIA LÂMPADA (W)	50	20
CUSTO LÂMPADA US$	0.5	11.5
EFICIENC. (lm/W)	13	60

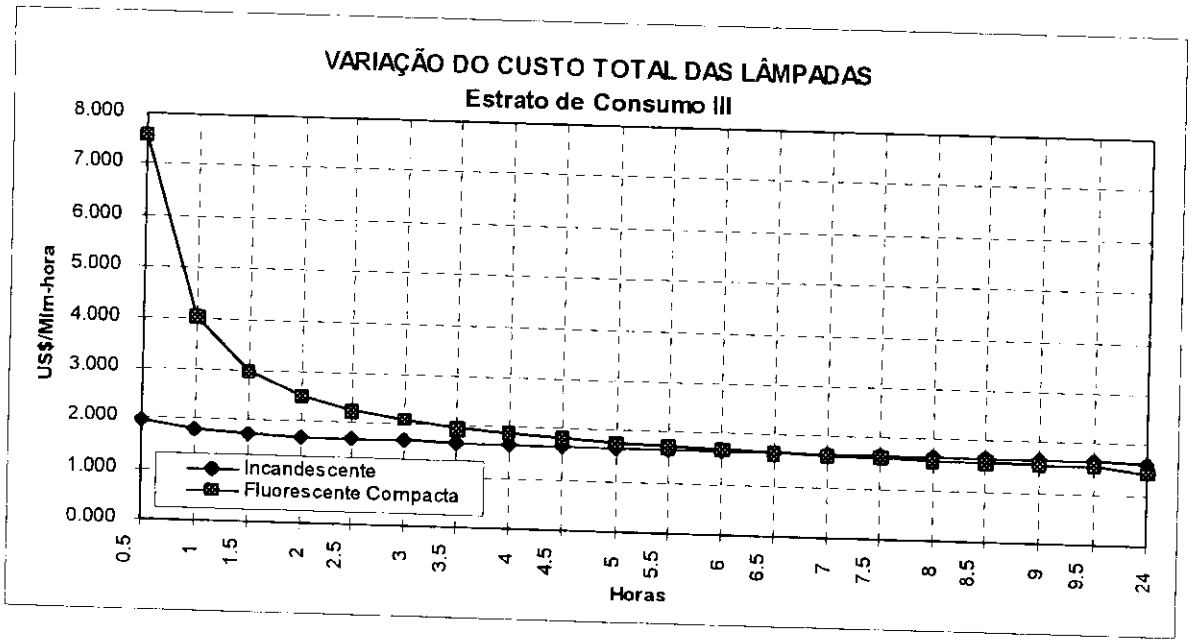
Premissas	
FATOR DEPRECIAÇÃO:	0.85
TAXA DE DESCONTO:	12%
HORAS UTILIZAÇÃO:	4
CUSTO MANUTENÇÃO:	0
PREÇO DA ENERGIA (US$/Wh):	0.000042

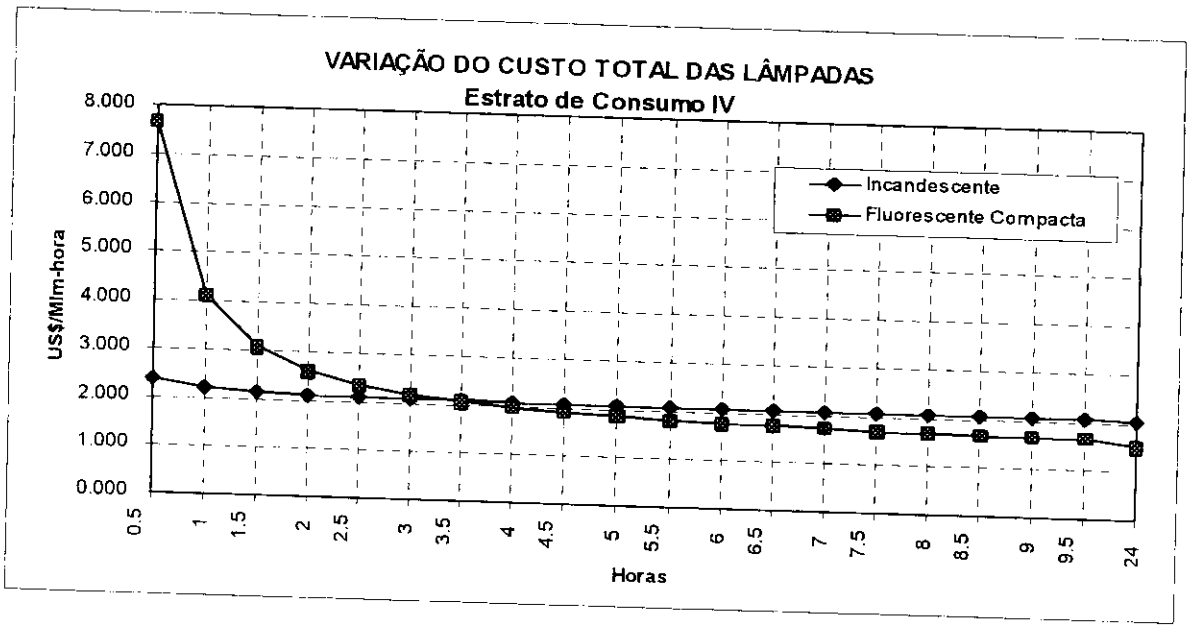
RESULTADOS

		Lâmpada Incandescente			*Fluorescente Compacta*		
Estrato		*B I&II*	*B III*	*B IV*	*B I&II*	*B III*	*B IV*
Tarifa		*0.042*	*0.075*	*0.12*	*0.042*	*0.075*	*0.12*
	Nj:	0.685	0.685	0.685	6.849	6.849	6.849
	FRC:	1.607	1.607	1.607	0.222	0.222	0.222
	S:	0.807	0.807	0.807	1.489	1.489	1.489
	CI:	0.976	0.976	0.976	1.717	1.717	1.717
	CE:	0.380	0.679	1.086	0.082	0.147	0.235
	CR:	1.356	1.655	2.062	1.799	1.864	1.952

Variação do Custo das Lâmpadas para os Diferentes Estratos com as Horas de Utilização

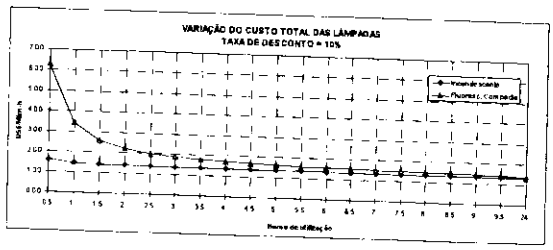


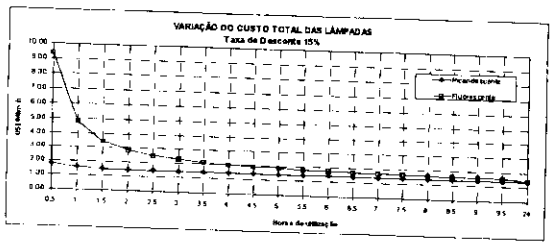

VARIAÇÃO DO CUSTO TOTAL DAS LÂMPADAS
Estrato de Consumo III
US$/Mlm-hora
8.000
7.000
6.000
5.000
4.000
3.000
2.000
1.000
0.000
Incandescente
Fluorescente Compacta
0.5
1
1.5
2
2.5
3
3.5
4
4.5
5
5.5
6
6.5
7
7.5
8
8.5
9
9.5
24
Horas

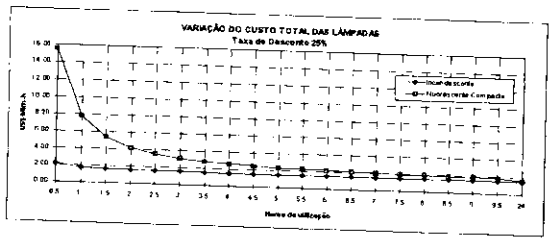

VARIAÇÃO DO CUSTO TOTAL DAS LÂMPADAS
Estrato de Consumo IV
US$/Mlm-hora
8.000
7.000
6.000
5.000
4.000
3.000
2.000
1.000
0.000
Incandescente
Fluorescente Compacta
0.5
1
1.5
2
2.5
3
3.5
4
4.5
5
5.5
6
6.5
7
7.5
8
8.5
9
9.5
24
Horas

Sensibilidade na Taxa de Desconto.

