

ESTE EXEMPLAR CORRESPONDE A REDAÇÃO FINAL
DA TESE DEFENDIDA POR Ana Lúcia R.
da Silva Reche APROVADA PELA
COMISSÃO JULGADORA EM 10/06/91

Gilberto Martino Jannuzzi
ORIENTADOR

Tese de Mestrado

RECHE

Título: CONSERVAÇÃO DE ENERGIA EM SISTEMAS
DE ILUMINAÇÃO DE EDIFICAÇÕES.

Autora: ANA LÚCIA R. DA SILVA RECHE

Orientador: Prof. Dr. GILBERTO DE MARTINO JANNUZZI

08/91

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE ENGENHARIA MECÂNICA

Tese de Mestrado

Título: CONSERVAÇÃO DE ENERGIA EM SISTEMAS
DE ILUMINAÇÃO DE EDIFICAÇÕES.

Autora: ANA LÚCIA R. DA SILVA RECHE

Orientador: Prof. Dr. GILBERTO DE MARTINO JANNUZZI *rg*

Aprovado por


Prof. Dr. Gilberto De Martino Jannuzzi, Presidente


Prof. Dr. José Roberto Moreira


Prof. Dr. Tamás Szmrecsányi

Campinas, 10 de junho de 1991.

Ao
Prof. Libbe Smit

AGRADECIMENTOS

Quero expressar os meus sinceros agradecimentos a todos aqueles que, direta ou indiretamente, colaboraram na realização deste estudo.

Agradeço em particular, ao Prof. Gilberto Jannuzzi pela orientação atenciosa;

Ao Prof. Libbe Smit pela sua boa vontade e dedicação em nossas aulas de iluminação;

À Nilson, pela compreensão e carinho durante os momentos onde conciliar tudo foi tão difícil;

Aos meus pais, América e João, pelo incentivo durante todas as etapas deste trabalho;

À CESP, que possibilitou a execução deste estudo e aos colegas de trabalho que me auxiliaram com dedicação, onde agradeço especialmente aos colegas e amigos Fernando, Solange, Paulinho, Mamiro, Mary e Cristina;

À Elio, pelas contribuições valiosas ao longo do trabalho, pelas revisões e sugestões;

À Isac Roizenblatt pelas informações técnicas fornecidas;

À Eletrobrás, nas pessoas de Ademir de Andrade e Lúcia Navegantes, pelas contribuições;

Aos colegas, professores e funcionários da Unicamp, pela agradável convivência desses três anos;

À Márcia, pelo apoio bibliográfico e ao Edson pelo apoio na informática.

ÍNDICE

APRESENTAÇÃO.....	01
CAPÍTULO I - INTRODUÇÃO.....	03
ENERGIA ELÉTRICA E SEU POTENCIAL DE CONSERVAÇÃO.....	05
Análise do Plano 2010 da Eletrobrás.....	05
Os programas de conservação de energia elétrica..... e o potencial de conservação por setores.....	07
SETOR TERCIÁRIO.....	12
Características energéticas e ramos de atividades.....	12
Estrutura de consumo de eletricidade por usos..... finais.....	13
Perfil do consumo de energia elétrica em..... edificações.....	15
ILUMINAÇÃO.....	17
Participação da iluminação no consumo de energia..... elétrica em prédios comerciais e públicos.....	17
Perspectivas de conservação.....	17

CAPÍTULO II - SISTEMAS DE ILUMINAÇÃO.....	20
PROJETO DE SISTEMAS DE ILUMINAÇÃO DE INTERIORES.....	20
Terminologia especial.....	20
Considerações especiais.....	21
Roteiro de projeto para sistemas de iluminação.....	22
Alternativas de distribuição espacial e controles..... necessários.....	23
NORMAS DE RECOMENDAÇÃO DE NÍVEIS DE ILUMINAÇÃO.....	24
Normas vigentes.....	24
Conceito W/m^2	24
EQUIPAMENTOS UTILIZADOS EM SISTEMAS DE ILUMINAÇÃO.....	25
Evolução histórica.....	26
Tecnologias existentes para todos os tipos de iluminação..	26
Equipamentos mais eficientes para iluminação de..... edificações.....	29
GERENCIAMENTO DE SISTEMAS DE ILUMINAÇÃO.....	35
Depreciação do sistema.....	35
Manutenção do sistema.....	36
Monitoramento do sistema de iluminação.....	37
Utilização do sistema de iluminação em horário de ponta... do sistema elétrico.....	38

CAPÍTULO III - METODOLOGIA PARA ANÁLISE DE VIABILIDADE..... ECONÔMICA DE SISTEMAS DE ILUMINAÇÃO EFICIENTES.....	39
REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	39
METODOLOGIAS ECONÔMICAS MAIS UTILIZADAS.....	45
Payback Time ou tempo de retorno.....	45
Valor presente líquido.....	45
Taxa interna de retorno.....	46
Benefício anual líquido ou custo anual.....	46
METODOLOGIA ESCOLHIDA PARA ANÁLISE DE VIABILIDADE..... ECONÔMICA.....	47
CCE: Custo da energia conservada.....	47
CEP: Custo da capacidade evitada em horário de pico.....	48
BAL: Benefício anual líquido.....	48
ANÁLISE E PRESUPOSTOS DA METODOLOGIA ESCOLHIDA.....	49
CAPÍTULO IV - ESTUDOS REALIZADOS.....	51
ESTUDO 1- SUBSTITUIÇÃO DE LÂMPADAS EM EDIFÍCIO DE..... DIVERSOS ANDARES.....	52
Introdução.....	52
Distribuição do sistema de iluminação.....	52
Diagnóstico da iluminação existente.....	55
Potência instalada e consumo mensal.....	57
Possibilidades de conservação de energia elétrica.....	57

Investimentos necessários para implantação das.....	
alternativas propostas.....	58
Redução do consumo mensal de energia.....	59
Análise econômica.....	60
Comentários.....	62
ESTUDO 2- ALTERAÇÃO DO SISTEMA DE ILUMINAÇÃO DO PRÉDIO.....	
DA REGIONAL DE DISTRIBUIÇÃO DE RIO CLARO-CESP.....	66
Introdução.....	66
Diagnóstico do sistema de iluminação existente.....	66
Substituição dos equipamentos existentes.....	67
Atual sistema de iluminação.....	68
Análise econômica.....	70
Comentários.....	72
ESTUDO 3- GERENCIAMENTO DE UM SISTEMA DE ILUMINAÇÃO.....	
EFICIENTE.....	74
Introdução.....	74
Sistema de iluminação.....	74
Limpeza geral do edifício.....	75
Utilização do sensor de presença.....	76
Troca programada de lâmpadas.....	77
Comentários.....	80
RESUMO E CONCLUSÕES DOS TRÊS ESTUDOS PRÁTICOS.....	81

CAPÍTULO V - AVALIAÇÃO DOS CUSTOS E DO POTENCIAL DE.....	
CONSERVAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA NO ANO 2010.....	83
CUSTOS INDIVIDUAIS.....	83
Substituição 1: incandescente por fluorescente compacta...	85
Substituição 2: fluorescente de 40 W por 32 W.....	87
Substituição 3: reator eletromagnético por reator..... eletrônico.....	89
Substituição 4: luminária convencional por luminária..... reflexiva.....	91
Substituição 5: conjunto convencional por conjunto..... eficiente.....	93
ANÁLISE DE SENSIBILIDADE.....	101
CCE - consumidor.....	102
CCE - setor elétrico.....	102
CEP.....	103
BAL - consumidor.....	104
BAL - setor elétrico.....	104
PROJEÇÃO DE MERCADO DOS EQUIPAMENTOS MAIS EFICIENTES.....	107
Levantamento das vendas anuais de equipamentos.....	108
Previsão de vendas futuras dos equipamentos de..... iluminação.....	110
Penetração dos equipamentos mais eficientes.....	110
Reposição dos equipamentos nas novas instalações.....	111

POTENCIAL DE CONSERVAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA E REDUÇÃO..... DE POTÊNCIA NO ANO 2010.....	116
Resultados obtidos com as cinco alternativas.....	116
Resultado geral.....	119
CAPÍTULO VI - CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES.....	121
BIBLIOGRAFIA.....	127
ANEXOS.....	132

RELAÇÃO DE TABELAS

Tabela 1 - Previsão de consumo total de energia elétrica.... por classes de consumo 1986.....	06
Tabela 2 - Metas globais de conservação de energia..... elétrica-Cenário 1.....	08
Tabela 3 - Metas globais de conservação de energia..... elétrica-Cenário 2.....	09
Tabela 4 - Participação dos usos finais no consumo de..... eletricidade.....	14
Tabela 5 - Recomendação de "w/m ² " para iluminação.....	25
Tabela 6 - Especificação técnica de lâmpadas.....	33
Tabela 7 - Especificação técnica de reatores.....	34
Tabela 8 - Especificação de luminárias.....	34
Tabela 9 - Distribuição de lâmpadas- "Torre Beta".....	53
Tabela 10- Distribuição de lâmpadas auxiliares-"Torre..... Beta".....	54
Tabela 11- Potência reduzida e investimentos..... necessários.....	58
Tabela 12- Economia anual obtida com as alternativas..... propostas.....	60
Tabela 13- Análise econômica - estudo 1.....	61

Tabela 14- Iluminâncias medidas no prédio em estudo.....	67
Tabela 15- Comparação de potência e consumo.....	69
Tabela 16- Investimentos dispendidos.....	69
Tabela 17- Análise econômica - estudo 2.....	71
Tabela 18- Custos de diferentes manutenções.....	80
Tabela 19- Análise econômica das substituições.....	84
Tabela 20- Variação para análise de sensibilidade.....	101
Tabela 21- Relação de sensibilidade.....	106
Tabela 22- Vendas anuais.....	108
Tabela 23- Vendas anuais de equipamentos para..... iluminação-1989.....	109
Tabela 24- Penetração dos equipamentos nas instalações..... novas.....	111
Tabela 25- Previsão de mercado dos equipamentos.....	112
Tabela 26- Redução de consumo e potência com as..... substituições.....	116
Tabela 27- Consumo e potência economizada no ano 2010....	117

RELAÇÃO DE FIGURAS

Figura 1.1. - Evolução do consumo de eletricidade, energia.. e PIB	05
Figura 1.2. - Custos dos programas de conservação.....	11
Figura 1.3. - Consumo de energia no setor terciário.....	12
Figura 1.4. - Principais usos finais.....	15
Figura 1.5. - Prédios com ar condicionado.....	16
Figura 1.6. - Prédios sem ar condicionado.....	16
Figura 2.1. - Efeito da depreciação, limpeza e reposição.... das lâmpadas na iluminância E.....	37
Figura 4.1. - CCE - Estudo 1/Alternativa I.....	63
Figura 4.2. - CEP - Estudo 1/Alternativa I.....	63
Figura 4.3. - BAL - Estudo 1/Alternativa I.....	64
Figura 4.4. - CCE - Estudo 1/Alternativa II.....	64
Figura 4.5. - CEP - Estudo 1/Alternativa II.....	65
Figura 4.6. - BAL - Estudo 1/Alternativa II.....	65
Figura 4.7. - CCE - Estudo 2.....	72
Figura 4.8. - CEP - Estudo 2.....	73
Figura 4.9. - BAL - Estudo 2.....	73

Figura 5.1. - CCE - Consumidor/Setor elétrico.....	
Substituição 1.....	85
Figura 5.2. - CEP - Setor elétrico.....	
Substituição 1.....	86
Figura 5.3. - BAL - Consumidor/Setor elétrico.....	
Substituição 1.....	86
Figura 5.4. - CCE - Consumidor/Setor elétrico.....	
Substituição 2.....	87
Figura 5.5. - CEP - Setor elétrico.....	
Substituição 2.....	88
Figura 5.6. - BAL - Consumidor/Setor elétrico.....	
Substituição 2.....	88
Figura 5.7. - CCE - Consumidor/Setor elétrico.....	
Substituição 3.....	89
Figura 5.8. - CEP - Setor elétrico.....	
Substituição 3.....	90
Figura 5.9. - BAL - Consumidor/Setor elétrico	
Substituição 3.....	90
Figura 5.10 - CCE - Consumidor/Setor elétrico.....	
Substituição 4.....	91
Figura 5.11 - CEP - Setor elétrico.....	
Substituição 4.....	92
Figura 5.12 - BAL - Consumidor/Setor elétrico... ..	
Substituição 4.....	92
Figura 5.13 - CCE - Consumidor/Setor elétrico.....	
Substituição 5.....	93
Figura 5.14 - CEP - Setor elétrico.....	
Substituição 5.....	94

Figura 5.15 - BAL - Consumidor/Setor elétrico.....	
Substituição 5.....	94
Figura 5.16 - CCE/ Consumidor.....	96
Figura 5.17 - CCE/ Setor elétrico.....	97
Figura 5.18 - CEP	98
Figura 5.19 - BAL/ Consumidor.....	99
Figura 5.20 - BAL/ Setor elétrico.....	100
Figura 5.21 - Previsão de mercado de incandescentes e.....	
fluorescentes compactas	113
Figura 5.22 - Previsão de mercado de fluorescentes de.....	
40 W e 32 W.....	113
Figura 5.23 - Previsão de mercado de reatores.....	
eletromagnéticos e eletrônicos.....	114
Figura 5.24 - Previsão de mercado de luminárias.....	
convencionais e reflexivas.....	114
Figura 5.25 - Previsão de mercado de conjuntos.....	
convencionais e eficientes.....	115
Figura 5.26 - Curva de suprimento da energia conservada..	117
Figura 5.27 - Curva de suprimento da potência evitada....	118
Figura 5.28 - Curva geral de suprimento da energia.....	
conservada.....	120

RELAÇÃO DE ANEXOS

Anexo 1 - NBR 5413: Iluminância de interiores.....	133
Anexo 2 - Evolução cronológica dos equipamentos de iluminação.....	143
Anexo 3 - Equipamentos utilizados neste trabalho.....	147
Anexo 4 - Planta 1: Distribuição do sistema de iluminação e iluminâncias do estudo 1- "Torre Beta".....	159
Anexo 5 - Planta 2: Edifício da Regional de Distribuição de Rio Claro- estudo 2.....	160
Anexo 6 - Planta 3: Edifício - estudo 3.....	161
Anexo 7 - Análise de sensibilidade.....	162
Anexo 8 - Análise Econômica.....	174

APRESENTAÇÃO

O **primeiro capítulo** apresenta o perfil de consumo de eletricidade no Brasil e as previsões para o ano 2010. As dificuldades no atendimento da demanda prevista faz com que exista uma preocupação com a conservação de energia, que é exposta através dos programas existentes e metas propostas até o final do período. Ainda no primeiro capítulo é descrito o setor terciário, apresentando suas características energéticas, ramos de atividade, estrutura de consumo por uso final e as perspectivas de conservação de energia elétrica em sistemas de iluminação das edificações.

O **segundo capítulo** é destinado a sistemas de iluminação, onde aborda terminologia utilizada, critérios de projeto, cálculos, normas vigentes e as tecnologias, desde a evolução histórica até as de maior eficiência disponíveis no mercado. Ainda neste capítulo é abordado o gerenciamento dos sistemas de iluminação, quanto a depreciação, manutenção, monitoramento e seu funcionamento no horário de pico do sistema elétrico.

No **terceiro capítulo** após uma revisão bibliográfica é apresentada a análise econômica utilizada neste trabalho, que é composta por três indicadores específicos, CCE, CEP e BAL; respectivamente, custo da energia conservada, custo da capacidade evitada em horário de pico e benefício anual líquido. Os indicadores CCE e CEP possibilitam uma análise independente dos valores tarifários vigentes, e complementando a análise, o indicador BAL, reúne todos os lucros e perdas anuais com as substituições por equipamentos de maior eficiência. A análise é realizada nas perspectivas do consumidor e do setor elétrico, onde simula-se possíveis incentivos recebidos pelo consumidor e oferecidos pelo setor elétrico.

O **quarto capítulo** apresenta três estudos práticos de conservação de energia elétrica em edificações. No primeiro estudo, as substituições de lâmpadas fluorescentes de 40W por fluorescentes de 32W e lâmpadas incandescentes por compactas fluorescentes, possibilitam a redução de consumo de 112.320 kWh/ano, além de evitar no horário de pico do sistema 42,6 kW. No segundo estudo, o dimensionamento correto da instalação associado a utilização de equipamentos de maior eficiência, possibilita a substituição de luminárias para cinco lâmpadas por luminárias reflexivas para duas lâmpadas, que associadas a utilização de reator eletrônico, reduz 47,3 KW de potência e 96.276 kWh/ano no consumo de energia elétrica. O terceiro estudo simula o gerenciamento do sistema de iluminação, para uma edificação

de escritórios que já utiliza equipamentos de boa eficiência, onde a utilização de sensor de presença em ambiente de pouco uso e a troca programada de lâmpadas, possibilita a economia de 34.062 kWh no edifício em estudo.