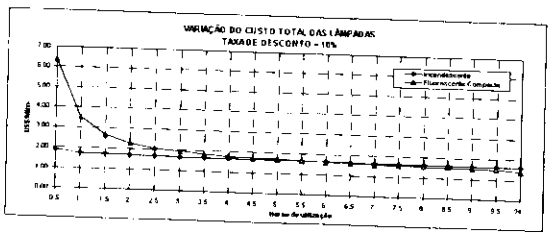
Variação da Taxa de Desconto para o Bloco I & II

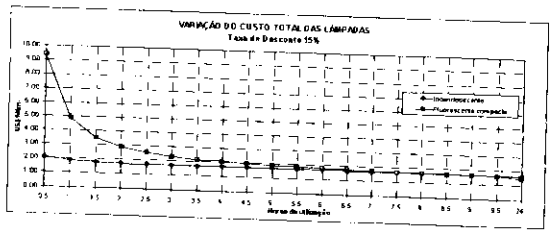


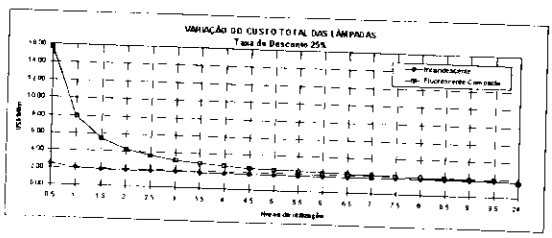




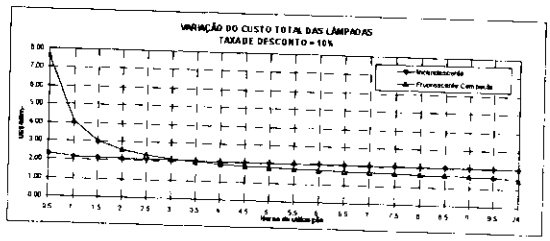
Variação da Taxa de Desconto para o Bloco III

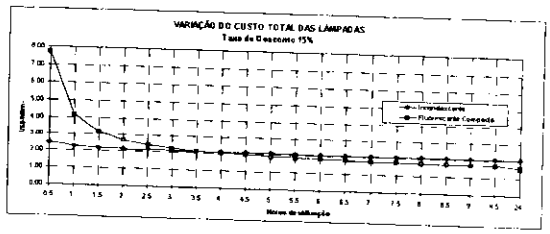


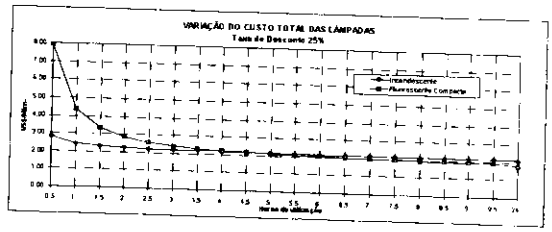




Variação da Taxa de Desconto para o Bloco IV





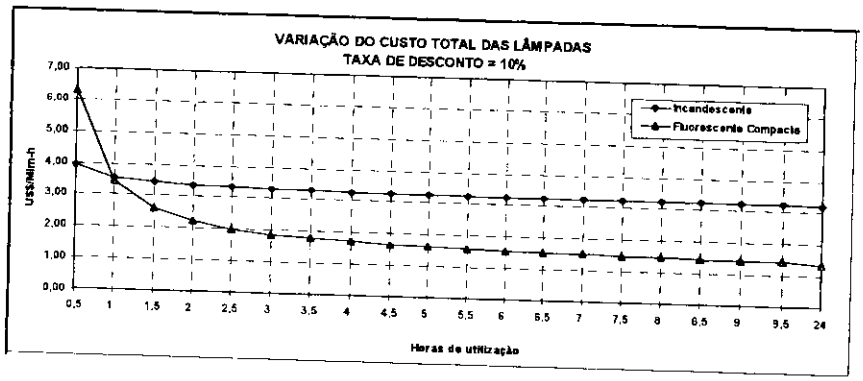


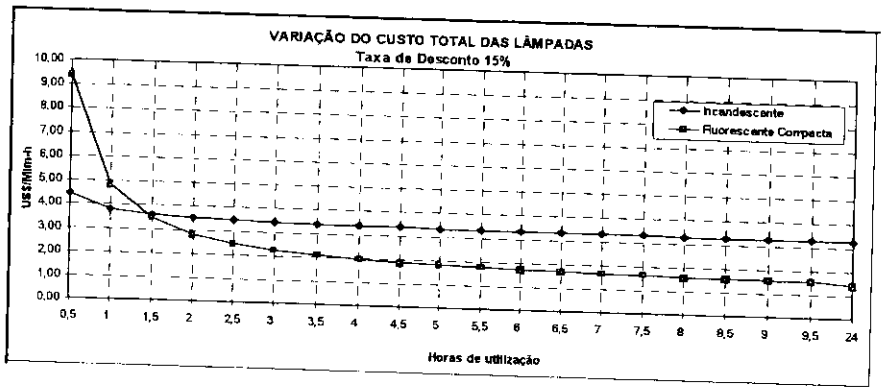
ANEXO D-3

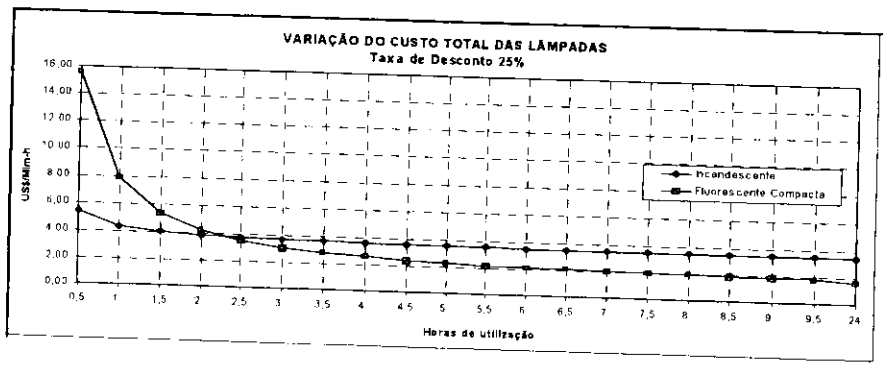
Análise de Sensibilidade das Tecnologias

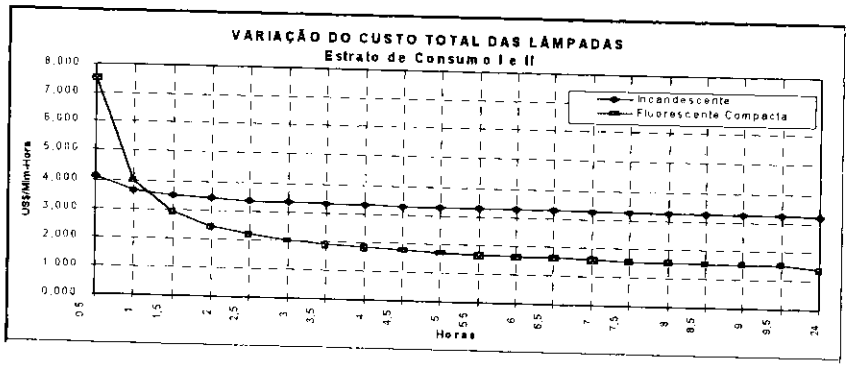
Variação da Potência

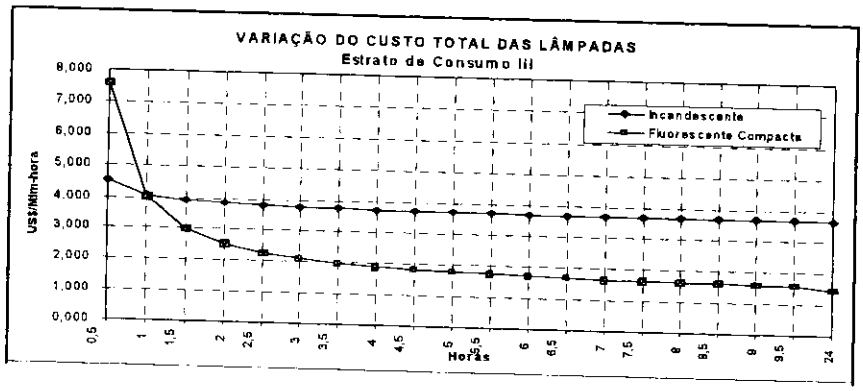
Potência da lâmpada = 25 W.