O quinto capítulo apresenta os custos individuais das principais alternativas de conservação de energia elétrica, a saber: substituições de lâmpada incandescente por fluorescente compacta, lâmpada fluorescente de 40W por 32W, reator eletromagnético por reator eletrônico, luminária convencional por luminária reflexiva e conjunto convencional por conjunto eficiente. A análise econômica indentifica as alternativas de maior atratividade para as perspectivas estudadas, além de estabelecer limites de possíveis incentivos na aquisição dos equipamentos. Ainda no quinto capítulo é realizada uma análise de sensibilidade, com o objetivo de se verificar o grau de influência de algumas variáveis nos resultados obtidos, tais como; preço, vida e utilização dos equipamentos, taxas de desconto adotadas para o consumidor e setor elétrico e a tarifa de energia elétrica. Após a análise de sensibilidade e com o objetivo de se estimar o potencial de conservação de energia elétrica e a potência evitada no ano 2010, é realizada uma previsão de mercado dos equipamentos mais eficientes. Essa previsão, que encerra este capítulo, é realizada de acordo com um cenário de crescimento do setor e penetração dos equipamentos mais eficientes, tendo como resultado a economia de 6,8 TWh no ano 2010.

O sexto capítulo apresenta as conclusões e recomendações elaboradas à partir dos resultados obtidos neste trabalho, visando incentivar o uso racional de energia elétrica, que conforme demonstrado nesta tese, é uma daquelas oportunidades raras de bom negócio, aquela onde todos os parceiros ganham e quem perde é o desperdício, que hoje existe.

CAPÍTULO 1 INTRODUÇÃO

A energia elétrica é hoje responsável por uma variedade de serviços e produtos indispensáveis ao país, como iluminação, refrigeração, condicionamento de ar, funcionamento de motores e máquinas operatrizes, viabilizando, assim, a produção de excedentes para exportação. Porém a demanda de energia elétrica prevista, até o ano 2010, requer investimentos elevados para o seu atendimento, conforme projeção realizada pela Eletrobrás (1987), decorrência principal do esgotamento dos recursos hídricos disponíveis a custos menores.

Uma vez que o Brasil não dispõe de uma poupança interna que permita o custeio destes empreendimentos, serão necessários empréstimos internacionais, que hoje estão vinculados à questões como meio ambiente e eficiência, conforme já apresentado por Jannuzzi (1990). A preservação do meio ambiente envolve a impossibilidade de inundar grandes áreas, e conseqüentemente a construção de grandes usinas hidroelétricas¹. Enquanto que a busca da eficiência implica na utilização de equipamentos que consumam uma menor quantidade de energia.

Do exposto conclui-se que, a busca das soluções adequadas passa pelo exame de alternativas que contribuem para garantir o atendimento da demanda de energia, conforme sugere Goldemberg e outros (1989). A conservação desta representa um alternativa viável, na medida em que os custos marginais de geração superem os custos de conservação, conforme verificado por Gadgil e Jannuzzi (1989), onde demonstrou-se a viabilidade econômica da substituição de lâmpadas incandescentes por lâmpadas fluorescentes compactas no setor residencial; da mesma

¹ Nem sempre uma grande usina requer um grande lago; tudo é uma questão de vazão, queda e topografia local, o que ocorre hoje é que os eixos mais favoráveis nos grandes rios já foram aproveitados por serem mais baratos, restando os aproveitamentos mais caros, que o são ou por uma pequena vazão do rio que gera necessidade de se armazenar um grande volume de água para gerar só no horário de pico do sistema, ou pela baixa queda que requer uma grande área inundada.

forma, a Eletrobrás (1989), levantou os custos de alternativas de conservação de energia em diversos setores de consumo; sendo demonstrado nessa tese a atratividade das alternativas de conservação de energia em sistemas de iluminação. A principal vantagem da conservação de energia é o fato de propiciar o mesmo produto ou serviço, com qualidade igual ou superior, eliminando os desperdícios e conseqüentemente reduzindo o consumo.

A iluminação se insere neste contexto na medida em que é um dos principais usos finais da eletricidade do setor terciário, onde ocorrem grandes desperdícios passíveis de redução ou eliminação a custos reduzidos, inferiores ao marginal de geração, conforme aqui demonstrado.

Para a identificação das principais alternativas de conservação, são analisados sistemas de iluminação utilizados em edificações do setor terciário. A análise de viabilidade econômica segue metodologia utilizada em trabalhos como o de Gadgil e Jannuzzi (1989), onde utiliza-se o Custo da Energia Conservada (CCE), o Custo da Capacidade Evitada no Horário de Pico (CEP), e o Benefício Anual Líquido (BAL), sendo neste trabalho estendida a análise para as perspectivas do consumidor e do setor elétrico, no caso dos indicadores CCE e BAL. Essa metodologia será utilizada nos estudos práticos de diferentes edificações e em estudos unitários, visando nestes a generalização das principais conclusões sobre as possibilidades de substituição de equipamentos em sistemas de iluminação.

A seguir, através de um cenário que adota parâmetros de crescimento e penetração de equipamentos eficientes, projeta-se a economia de energia passível de ser alcançada no ano de 2010, com as substituições propostas. Com isso pretende-se demonstrar que a conservação de energia é uma oportunidade de negócio, onde todos os participantes ganham, e que, a sua realização contribui para minimizar os riscos do não atendimento da demanda.

Para tanto, neste primeiro capítulo são apresentados dados que justificam a escolha deste tema, tais como, a demanda de energia prevista para o ano 2010 e as dificuldades em seu atendimento, a conservação de energia como solução alternativa e as metas previstas pela Eletrobrás. São também apresentadas as características do setor terciário, base do estudo, e dos sistemas de iluminação que são um dos principais usos finais da eletricidade deste setor, bem como as possibilidades de ações de conservação.

Energia Elétrica e seu Potencial de Conservação

Nesta seção está apresentado o crescimento histórico do consumo da eletricidade e as projeções contidas no Plano 2010 da Eletrobrás, para o ano em referência. Justificando ainda, através dos elevados investimentos requeridos, a necessidade também de soluções alternativas, como a conservação de energia elétrica, para o atendimento da demanda futura da mesma.

Análise do Plano 2010 da Eletrobrás

O comportamento do mercado de energia no período 1970 a 1987 apresenta uma enorme expansão do consumo de eletricidade, tendo os seus índices de crescimento anual superados os índices de crescimento anual do Produto Interno Bruto (PIB) e do consumo total de energia.

Estes estão apresentados graficamente na Fig. 1, onde os índices relativos de consumo, em 1987, foram 503, 238 e 278, respectivamente para a eletricidade, energia e PIB, refletindo o aumento da participação da eletricidade, de 16% em 1970, para 33,8 % no consumo total de energia em 1987 (MME, 1988).

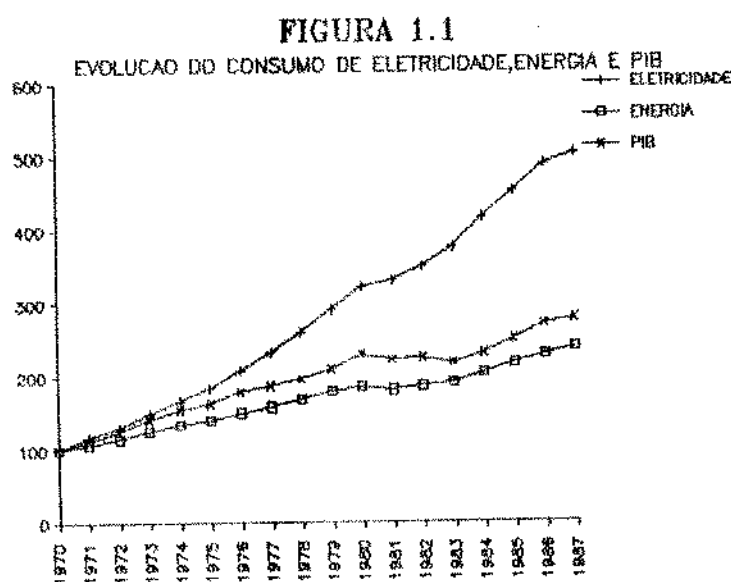


Fig. 1.1. Evolução do consumo de eletricidade, energia e PIB.

O aumento do consumo de eletricidade pode ser explicado pelos fatores apresentados no próprio Plano 2010, da ELETROBRÁS (1987), a seguir.

"Intensificação geral do uso da eletricidade, quer na indústria através de crescente sofisticação industrial, ou no setor residencial devido a forte difusão dos eletrodomésticos."

"Aumento dos preços dos derivados de petróleo e um decréscimo nos preços da eletricidade."

"Aparecimento de tarifas especiais com valores até cinco vezes menores que os níveis tarifários normais."

"Maturação de grandes projetos de produção de insumos básicos intensivos em energia elétrica, como alumínio e aço."

"Intensificação dos bens exportados, que em 1975 eram necessários 675 kWh para 1000 dolares exportados, enquanto em 1984 este número passou para 896 kWh."

As previsões de mercado de energia elétrica para o período de 1986 até 2010, segundo cenários de crescimento econômico e populacional empregados no Plano da Eletrobrás, estão apresentadas por classe de consumo na Tabela 1. Onde a demanda de energia prevista é de 668,8 TWh, sendo 57,5% para o setor industrial, 19,4% para o setor residencial e 23,1% para os demais setores.

TABELA 1 Previsão de Consumo Total de Energia Elétrica por Classes de Consumo 1986 (TWh)

Classe de Consumo	1986	1990	1995	2000	2005	2010
Industrial	98,4	131,1	181,7	238,9	308,3	384,5
Residencial	35,1	45,6	62,7	82,3	105,1	129,9
Outros	42,2	57,2	76,6	99,5	125,7	154,4
Total	175,7	233,9	321,0	420,7	539,1	668,8

Fonte: ELETROBRÁS (1987).

O investimento médio anual necessário ao atendimento dessa demanda, através da construção de novas usinas, incluindo Itaipu e utilizando dolares de 1986, é US\$ 6,4 bilhões/ano no período 1987/1991 e de US\$ 7,5 bilhões/ano 1992/1996 (ELETROBRÁS, 1987 - Relatório Executivo - pg. 58). Porém, a escassez de recursos, associada aos consequentes impactos ambientais de novos aproveitamentos ou empreendimentos certamente dificultarão o cumprimento destas metas, e, conseqüentemente o atendimento da demanda. Isso faz com que intensifique-se a necessidade da conservação de energia, que pode ser comparada a uma usina (ou geração) virtual, favorecendo assim a criação de programas e metas de conservação.

Os Programas de Conservação de Energia Elétrica e o Potencial de Conservação por Setores

O Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica PROCEL, foi criado em 30 de dezembro de 1985, com o objetivo de "racionalizar o uso de energia elétrica e, como decorrência da maior eficiência, propiciar o mesmo produto ou serviço com menor consumo, eliminando desperdícios em novas instalações no sistema elétrico."

O plano original de metas de conservação de energia elétrica previa que, em 2010, 13% da demanda não deveria ser atendida com investimentos em novas instalações do sistema elétrico, e sim com a energia conservada que estaria disponível para o atendimento desta. As metas foram revistas em dois diferentes cenários; o cenário 1 corresponde à implementação lenta de projetos do PROCEL, enquanto que o cenário 2 prevê uma alocação mais intensa de recursos e medidas, seus resultados estão apresentados nas Tabelas 2 e 3 (ELETROBRÁS, 1989).

TABELA 2 - Metas Globais de Conservação de Energia Elétrica Cenário 1 (GWh)

ANO	INDUSTRIAL	RESIDENCIAL	SERVIÇOS ²	IL.PÚBLICA	TOTAL
	180,6	359,0	343,1	104,9	987,6
1990	356,5	592,2	647,4	136,7	1732,8
	545,0	859,9	760,1	174,8	2339,8
	835,8	1166,6	892,8	232,1	3127,3
	1288,8	1517,2	1025,3	281,2	4112,4
	1984,1	1917,1	1170,8	330,3	5402,3
1995	3021,3	2352,5	1342,7	331,3	7047,8
	4517,2	2846,1	1544,4	332,2	9240,0
	6563,2	3404,1	1779,2	333,3	12079,8
	9121,4	4031,3	2049,6	334,3	15536,7
	11983,7	4734,5	2372,0	335,5	19425,6
2000	14796,2	5529,9	2746,1	336,6	23408,9
	17552,1	6443,7	3177,3	337,8	27511,0
	20065,3	7466,3	3671,4	339,1	31542,1
	22303,7	8604,0	4234,5	340,3	35482,5
	24475,5	9865,3	4858,6	341,6	39541,0
2005	26464,5	11257,5	5552,2	343,0	43617,3
	28182,0	12789,2	6317,9	344,8	47633,9
	29903,2	14445,1	7157,9	346,3	51852,6
	31528,6	16247,9	8073,9	347,9	56198,3
	33103,6	18207,0	9081,7	349,5	60741,8
2010	34692,8	20328,2	10181,2	351,2	65553,4

Fonte: ELETROBRÁS (1989).

² é o nome utilizado pela Eletrobrás para o setor terciário.

TABELA 3 - Metas Globais de Conservação de Energia Elétrica Cenário 2 (GWh)

ANO	INDUSTRIAL	RESIDENCIAL	SERVIÇOS	IL.PÚBLICA	TOTAL
	190,7	385,3	405,1	104,9	1086,0
1990	449,8	658,6	719,7	136,7	1964,8
	715,9	983,3	895,3	175,3	2769,8
	1137,6	1366,4	1109,2	235,6	3848,8
	1804,7	1815,6	1345,6	285,7	5251,7
	2830,6	2338,7	1621,6	336,0	7126,8
1995	4335,7	2924,0	1955,7	337,1	9552,5
	6428,5	3595,2	2357,0	338,3	12719,0
	9146,6	4359,4	2833,6	339,5	16679,0
	12360,3	5221,5	3391,3	340,7	21313,8
	15788,8	6187,1	4048,0	342,0	26366,0
2000	19033,2	7276,2	4804,9	343,4	31457,7
	22175,7	8511,2	5664,5	344,8	36696,2
	24994,9	9880,3	6627,3	346,2	41848,7
	27460,5	11386,4	7692,8	347,7	46887,3
	29829,9	13035,3	8845,6	349,2	52060,1
2005	31964,7	14831,5	10085,2	350,7	57232,2
	33769,4	16780,6	11407,9	352,3	62310,2
	35586,3	18864,1	12811,2	345,5	67616,0
	37304,6	21099,1	14294,0	356,3	73054,1
	38987,5	23495,4	15871,2	358,2	78712,4
2010	40731,7	26056,6	17544,6	360,1	84693,1

Fonte: ELETROBRÁS (1989).

Para o ano 2010, o cenário 1 apresenta como meta de conservação 65.553 GWh, aumentando no cenário 2 para 84.693 GWh. Nos dois cenários construídos o setor industrial apresenta-se como o de maior potencial de conservação, seguido pelos setores residencial e terciário. O setor terciário, objeto desse estudo, é responsável por 15,5% das metas de conservação no cenário 1, aumentando esta participação para 20,7% no cenário 2.

As medidas de substituições de equipamentos adotadas neste setor, para iluminação, foram: lâmpada incandescente por incandescente tipo econômica, incandescente por fluorescente de nova geração e incandescente por fluorescente compacta. Todas as substituições realizadas nos quatro segmentos de consumo estão apresentadas na Fig. 2. O PROCEL analisa a viabilidade destas alternativas através do cálculo da relação entre o custo marginal de geração e o custo marginal de conservação, na ótica do setor elétrico.

Este trabalho apresentará no capítulo 5 outras alternativas de conservação de energia elétrica em iluminação, para o setor terciário, ampliando a análise de viabilidade econômica para o ponto de vista também do consumidor, levantando ainda o custo da capacidade evitada no horário de pico, e os benefícios econômicos tanto para o consumidor como para o setor elétrico das alternativas, variando-se em toda a análise o percentual de incentivos que por ventura sejam recebidos pelo consumidor, visando o barateamento dos equipamentos mais eficientes, podendo estes serem oferecidos pelo setor elétrico (concessionárias), cuja a viabilidade econômica também é verificada.