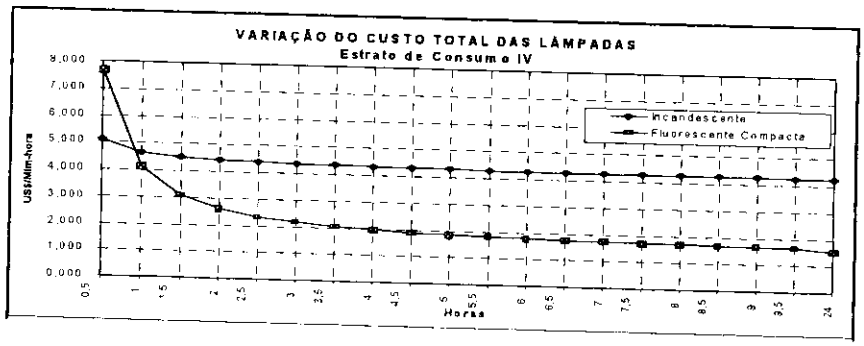




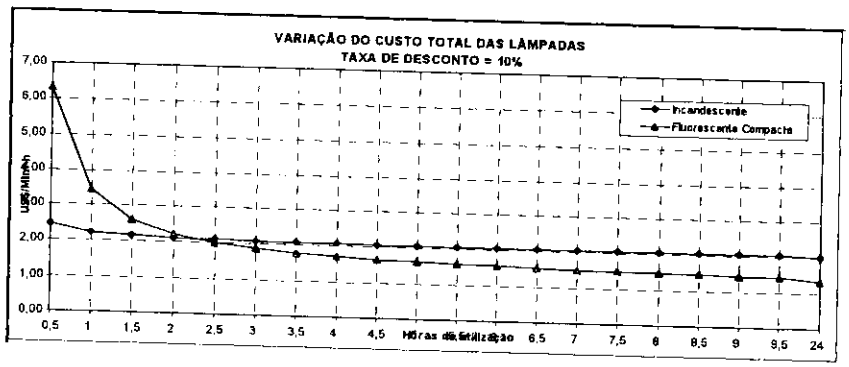


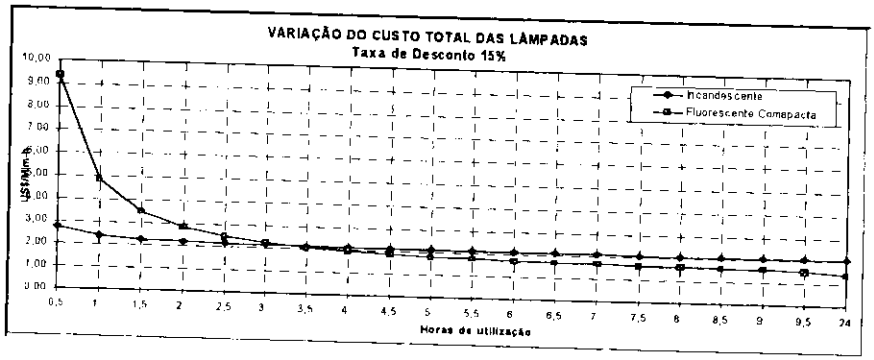


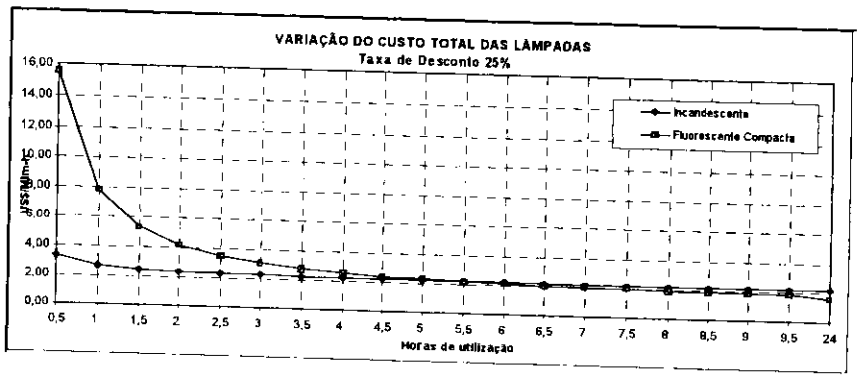


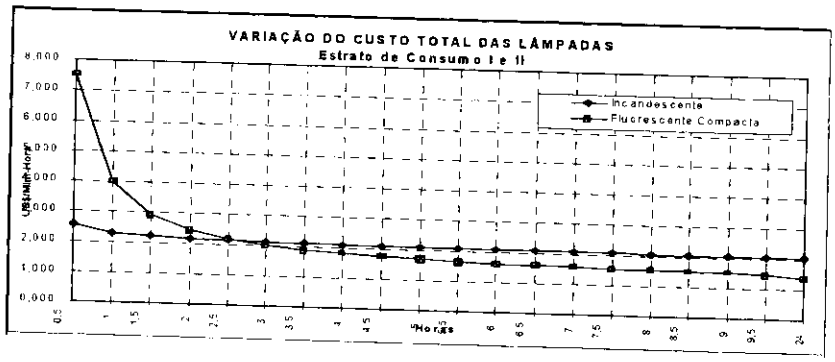


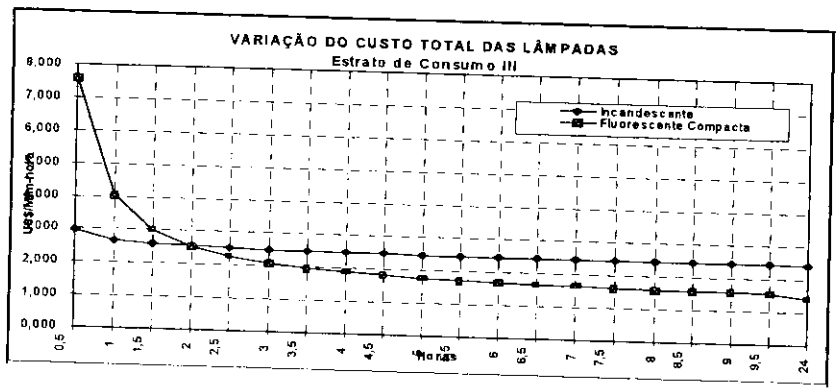
Potência da lâmpada = 40 W.

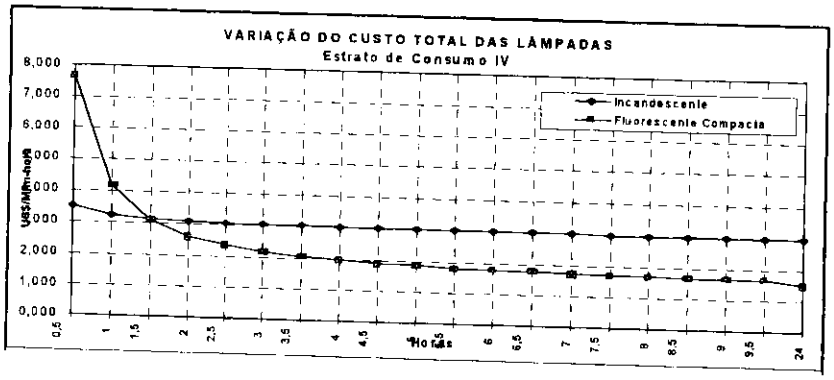



VARIAÇÃO DO CUSTO TOTAL DAS LÂMPADAS
Taxa de Desconto 15%
Incandescente
Fluorescente Compacta
Horas de utilização

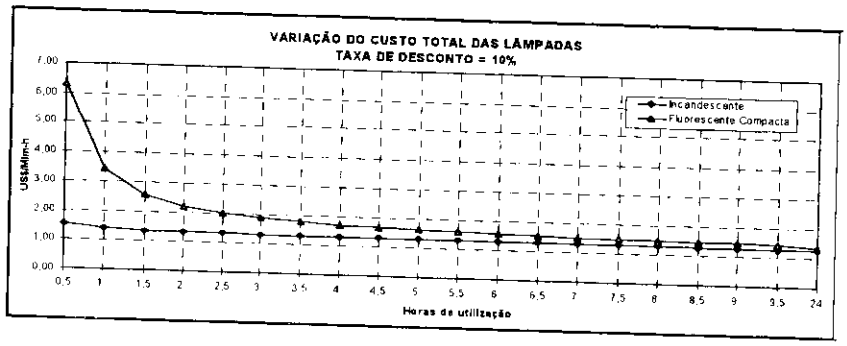

VARIAÇÃO DO CUSTO TOTAL DAS LÂMPADAS
Taxa de Desconto 25%
Incandescente
Fluorescente Compacta
Horas de utilização

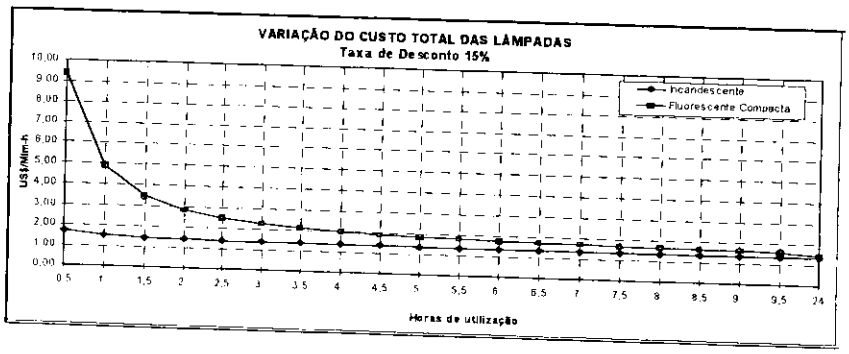

VARIAÇÃO DO CUSTO TOTAL DAS LÂMPADAS
Estrato de Consumo I e II
Incandescente
Fluorescente Compacta
Horas