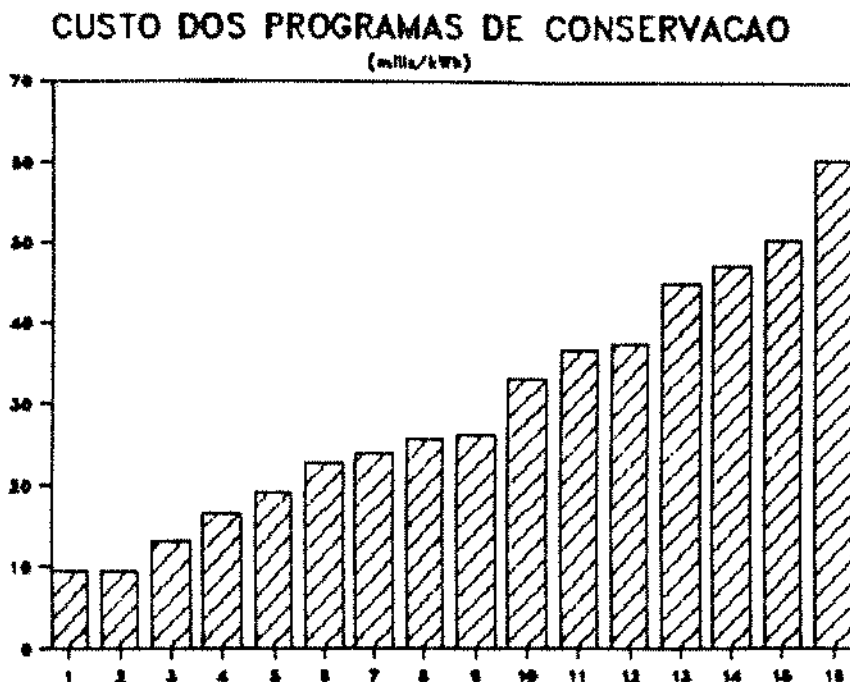


Fig. 1.2. Custos dos programas de conservação.
Fonte: ELETROBRÁS (1989).

Legenda:

1. Substituição de incandescente por incandescente tipo econômica no setor serviços (9,6 mills/kWh)
2. Melhor utilização e adequação de motores e fornos (9,7 mills/kWh)
3. Melhoria de eficiência de motores (13,0 mills/kWh)
4. Substituição de incandescente por vapor de mercúrio na iluminação pública (16,4 mills/kWh)
5. Condicionamento ambiental no setor de serviços (19,1 mills/kWh)
6. Substituição de incandescente por incandescente tipo econômica no setor residencial (22,7 mills/kWh)
7. Substituição de incandescente por fluorescente comum no setor serviços (23,9 mills/kWh)
8. Substituição de incandescente por fluorescente nova geração no setor serviços (25,6 mills/kWh)
9. Substituição de incandescente por fluorescente comum no setor residencial (26,2 mills/kWh)
10. Substituição de incandescente por vapor de sódio de alta pressão na iluminação pública (33,3 mills/kWh)
11. Melhoria de eficiência de refrigeradores (36,8 mills/kWh)
12. Condicionamento ambiental no setor residencial (37,6 mills/kWh)
13. Substituição de vapor de mercúrio por vapor de sódio de alta pressão na iluminação pública (45,0 mills/kWh)
14. Substituição de incandescente por fluorescente compacta no setor serviços (47,4 mills/kWh)
15. Substituição de incandescente por fluorescente compacta no setor residencial (50,5 mills/kWh)
16. Utilização de controladores de velocidade variável³ (60,6 mills/kWh)

³ ou inversores, aplica-se somente a motores de torque variável. O potencial de aplicação dos inversores se restringe a 7,7% do consumo industrial, a economia de energia obtida com o uso de inversores varia de 20% a 40% .

SETOR TERCIÁRIO

Esta seção apresenta as características do setor em epígrafe, quanto aos seus ramos de atividades, fontes de energia utilizadas, principais usos finais desta e mais especificamente o perfil de consumo das edificações, o que permite identificar as opções para ações de conservação.

Características Energéticas e Ramos de Atividades

O setor terciário, constituído pelo comércio e serviços públicos, foi responsável por 6,9% do consumo total de energia no país, em 1987 (MME, 1988). Esta proporção aumenta quando verifica-se apenas a participação no consumo de eletricidade onde temos 10,7% para o setor comercial e 8,1% para o setor público sendo superados apenas pelos setores industrial (54,8%) e residencial (20%).

Os principais ramos de atividades que compõem o setor terciário são : lojas, escritórios, bancos, comércio e serviços de alimentos, postos, etc. Sendo o consumo de energia neste setor distribuído conforme Fig. 1.3. (J.W. Consultores Associados, 1988).

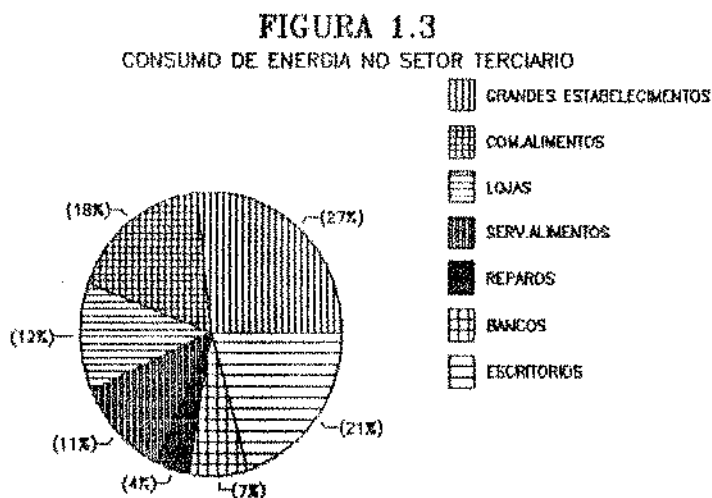


Fig. 1.3. Consumo de energia no setor terciário.
Fonte: Jorge Wilhelm Consultores Associados (1988).

O setor terciário é caracterizado pela alta participação da eletricidade como insumo energético, alcançando 90,8% para o comercial e 95% para serviços públicos (MME, 1988).

Da análise dos dados apresentados na Fig. 1.3. e, considerando a eletricidade como a fonte de energia principal do setor, é possível afirmar :

- o setor terciário possui um grande potencial de conservação de energia elétrica, visto que esta representa mais de 90% da energia utilizada por esse.

- os grandes estabelecimentos, onde o consumo individual é superior a 100.000 kWh/mês, e os escritórios, juntos, são responsáveis por 46,5% do consumo total de energia do setor terciário. O que justifica a escolha dos escritórios como perfil de edificação estudada nesse trabalho.

Estrutura de Consumo de Eletricidade por Usos Finais

O levantamento dos principais usos finais de eletricidade, por segmentos de consumo do setor terciário, evidencia os usos iluminação, condicionamento de ar, cocção elétrica e refrigeração comercial, cujas participações percentuais estão apresentadas na Tabela 4.

TABELA 4 Participação dos Usos Finais no Consumo de Eletricidade

	Iluminação	Condicionamento	Coação Elétrica	Refrig.(Com.)	Outros
Lojas	71,9 %	11,2 %	0	0	11 %
Com.Alimentos	25,3 %	1,8 %	13,5 %	56,6 %	3,8 %
Postos	31,1 %	0,3 %	0	5,4 %	35,7 %
Serviços Alim.	21 %	7,3 %	27,0 %	45,7 %	2,3 %
Reparos	44,1 %	3,5 %	0	0	30,7 %
Serv.Pessoais	9 %	3,0 %	0	0	88,8 %
Bancos	25,8 %	36,2 %	0,4 %	0,2 %	14,5 %
Escritórios	52,3 %	35,6 %	0	0	15,9 %
Grandes Estabelecimentos	49,5 %	33,6 %	6,1 %	6,1 %	4,6 %

Fonte : Jorge Wilhelm Consultores Associados (1988).

Sintetizando os dados acima, verifica-se que a iluminação, o condicionamento de ar e a refrigeração, são os três principais usos finais de eletricidade do setor terciário, conforme ilustrado na Fig. 1.4.

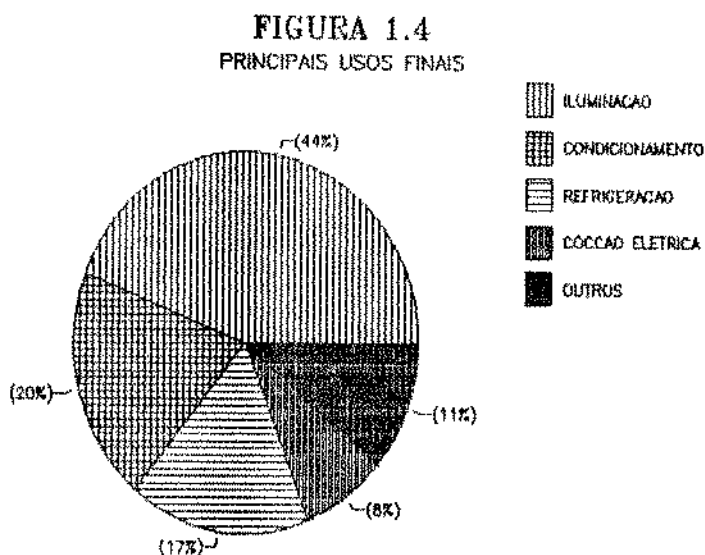


Fig. 1.4. Principais usos finais.
Fonte: J.W.Consultores Associados (1988).

Perfil do Consumo de Energia Elétrica em Edificações

Conforme o "Manual de conservação de energia elétrica em prédios comerciais e públicos" elaborado pelo PROCEL (1988), os equipamentos elétricos mais utilizados nesses edifícios são destinados ao condicionamento ambiental e iluminação, conforme Fig. 1.5 e Fig. 1.6:

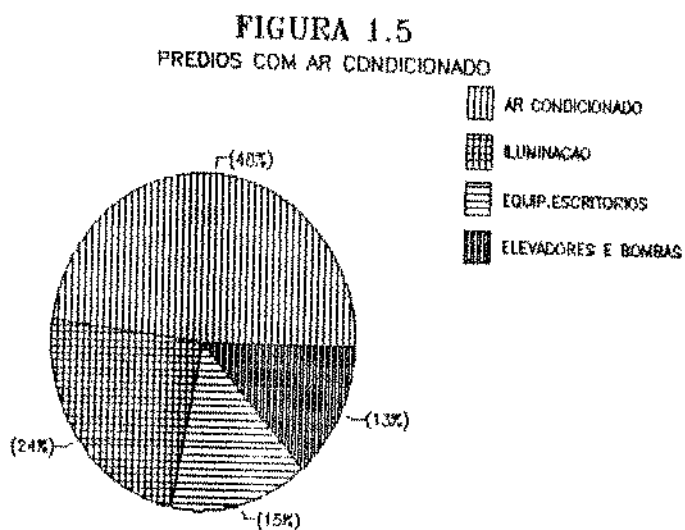


Fig. 1.5. Prédios com ar condicionado.
Fonte: PROCEL (1988).

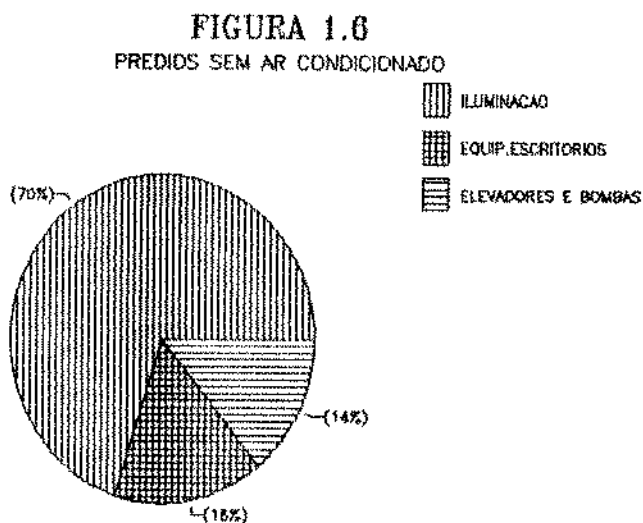


Fig. 1.6. Prédios sem ar condicionado.
Fonte: PROCEL (1988).

A iluminação é responsável por 24% do consumo de eletricidade de edificios com ar condicionado, aumentando esta participação para 70% no caso de edificios sem ar condicionado. Conclui-se que a iluminação representa um grande potencial de conservação de energia elétrica em edificios, visto sua intensa participação no consumo destes.

ILUMINAÇÃO

Considerando que a iluminação é um dos principais usos finais de eletricidade, são apresentadas nessa seção medidas para redução de consumo a curto, médio e longo prazo. Sendo, nos capítulos 4 e 5, analisadas a viabilidade econômica de implantação de algumas dessas medidas.

Participação da Iluminação no Consumo de Energia Elétrica em Prédios Comerciais e Públicos

A iluminação representa de 24% a 70% do consumo de energia elétrica de prédios comerciais e públicos. Podendo nestes encontrar o maior número de medidas para conservação de energia de fácil aplicação. Estas medidas podem ir desde a alteração de hábitos de utilização até a evolução das técnicas de projeto e instalação que são acompanhadas do surgimento de novos tipos de lâmpadas, reatores e luminárias.

Perspectivas de Conservação

O Manual de Conservação de Energia Elétrica em Prédios Comerciais e Públicos (PROCEL, 1988), sugere como alternativas viáveis de conservação de energia em iluminação, as seguintes medidas :

medidas de curto prazo : - desligar luzes de dependências, quando não estiver em uso, tais como : salas de reunião, WC's, iluminação ornamental interna e externa, nas áreas durante o período de almoço, etc.;

- ligar sistema de iluminação somente onde não haja iluminação natural suficiente. O sistema de iluminação só deve ser ligado momentos antes do início do expediente;

- reduzir a carga de iluminação nas áreas de circulação, garagem, escritórios, etc., com as seguintes medidas : substituição de lâmpadas por outras mais eficientes, retirar lâmpadas e reatores das luminárias que se encontram sobre armários e similares, limpeza mensal das luminárias e lâmpadas. Paredes, pisos e tetos pintados com cores claras exigem menor nível de iluminação artificial. Notar que a redução de carga de iluminação também provoca a redução de carga térmica para o condicionamento de ar;

- na iluminação exterior: reduzir a iluminação sem prejuízo da segurança, principalmente em pátios de estacionamento e almoxarifados, sempre que possível controlar a iluminação exterior com células fotoelétricas;

- usar preferencialmente luminárias abertas, retirando o protetor de acrílico quando necessário, melhorando o nível de iluminamento, o que possibilita a redução de até 50% do número de lâmpadas.

medidas de médio prazo: - substituição das lâmpadas incandescentes por fluorescentes nos escritórios, garagens, almoxarifados, etc.;

- utilização de lâmpadas de vapor de sódio em locais que não requerem boa reprodução de cor;

- verificação da possibilidade de manter um nível de iluminação nas áreas de produção, utilizando lâmpadas de menor potência e aproximando as luminárias das superfícies de trabalho;

- instalação de interruptores objetivando facilitar as operações liga/desliga conforme a necessidade do local inclusive através da instalação de "timers";

- substituição de luminárias por outras que permitam maior aproveitamento do fluxo luminoso das lâmpadas;

- localização da iluminação sobre as superfícies de trabalho iluminando pranchetas, máquinas de escrever, mesas de reunião, etc.;

- utilização de telhas translúcidas para aproveitamento da iluminação natural.

medidas de longo prazo: - campanhas permanentes de conscientização dos usuários (no mínimo anualmente);

- projeto arquitetônico adequado ao tipo de utilização;

- projetos adequados de acordo com a área de utilização (lay-out) com nível de iluminação adequada ao trabalho solicitado;

- seleção adequada de lâmpadas e luminárias visando conforto visual bem como a mínima carga térmica ambiental;

- divisão de circuitos de iluminação de tal forma a utiliza-los parcialmente sem prejudicar o conforto;

- previsão de sistemas que permitam, transferir o calor gerado pelos reatores da iluminação para fora do ambiente utilizado, visando reduzir a carga térmica do ar condicionado."

Neste capítulo inicial caracterizou-se os usuários do setor terciário, apresentando a importância da iluminação no consumo destes e o seu potencial de conservação. O próximo capítulo será destinado a esse uso final, apresentando conceitos, cálculos e equipamentos, que são utilizados na busca de alternativas viáveis para a redução do consumo de eletricidade nos sistemas de iluminação.