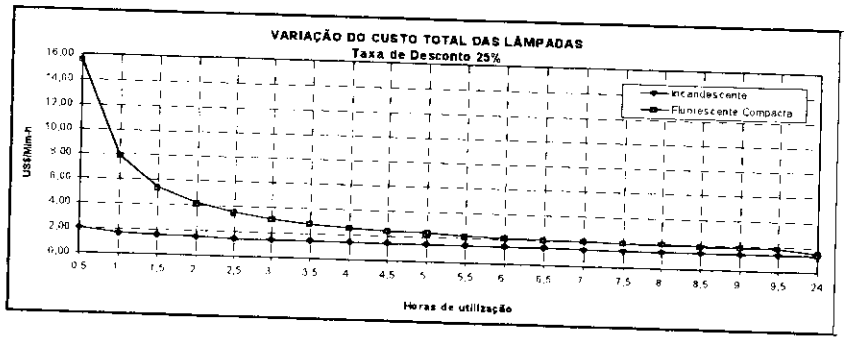

VARIAÇÃO DO CUSTO TOTAL DAS LÂMPADAS
Estrato de Consumo III
Incandescente
Fluorescente Compacta
Horas

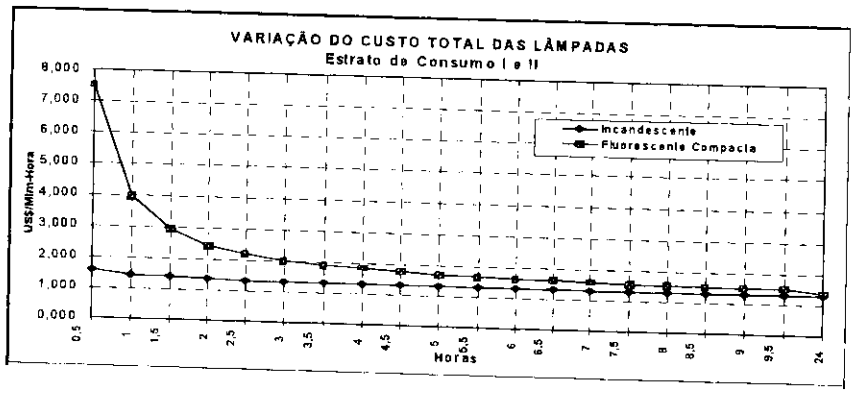


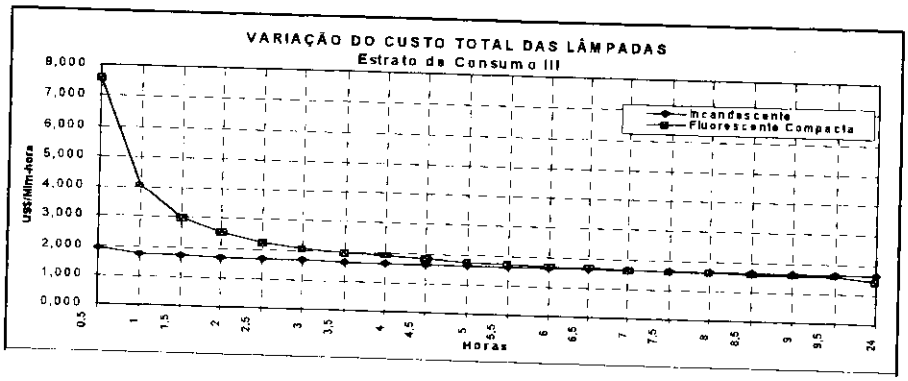
Potência da lâmpada = 60 W.

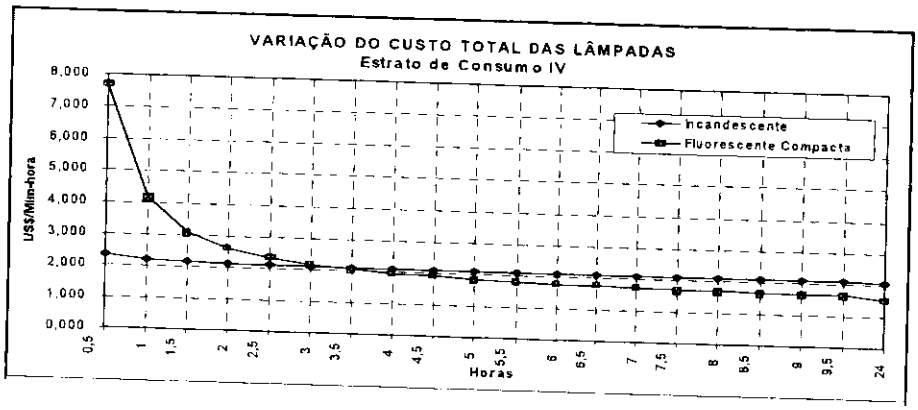




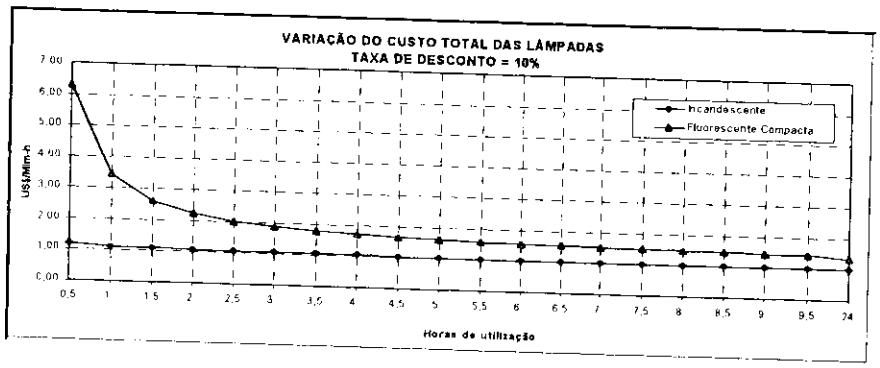


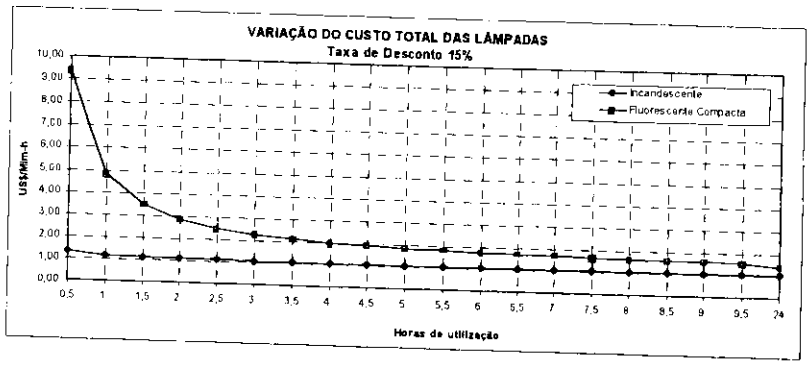


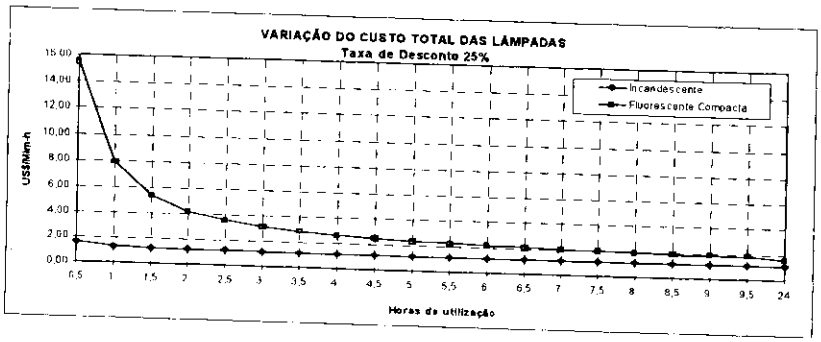


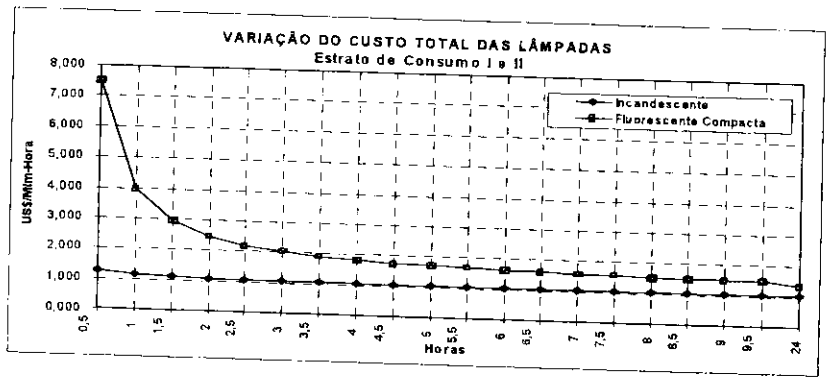


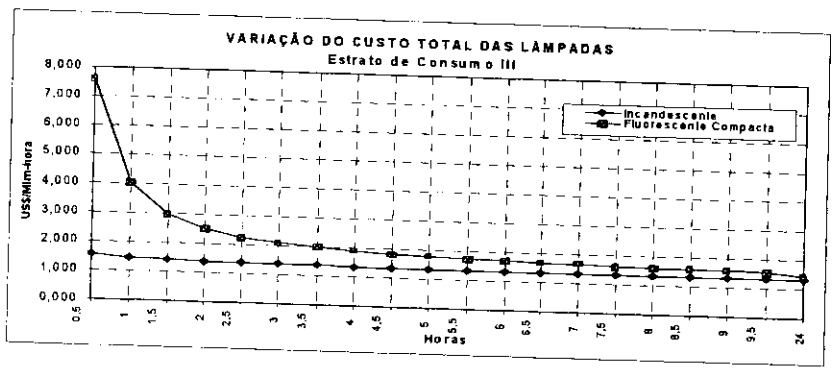
Potência da lâmpada = 75 W.