CAPÍTULO 2 - SISTEMAS DE ILUMINAÇÃO

Este capítulo objetiva apresentar os sistemas de iluminação (equipamentos e tecnologias) que serão utilizados no decorrer do trabalho, com os conceitos, roteiro para cálculos de projetos, normas, além das possibilidades de gerenciamento deste.

PROJETO DE SISTEMAS DE ILUMINAÇÃO DE INTERIORES

Esta seção apresenta a terminologia específica de iluminação que será empregada, os requisitos de qualidade que serão considerados nos projetos, o roteiro de cálculo utilizado no dimensionamento do número de lâmpadas a serem instaladas, as opções de distribuição e controles da instalação.

Terminologia Especial

Os principais termos técnicos referentes a sistemas de iluminação, estão a seguir descritos:

- fluxo luminoso: é a somatória de todas as "partículas luminosas" emitidas por uma fonte de luz dentro de um ângulo sólido (lumens).
- iluminância: é o fluxo luminoso por área (lumens/m^2).
- intensidade luminosa: é a quantidade de "partículas luminosas" que saem de uma fonte de luz, em uma determinada direção, em forma de onda (candela).
- luminância: é o resultado de iluminação percebido pelo observador, depende das reflexões sofridas e da luz direta da fonte (candela/m^2).
- fator de utilização da luminária: é a razão entre o fluxo luminoso utilizado e o fluxo luminoso emitido pelas lâmpadas.
- fator de depreciação do sistema: é a razão entre a iluminância média da instalação e iluminância média da instalação nova, após um período especificado de uso.

- eficiência da lâmpada: é a razão entre o fluxo luminoso emitido e a potência consumida (lumens/Watt).
- iluminância geral: iluminância projetada sem previsão para requisitos individuais.
- iluminação localizada: iluminância projetada para aumentar a iluminância em certas posições específicas.
- ofuscamento: condição de visão onde existe desconforto visual ou redução na capacidade de ver objetos em seus detalhes (acuidade visual).
- fator "K" do ambiente: é a relação entre as dimensões do mesmo, influenciando a eficiência do sistema. É dado pela fórmula:

$$K = \frac{\text{comprimento} \times \text{largura}}{\text{alt.útil} \times (\text{comp.} + \text{larg})} \quad (1)$$

- altura útil: distância entre o plano de trabalho e a fonte, que geralmente é a luminária.
- iluminância em serviço: é o valor médio da iluminância média inicial e iluminância média no fim do ciclo de manutenção.

Considerações Especiais

Antigamente um projeto era avaliado somente pela quantidade de luz fornecida, independentemente da qualidade desta. Hoje, a qualidade e quantidade, igualmente importantes, são baseadas em requisitos de desempenho, conforto visual e economia.

O desempenho visual determina a velocidade em que os olhos funcionam e a precisão com que se executa uma determinada tarefa.

O conforto visual e a agradabilidade são fatores complementares que devem ser considerados em todos os ambientes para obter a satisfação visual.

Todos esses critérios devem ser atendidos com um consumo mínimo de energia elétrica, decorrente da necessidade de diminuição de custos operacionais da instalação sem que se diminuam padrões de qualidade e quantidade de luz da mesma. Para isso é necessário avaliar os equipamentos, a técnica e serviços disponíveis, tanto para as instalações existentes, como para as instalações projetadas.

A economia de energia, em sistemas de iluminação, associada a preocupação com o desempenho visual, conforto e agradabilidade serão analisados no capítulo 4.

Roteiro de Projeto para Sistemas de Iluminação

Esse roteiro de cálculo será utilizado em todos os estudos práticos apresentados no capítulo 4, seja para uma nova instalação ou para avaliar um sistema já instalado, quanto ao dimensionamento e iluminância média. Para se calcular o fluxo luminoso e conseqüentemente o número de lâmpadas necessárias em um sistema de iluminação de interiores, são necessários os seguintes dados:

- Iluminância recomendada para o local: depende da tarefa a ser desenvolvida, os valores recomendados seguem a norma brasileira NBR 5413 (anexo 1).
- Dimensões físicas do local: comprimento, largura, altura, e altura útil.
- Características técnicas dos equipamentos a serem utilizados: fluxo luminoso da lâmpada, curva de distribuição da luminária, rendimento da mesma.
- Fator de depreciação ou manutenção da instalação: depende da limpeza do ambiente e da tarefa desenvolvida.
- características do local: lay-out e cor de paredes, teto e piso, além dos fatores de reflexão.
- fator de utilização do sistema: depende da luminária a ser utilizada e das características e dimensões do ambiente.

Com estes dados é possível se calcular o fluxo luminoso necessário para obter a iluminância requerida para a tarefa desenvolvida.

O fluxo luminoso total necessário em um determinado ambiente é obtido através da seguinte relação:

$$\Phi = \frac{E \times S}{\eta \times d} \quad (2)$$

Sendo:

- Φ = fluxo luminoso total necessário, lumens
- E = iluminância necessária, lux
- S = área do ambiente, metro quadrado
- η = fator de utilização do sistema
- d = fator de depreciação (1 - depreciação/ 100)

O número de lâmpadas, e conseqüente número de luminárias e reatores, a serem utilizados são:

$$\text{num. de lâmpadas} = \frac{\text{Fluxo total}}{\text{Fluxo da lâmpada}} \quad (3)$$

Alternativas de Distribuição Espacial e Controles Necessários

A distribuição do fluxo luminoso calculado para um determinado ambiente pode ser feita de três maneiras: somente iluminação geral, iluminação localizada e iluminação local mais iluminação geral.

A iluminação geral é obtida com uma distribuição regular de luminárias pela área do teto, procurando-se deter um certo grau de uniformidade, não havendo previsão para requisitos especiais ou individuais de iluminação.

A iluminação localizada concentra luminárias em determinada área do teto, visando atender necessidades específicas de iluminação daquela.

A iluminação local associada a iluminação geral é obtida colocando-se lâmpadas perto da tarefa visual que requer uma iluminação específica, sendo esta complementada por um sistema de iluminação geral. É recomendado que a iluminância geral seja no mínimo 30% da iluminação total e de preferência 50% (International Commission on Illumination, 1986).

É necessário que se faça o controle da uniformidade e ofuscamento de um projeto de iluminação para se garantir a qualidade deste. A uniformidade evita que ocorram grandes diferenças entre as iluminâncias mínima e máxima em relação à iluminância média, evitando-se assim pontos claros e escuros no ambiente. O ofuscamento é sentido quando lâmpadas, luminárias, janelas ou outras áreas são "claras" demais comparadas com a luminosidade geral do interior.

Estes critérios são os utilizados para avaliar os sistemas de iluminação projetados ou analisados neste trabalho, isto ocorre devido a necessidade de obter redução de consumo de energia elétrica sem preterir a qualidade da iluminação fornecida, apesar dos cálculos de uniformidade e ofuscamento não estarem apresentados no trabalho, estes foram considerados.

NORMAS DE RECOMENDAÇÃO DE NÍVEIS DE ILUMINAÇÃO

As recomendações de iluminância requerida para um determinado ambiente seguiram, durante anos, o indicador " W/m^2 ". Este critério está hoje invalidado, devido à grande diversidade de lâmpadas disponíveis, com eficiências diferentes, sendo que os valores de iluminação adequados constam de normas específicas, que estão apresentadas nesta seção.

Normas Vigentes

O nível de iluminação necessário varia de acordo com a tarefa desenvolvida no ambiente, a necessidade de precisão da mesma e a idade dos ocupantes. Os valores são determinados pela NBR 5413 - Iluminância de Interiores (anexo 1), onde os valores recomendados para a iluminância em serviço variam de 20 lux à 20.000 lux.

Além da norma NBR 5413, existem normas internacionais (CIE- Comissão Internacional de Iluminação, americana, européia, outras) além de portaria do Ministério do Trabalho, que especificam os níveis adequados de iluminação para as tarefas desenvolvidas.

Conceito W/m^2

Antigamente, o índice W/m^2 era empregado para projetar e analisar sistemas de iluminação. Isto foi possível face à existência apenas de lâmpadas incandescentes para a iluminação de interiores.

A Tabela 5 ilustra alguns parâmetros de " W/m^2 " para a iluminação de ambientes.