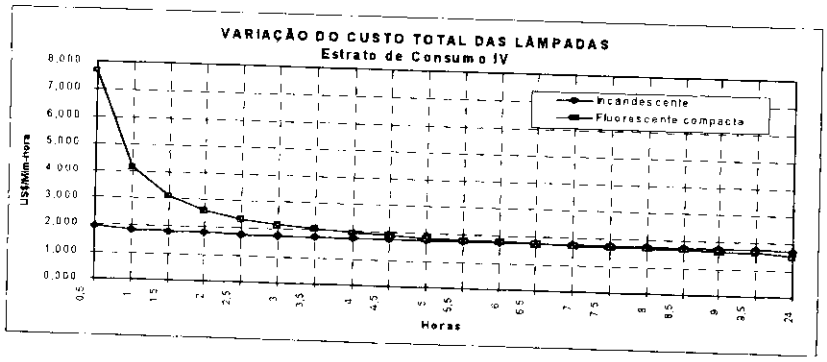



VARIAÇÃO DO CUSTO TOTAL DAS LÂMPADAS
Taxa de Desconto 15%
Incandescente
Fluorescente Compacta
US$/Mlm-h
Horas de utilização

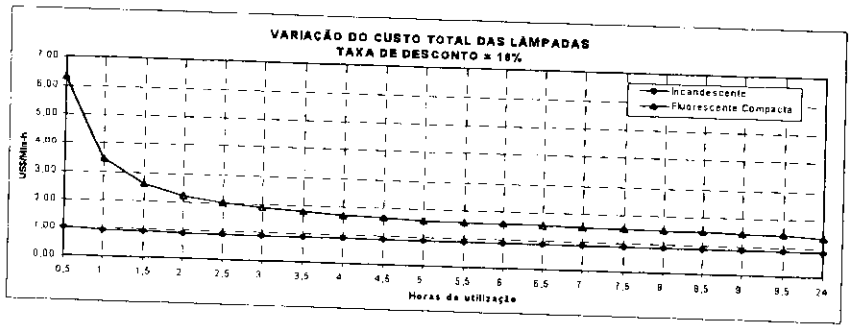

VARIAÇÃO DO CUSTO TOTAL DAS LÂMPADAS
Taxa de Desconto 25%
Incandescente
Fluorescente Compacta
US$/Mlm-h
Horas de utilização

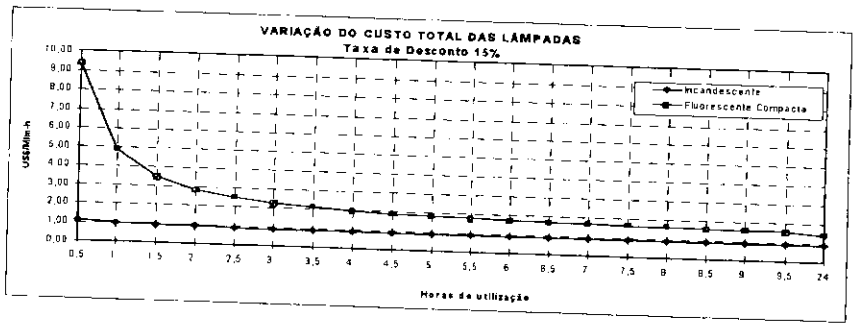

VARIAÇÃO DO CUSTO TOTAL DAS LÂMPADAS
Estrato de Consumo I e II
Incandescente
Fluorescente Compacta
US$/Mlm-Hora
Horas

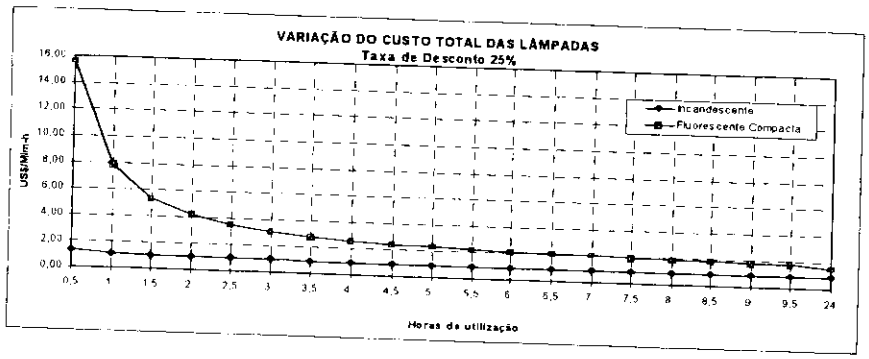

VARIAÇÃO DO CUSTO TOTAL DAS LÂMPADAS
Estrato de Consumo III
Incandescente
Fluorescente Compacta
US$/Mlm-Hora
Horas

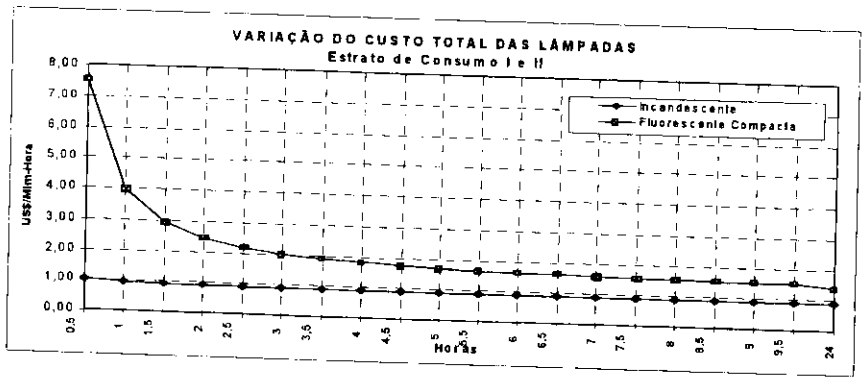


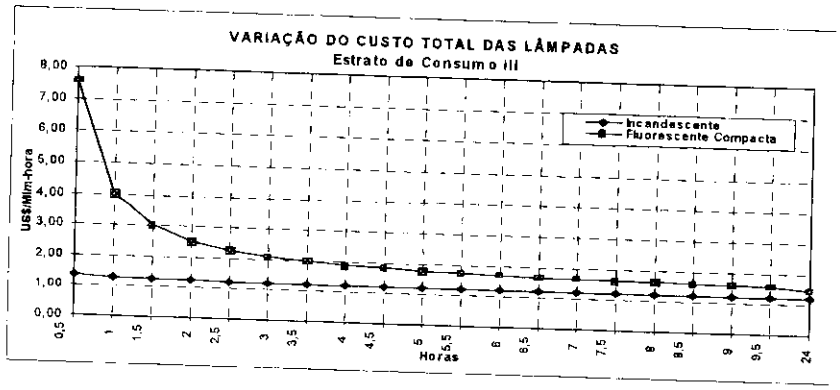
Potência da lâmpada = 100 W.

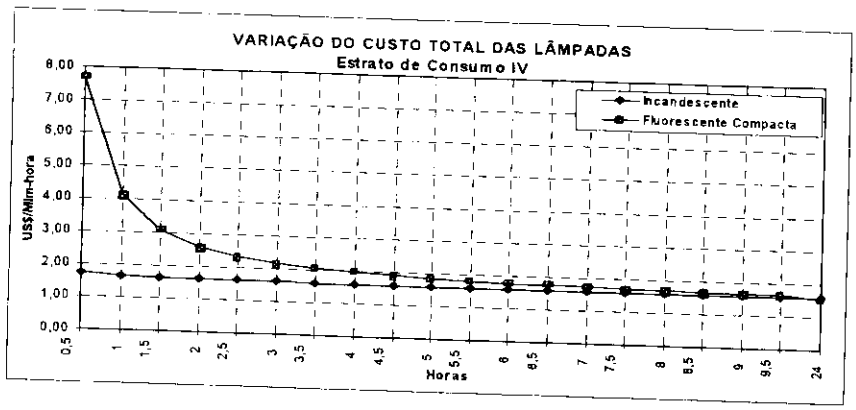







VARIAÇÃO DO CUSTO TOTAL DAS LÂMPADAS
Estrato de Consumo I e II
US$/Mlm-Hora
Horas
Incandescente
Fluorescente Compacta


VARIAÇÃO DO CUSTO TOTAL DAS LÂMPADAS
Estrato de Consumo III
US$/Mlm-hora
Horas
Incandescente
Fluorescente Compacta


VARIAÇÃO DO CUSTO TOTAL DAS LÂMPADAS
Estrato de Consumo IV
US$/Mlm-hora
Horas
Incandescente
Fluorescente Compacta

ANEXO D-4

Resultados Médios do Ensaio das LFC no Laboratório de Fotometria do Instituto de Eletrotécnica e Energia da Universidade de São Paulo.

Lâmpada	Corrente (mA)	Potência (W)	Fluxo (lm)	Eficiência (lm/W)	Tensão (V)	Fator de Potência (%)
Osram 9W	167,4	13,8	474	34,6	220,7	37,4
Philips 15W	107,0	14,6	850	58,6	220,8	63,2
Philips 25W	159,0	21,0	1080	51,0	224,0	59,6
Scrown 18W	125,1	13,7	544	40,3	220,8	49,7
Distorção Harmónica (1)	DHT 1ra medição	DHT 2da medição	3 harm. 1ra medição	3 harm. 2da medição		
Osram 9W	5,5	5,5	5,0	5,5		
Philips 15W	100	95	75	75		
Philips 25W	100	100	95	95		
Scrown 18W	15	15	14	14		

(1) As medições de distorção harmónica foram realizadas cada 11 min.

ANEXO E-1

Curvas de seleção das alternativas de geração.

Opções de Geração para atender a Demanda de Costa Rica.

Características dos projetos de expansão (1995-2015)

Nombre	Potencia	Energia	Investimento	Vida útil	Custos Operação e Mantenimento	
	(MW)	(GWh/ano)	(US$/kW)	(anos)	Fixos (US$/kW-ano)	Variaveis (US$/MWh)
Hidrelétricas						
Angostura	177	971	2,126.3	40	11.8	0.0
Daniel Gutiérrez	20	101	2,030.4	40	11.8	0.0
Guayabo	234	1274	2,227.0	40	11.8	0.0
Pirrís	127.6	543	2,389.7	40	11.8	0.0
Siquirres I	206	1636	3,073.6	40	11.8	0.0
Siquirres II	206	598	683.5	40	11.8	0.0
Toro I	24	115	1,795.8	40	11.8	0.0
Toro II	66	311	857.0	40	11.8	0.0
Pacuare	156	734	2,237.7	40	11.8	0.0
Los LLanos	99	463	1,442.3	40	11.8	0.0
Ayil	127	584	1,993.9	40	11.8	0.0
Laguna Hule	66.6	299	1,498.6	40	11.8	0.0
Peñas Blancas	34.7		2,025.9	40	11.8	0.0
Térmicas						
Geot. Miravalles II	52.25	389	2,268.9	25	24.35	0.0
Geot. Miravalles III	52.25	389	2,268.9	25	24.35	0.0
Geot. Tenorio	52.25	389	2,268.9	25	24.35	0.0
Gas Moín (4ta turbina)	33	43	522.9	15	5.55	5.71
Gas Moín (5ta turbina)	33	43	597.1	15	5.55	5.71
Motor baixa veloc.	24	84	1,855.6	30	8.94	4.1
Ciclo combinado (Bunker)	34	45	2,622.5	30	46.47	5.71
Ciclo combinado (Diesel)	34	45	2,221.4	30	23.23	2.85
Carbón 60	54	341	2,105.6	30	21.91	1.87
Carbón 66	59.4	375	2,357.9	30	21.91	1.87
Carbón 125	112.5	710	1,812.7	30	13.54	2.06
Eólicos						
Tejona	20	94	1592.5	20	1.24	6.8

Fonte: Herrera A. Ref.H-3.

Cálculo do Custo de Capital (Taxa do 12%)

	FRC	Investimento (US$/kW-ano)
Hidrelétricas		
Angostura	0.121	258
Daniel Gutiérrez	0.121	246
Guayabo	0.121	270
Pirrís	0.121	290
Siquirres I	0.121	373
Siquirres II	0.121	83
Toro I	0.121	218
Toro II	0.121	104
Pacuare	0.121	271
Los LLanos	0.121	175
Ayil	0.121	242
Laguna Hule	0.121	182
Peñas Blancas	0.121	246
Térmicas		
Geot. Miravalles II	0.127	289
Geot. Miravalles III	0.127	289
Geot. Tenorio	0.127	289
Gas Moín (4ta turbina)	0.147	77
Gas Moín (5ta turbina)	0.147	88
Motor baja veloc.	0.124	230
Ciclo combinado (Bunker)	0.124	326
Ciclo combinado (Diesel)	0.124	276
Carbón 60	0.124	261
Carbón 66	0.124	293
Carbón 125	0.124	225
Eólicos		
Tejona	0.134	213

Custo do combustível para o ano 1995

	Tipo Comb.	Custo Comb. US$/kWh
Turbinas a gás novas	Diesel	0.052
Motor Baixa velocidade	Bunker	0.021
Plantas de vapor	Carvão	0.024

Fonte: Herrera A. Ref. H-3

Integração da Iluminação e a Cocção na Curva Integrada de Recursos

Cálculo do Custo Anual por kW Economizado na Iluminação.

Parâmetros	
Taxa de desconto	12%
Economia (kWh)	43.80
Preço Geradora (US$/kWh)	10.50
Uso (horas/ano)	1,460
Vida útil (anos)	10
FRC	0.177
Custo de Energia Conservada e Capacidade Evitada	
Energia Conservada Anual-Eca [kWh/ano]	43.80
Capacidade Conservada na Base-CCb [W]	5.00
Capacidade Conservada na Ponta-CCp [kW]	0.022
Custo da Energia Conservada-CEC [US$/MWh]	41
Custo da Carga da Conservação-CCE [US$/kW]	160.478
Fcc	0
C.Anual p/KW Econ.($/KW-ano)	60.48

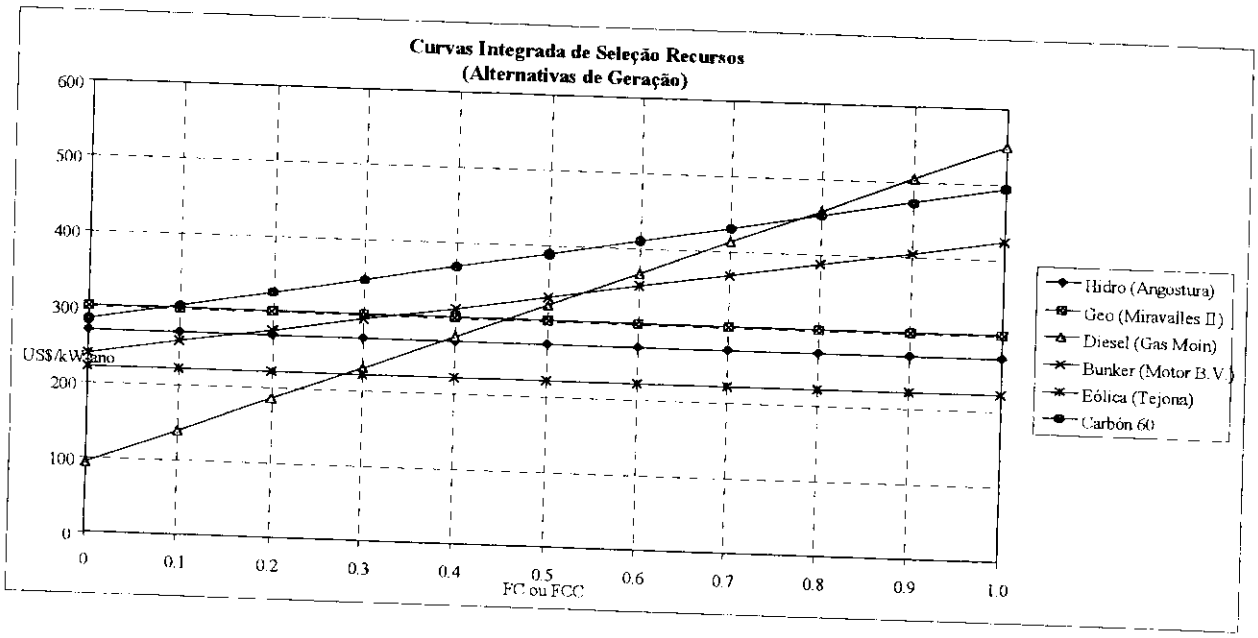
Cálculo do Custo Anual por kW Economizado na Cocção.

Parâmetros	
Taxa de desconto	0.12
Economia (kWh)	1,297
Preço Geradora (US$/kWh)	11
Uso (horas/ano)	
Vida útil (anos)	10
FRC	0
Redução Potência (W)	2,000
Custo Capital Adicional ($)	241
Custo Capital Anual ($/ano)	43
Custo Manutenção/GLP ($/ano)	0
Custos Evitados (Eletricidade) ($/ano)	136
CustoTotal Anual ($/ano)	43
C.Ene.Conservada.(US$/MWh)	32.9
Reduc. Demanda Pico (W)	1,500
Reduc. Demanda Média (W)	148
Fator de carga de conservação (CLF)	0.10
C.Anual p/KW Econ.($/KW-ano)	28.4

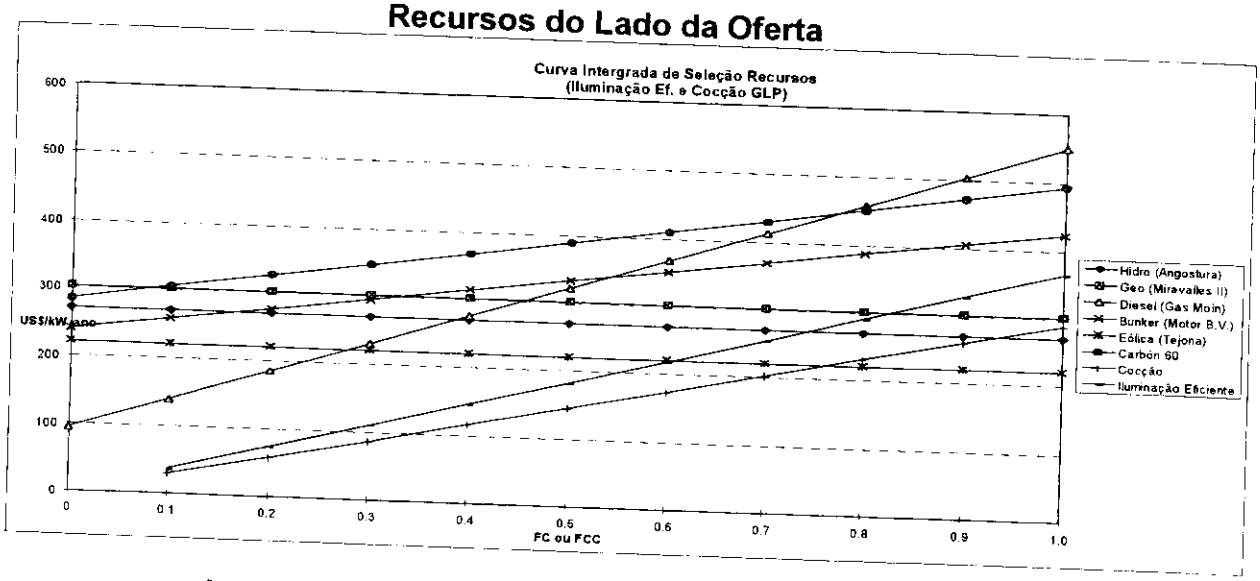
Cálculo dos Custos Totais (Cap + Comb) Anuais em função da carga (US$/kW-ano)

Fator carga	0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0
Hidro (Angostura)	270	270	270	270	270	270	270	270	270	270	270
Geo (Miravalles II)	301	301	301	301	301	301	301	301	301	301	301
Diesel (Gas Moín)	93	139	184	230	275	321	367	412	458	503	549
Bunker (Motor B.V.)	239	258	276	294	313	331	350	368	386	405	423
Eólica (Tejona)	221	221	221	221	221	221	221	221	221	221	221
Carvão 60	283	304	325	346	367	388	409	430	451	473	494
Cocção	-	29	586	87	115	144	173	202	231	259	288
Iluminação Eficiente	-	36	73	109	145	181	218	254	290	327	363

Somente usinas selecionadas



Recursos do Lado da Oferta



Integração dos Recursos de Iluminação e Cocção

ANEXO E-2

POTENCIAL DE ECONOMIA NA TROCA DE LÂMPADAS

Consumo de energia	
Clientes Residencial	287,922
Consumo do setor (MWh/mês)	75,373
Consumo médio (kWh/mês)	261.8

Consumo por equipamento

Uso final	Contribuição	Consumo mensal (kWh)	Tenência (%)	Clientes com equipamento	Consumo mensal (MWh)
Fogão	30%	78.5	82%	236,096	18,541.8
Iluminação	20%	52.4	98%	282,164	14,773.1
Refrigeração	18%	47.1	83%	238,975	11,260.7
Outros	32%	83.8	90%	259,130	21,707.4

Fonte: DSE, Encuesta residencial, 1995, p. 22 e Herrera, 1996.

Previsões do crescimento da população na região Metropolitana
Porcentagem da população da região Metropolitana 45%

Ano	População Total(2)	População região Metropolitana	Taxa de crescimento (média anual)	Habitantes por moradia(2)	Habitantes por ligação	Clientes Residenciais CNFL
1995	3,456,081	1,728,041	-	4.49	5.5	314,189
2000	4,103,551	2,051,776	3.75%	4.17	5.5	373,050
2005	4,682,356	2,341,178	2.82%	4.06	5.5	425,669
2010	5,083,147	2,541,574	1.71%	4.00	5.5	462,104
2015	5,475,993	2,737,997	1.55%	4.00	5.5	497,818

(1): A população da região Metropolitana representa o 50% do total do país.
(2) ICE. Proyecciones de Demanda de Energia Eléctrica 1995-2015, p34.

FUTURO EFICIENTE

Saturação de lâmpadas no setor residencial

Ano	Tenência de Lâmpadas				Quantidade de Lâmpadas (milhes)		
	Incandescentes	LFC[1]	Total	Número de lâmpadas por moradia[2]	Número de Incandescentes	Número de LFC	Total
1995	81.1%	16.9%	98.0%	3.2	816	170	985
2000	71.0%	27.5%	98.5%	3.2	848	328	1,176
2005	60.9%	38.1%	99.0%	3.2	829	520	1,349
2010	50.7%	48.8%	99.5%	3.2	750	721	1,471
2015	40.6%	59.4%	100.0%	3.2	646	947	1,593

(1) : Considerou-se os dados de tenência de fluorescentes compactas como a tenência total de fluorescentes ao não ter-se os dados exatos.

(2) Nota 2 : A quantidade de lâmpadas por residência é tomada da OLADE ref. p. 29.

(3) Nota 3 : A porcentagem de lâmpadas é tomada de DSE, Encuesta de consumo de energia en el sector residencial, p. 42.

CONSUMO DE ENERGIA

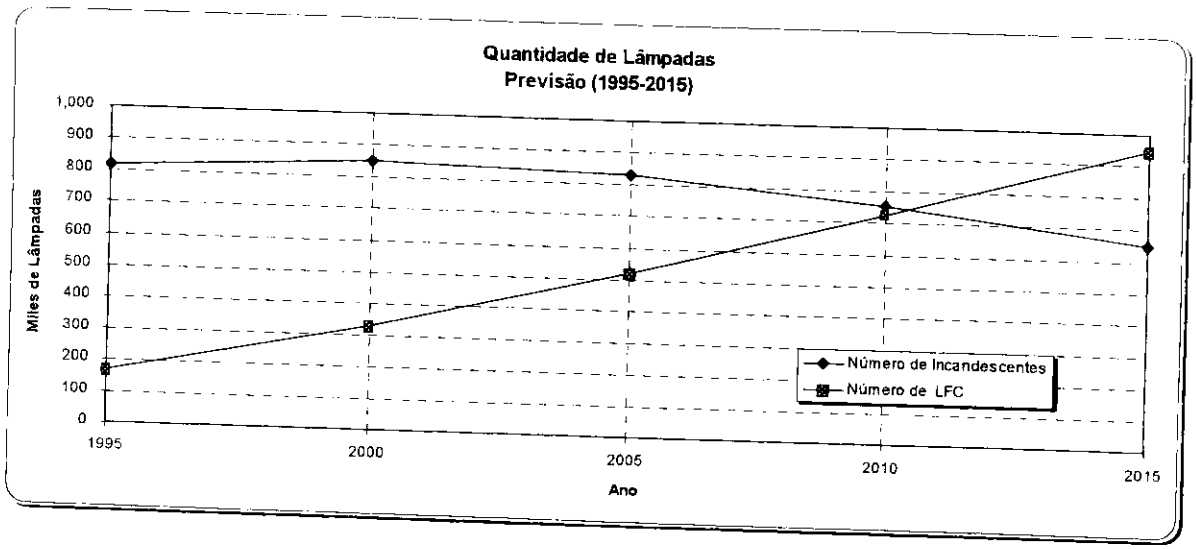
Horas de Uso ao dia[1] : 10.91

Consumo médio por lâmpada (kWh/ano)[2]: 199.06

Ano	Quantidade de Lâmpadas Incandescentes (milhes)		Consumo de energia (GWh/ano)	
	Eficiência congelada	*Futuro eficiente*	*Eficiência congelada*	*Futuro eficiente*
1995	816	816	162	162
2000	969	848	193	169
2005	1105	829	220	165
2010	1200	750	239	149
2015	1293	646	257	129

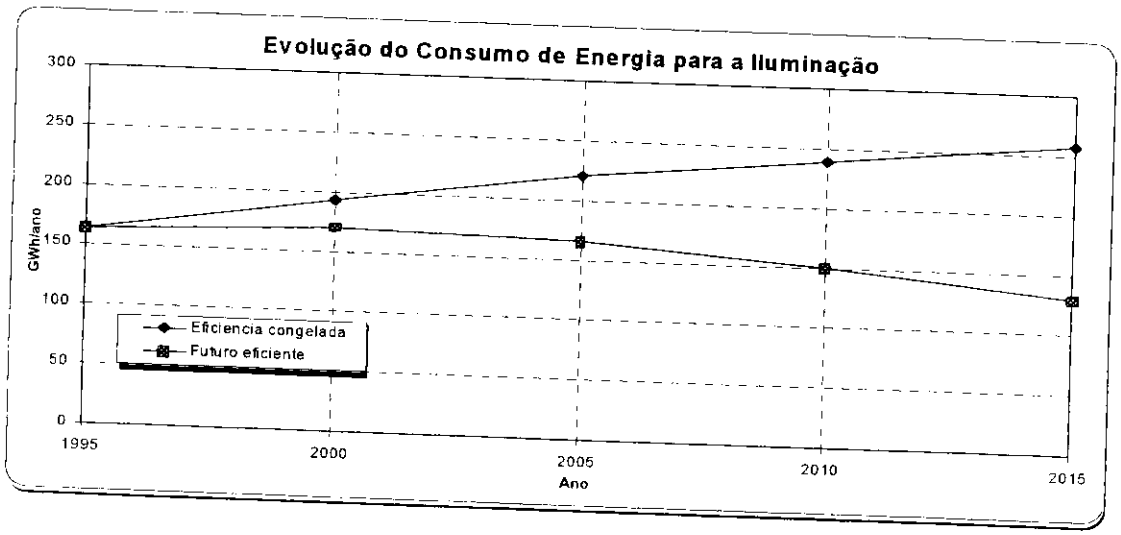
(1) As horas de uso ao dia foram obtidas com uma potência da lâmpada de 50W e a média do consumo por cliente. A média para a tenência de lâmpadas é de 3,2, Negri de Magalhães C., 1992; Ref.

(2) Supondo a potência da lâmpada incandescente de 50 W.



POTENCIAL DE ECONOMIAS NA ILUMINAÇÃO					
Previsões e economias	***1995***	***2000***	***2005***	***2010***	***2015***
Energia					
Cenário Base (GWh)	4,595	5,630	7,285	9,186	11,564
Cenário CNFL (GWh)	2,298	2,815	3,643	4,593	5,782
Cenário Ef. congelada	162	193	220	239	257
Cenário Futuro Eficiente	162	169	165	149	129
Economia (GWh)	0	24	55	90	129
Potência					
Previsões demanda (MW)	963	1,288	1,676	2,078	2,590
Previsões CNFL (MW)	482	644	838	1,039	1,295
Economia (MW)(2)	0.00	4.48	10.22	16.65	23.91
Economia (%)	0.00%	0.70%	1.22%	1.60%	1.85%

Nota 1: A CNFL consume o 50% da energia produzida e é responsável pelo 50% da demanda.
Nota 2: A diminuição na demanda e calculada como el produto da demanda reduzida por cada lâmpada substituída (50 W) pela quantidade destes lâmpadas.
Nota 3: Considera-se um fator de coincidência no cálculo de diminuição da demanda de 0,74, Negri de Magalhães, 1992; Ref. N-1.



BIBLIOGRAFIA

B-1 Bajay S. V., Bezerra de Carvalho E., Jannuzi G de M. e outros. **Planejamento Integrado de Recursos: Barreiras Usualmente Encontradas na Sua Implantação e Instituições que Devem Ser Convidadas na Sua Implementação no Setor Elétrico Brasileiro**.

B-2 Barriga S. L. A. **Bases para a Melhoria da Eficiência na Iluminação na Região Metropolitana de Lima**. São Paulo, 1995.

B-3 Blanco A. O. **Experiencias Mexicanas en Projectos de Sustituición de Focos Incandescentes por Lâmparas Fluorescentes Compactas en Servicios Domesticos**.

C-1 Chedid S. A. **La Inversión Privada en el Sector de Generación Eléctrica y Sus Efectos Sobre el Consumo de Gas**. Congreso Latinoamericano de Generación, Transmisión y Distribuición de Energía Eléctrica. Mar del Plata, 1995.

C-2 Compañía Nacional de Fuerza y Luz. **Venta de Lámparas Fluorescentes en el Sector Residencial**. *Documento Provocativo*. Dezembro, 1996.

D-1 Dirección Sectorial de Energia. **Balanço Energético Nacional**. San José, Julio 1995.

D-2 Direción Sectorial de Energia. **Encuesta de Consumo de Energia no Setor Residencial Costarricense**. San José, Costa Rica, 1995.

G-1 Galán, F. A. Sarmento. **Estudios Sobre Tecnologías para o Uso de la Demanda Eléctrica em os Estados Unidos de América. Apresentado á Organização Latinoamericana de Energia**. San José, Diciembre 1992.

G-2 Gutiérrez F. S.. **Manual de Iluminación**. Holophane S.A, Mexico.

H-1 Harry G. Stoll. **Least-Cost Electric Utility Planning**.

H-2 Herrera H. A. **Gerenciamento da Demanda Mediante Substituição Energética na Cocção Residencial: Região Metropolitana da Costa Rica**. São Paulo, 1996.

H-3 Herrera H. A, Sauer I. L. **VII Congresso Brasileiro de Energia** . Rio de Janeiro, 1996.

I-1 Instituto Costarricense de Electricidad, Direción de Planificación Eléctrica, Departamento de Tarifas e Mercado Eléctrico. **Proyecciones de Demanda de Energia Eléctrica 1995-2015**. San José, Costa Rica, octubre 1995.

I-2 Instituto Costarricense de Electricidad. **Programa de Desarrollo Eléctrico III. Proyecto de Conservación de Energia, Gestión de Financiamiento**. San José, Costa Rica, Março 1993.

I-3 Instituto Costarricense de Eletricidade (ICE). **Grado de Eletrificación en Costa Rica**. Departamento de tarifas e mercado eléctrico. Janeiro 1994.

J-1 Jannuzzi G. de M. e F. dos Santos V. **Costs and benefits of a utility rebate program to promote compact fluorescent lamps in Brazil households. Energy for Sustainable Development**. IEI, Março 1996.

K-1 Koomey, Jonathan; Rosenfeld, Arthur H.; Gadgil, Ashok. **Conservation Screening Curves to Compare Efficency Investments to Power Plants.** Energy Police. Outubro 1990.

L-1 La Gaceta. Jornal oficial do governo da Costa Rica. Dezembro 1994.

M-1 Mahaud D.O.. **Uso Eficiente de Energia Elétrica no Setor Residencial do Equador: Estratégias Tecnológica, Política e Econômica**. São Paulo, 1994.

M-2 Moreira V. de Araújo. **Iluminação e Fotometria. Teoria e Aplicação**. Terceira edição revista e ampliada. São Paulo, Brasil 1987 .

N-1 Negri de Magalhanes C. **Caracterización del Comportamiento de a Demanda de Energia Eléctrica Mediante Encuestas e Mediciones, V Parte**. San José, Diciembre 1992.

O-1 Organización Latinoamericana de Energia e a Comisión de las Comumidades Europeas. **Proyecto Manejo de la Demanda e Uso Racional de Energia Eléctrica en el Istmo Centroamericano**. Etapa 4-

Plan de Acción e Identificación de Medidas em a Ciudad de San José, Costa Rica. Quito, Jumio 1993.

P-1 Philips Lighting Division. **Manual de Iluminação**. Eindhoven, Holanda, 1986.

P-2 Philips do Brasil. **Catálogos de Lâmpadas**. São Paulo, 1997.

R-1 R. Da Silva Reche A. L. **Conservação de Energia em Sistemas de Iluminação de Edificações**. Campinas, junho, 1991.

R-2 RCG/Hagler, Bailly, Inc., Boulder. **Impact Evaluation of Demand-Side Managment Programs**. Volume 1: A Guide to Current Practice., Colorado. Electric Power Research Institute, 1991.

R-3 Readdy A. K. N. **Barriers to Improvements in Energy Efficiency**. Energy Policy. Dezembro, 1991

R-4 Reumión sobre eficiencia energetica: Belice-Istmo Centroamericano-Mexico, Managua Nicaragua. **Cartera de Proyectos en Conservación de Energia Eléctrica Eléctrica en la Compañía Nacional de Fuerza e Luz**. 9 e 10 de Junho 1994.

R-4 Romero. A. B. F. **Condições Operacionais para o Desenvolvimento do Mercado de Eficiência Energética no Setor Residencial de Lima Metropolitana**. São Paulo, 1996.

S-1 Santos H. R. e Sauer I. L. **Proposições Regulatórias para a Institucionalização do Planejamento Integrado de Recursos no Brasil**. Seminário Internacional de Estratégias de Conservação e Uso Eficiente de Energia Elétrica no Brasil. Rio de Janeiro, ELETROBRÁS, PROCEL, 1994.

S-2 Sobreira R. B. **Estudio de Costos Marginales, Costos de Suministro de Electricidad, Sector Eléctrico**. Instituto Costarricense de Electricidad, Direcção Planificação Electrica. San José, Costa Rica, Abril 1994.

INSTITUTO DE ELETROTÉCNICA E ENERGIA USP
BIBLIOTECA
Nº 122