Tabela 5 Recomendação de " W/m^2 " para Iluminação

Local	W/m^2
Dormitórios	10
Salas residenciais	20
Salões de hotel	30
Escritórios	40
Bancos	40
Lojas	60
Salas de desenho	60
Restaurantes	20
Boates	10
Auditórios conferências	20
Teatros, cinemas	10

fonte: Costa (1974).

Porém, este critério não considera as dimensões do ambiente (fator K), o que, com frequência, influencia inversamente a potência a ser instalada. Além disso, hoje, a diversidade de lâmpadas com diferentes eficiências, lumens/Watt, impossibilitam projetar e analisar sistemas de iluminação somente com base no critério " W/m^2 ".

Na Tabela 6, é possível verificar a diferença de eficiência entre vários tipos de lâmpadas.

EQUIPAMENTOS UTILIZADOS EM SISTEMAS DE ILUMINAÇÃO

Esta seção apresenta os equipamentos utilizados em sistemas de iluminação, tais como: lâmpadas, luminárias e reatores, cuja apresentação é dividida entre um breve histórico da evolução destes, tecnologias atualmente empregadas, diferentes tipos e usos de equipamentos e finaliza mostrando os equipamentos de maior eficiência, sob o ponto de vista da conservação de energia elétrica, cuja utilização é estudada neste trabalho.

Evolução Histórica

O "invento" da lâmpada elétrica, tanto a incandescente como os outros tipos, não é um fato isolado, que teria acontecido em 1881, mas sim o resultado de muitos anos de pesquisas de tecnologias e materiais efetuadas por grande número de pesquisadores.

A evolução histórica, vem desde 20.000 anos atrás (Philips, 1984), quando lamparinas à óleo eram usadas, passa por lampiões a gás, óleos vegetais e animais, pela lâmpada elétrica de Thomas Edison, e assim sucessivamente, até os equipamentos mais diversificados e eficientes, hoje disponíveis no mercado. Esta encontra-se listada em série cronológica de tempo, constante no anexo 2.

Tecnologias Existentes para Todos os Tipos de Iluminação

É disponível hoje uma grande variedade de equipamentos para iluminação de interiores e exteriores, que apresentam diferentes características (Philips, 1975), a saber :

Lâmpadas incandescentes. A lâmpada incandescente produz luz pelo aquecimento elétrico de um filamento a uma temperatura tão alta, que ocasiona a emissão de uma radiação na parte visível do espectro eletromagnético. Esta lâmpada é disponível em diferentes potências e fluxos luminosos, existindo ainda tipos especiais como lâmpadas refletoras (espelho sobre a parte da superfície interna do bulbo), lâmpadas para projetores (filamento compacto), lâmpadas para estúdios e teatros (filamento altamente concentrado), lâmpadas fotográficas, lâmpadas miniaturas, lâmpadas para telefonia, para automóvel e lâmpadas de halogênio.

A lâmpada halógena, como o próprio nome diz, contém halogênio (isto é, iodo, fluor, bromo), adicionado ao gás normal e funciona de acordo com o princípio de um ciclo de halogênio regenerativo. Este ciclo evita o escurecimento do bulbo, que ocorre na lâmpada incandescente normal, causado pela evaporação de partículas de tungstênio que se condensam na parede do bulbo, aderindo a este. Esta possibilita o uso de temperatura mais elevada no filamento, aumentando a eficiência e diminuindo os tamanhos das lâmpadas.

Lâmpadas de descarga. A luz de uma lâmpada de descarga não é, como no caso da lâmpada incandescente, produzida pelo aquecimento de um filamento, mas por uma descarga elétrica contínua em um gás ou vapor ionizado, as vezes em combinação com pós fluorescentes, que são depositados na superfície interna do bulbo e excitados pela radiação da descarga.

Equipamentos auxiliares, como reator e starter, são comumente utilizados com lâmpadas de descarga. Um reator é normalmente uma combinação de indutores e capacitores, que limitam a corrente na lâmpada. Todas as lâmpadas de descarga, com exceção da lâmpada de mercúrio de alta pressão, necessitam uma voltagem superior a da rede para iniciar a descarga. Estas lâmpadas, portanto, deverão ser operadas com um starter ou ignitor. Este poderá ser uma peça separada do equipamento de controle, poderá formar uma parte integrante do reator, ou poderá ser incorporado na própria lâmpada, o starter fornece pulsações de tensão, que ionizam o caminho da descarga e provocam a partida.

As lâmpadas de descarga podem utilizar baixa e alta pressão⁴, os tipos que utilizam baixa pressão são as lâmpadas fluorescentes tubulares e as lâmpadas de sódio de baixa pressão.

A lâmpada fluorescente tubular é uma lâmpada de descarga a baixa pressão, na qual a luz é predominantemente produzida por partículas (pós) fluorescentes ativados pela energia ultra violeta da descarga. A lâmpada, geralmente em forma de bulbo tubular longo, com um eletrodo em cada extremidade, contém vapor de mercúrio sob baixa pressão, com uma pequena quantidade de gás inerte para facilitar a partida. A superfície do bulbo é coberta com um pó fluorescente⁵, cuja composição determina a quantidade e cor da luz emitida. Estas lâmpadas são disponíveis com starter ou com partida rápida, sendo encontradas em potências à partir de 5 W e com fluxo luminoso de 250 lumens até 110 W com 8.300 lumens.

A lâmpada de sódio de baixa pressão é caracterizada por uma radiação quase monocromática, alta eficiência luminosa (que poderá ser 200 lm/W) e longa vida. Por esta razão, a lâmpada encontra aplicação onde a reprodução de cor é de menor importância mas, especialmente, reconhecimentos por contrastes são importantes (auto-estradas, portos, e pátios de manobra). A lâmpada de sódio à baixa pressão existe em potências de 18 à 180 Watts.

⁴ Lâmpadas a baixa pressão operam em torno de 0,7 Pa, enquanto que lâmpadas a alta pressão operam em torno de 10⁴ Pa.

⁵ existem uma variedade de pós fluorescentes, como silicato de zinco, halofosfato de cálcio, óxido de ítrio, aluminato de estrôncio, pentaluminato de lítio, dicilicato de bário, tetraborato de estrôncio, e outros.

As lâmpadas de descarga que utilizam alta pressão são: lâmpada de mercúrio de alta pressão, lâmpada de vapor metálico, lâmpada de luz mista e lâmpada de sódio de alta pressão.

A lâmpada de mercúrio de alta pressão é disponível na faixa de potência de 50 até 2000 Watts. Além de um reator, não há necessidade de dispositivos de controle especiais. Esta tem a aparência branca-azulada, com emissão na região visível nos comprimentos de onda de amarelo, verde e azul. Usando-se uma camada de pó fluorescente na parede interna do bulbo, a energia ultravioleta produzida poderá introduzir um componente vermelho, melhorando a reprodução de cor. As lâmpadas de mercúrio de alta pressão são recomendadas para uso na iluminação de grandes áreas e fachadas, bem como iluminação pública e industrial.

A lâmpada de vapor metálico é muito similar, em construção, à lâmpada de mercúrio, contem aditivos de iodeto como: índio, tálio e sódio, para dar um melhoramento substancial na eficiência e reprodução de cor. A sua aplicação específica é na iluminação de esportes e outras áreas similares, tais como centros de cidades e estacionamento de automóveis. Na sua forma mais compacta, estas lâmpadas são usadas em grande número de aplicações. Sendo disponíveis na faixa de potência de 250 à 2000 W.

A lâmpada de luz mista consiste em um bulbo preenchido com gás, revestido na parede interna com fósforo, contendo um tubo de descarga ligado em série com um filamento de tungstênio. O filamento serve como reator. Não é necessário o uso de um reator, podendo a lâmpada ser ligada diretamente à rede. Isto viabiliza a modernização de instalações que usam lâmpadas incandescentes, através da simples substituição por lâmpadas de luz mista, que tem praticamente duas vezes a eficiência e quase seis vezes mais a vida daquelas, sem custo extra em termos de reatores, fiação ou luminárias.

A lâmpada de sódio de alta pressão irradia energia sobre uma grande parte do espectro visível. Em comparação, com a de sódio de baixa pressão, ela proporciona uma reprodução de cor razoavelmente boa. São disponíveis com eficiência de 130 lm/W, devido a esta elevada eficiência e propriedade de cor agradável, são aplicadas em escala sempre crescente para todos os tipos de iluminação externa e para iluminação industrial.

Luminárias. Os requisitos básicos de uma luminária são:

- proporcionar suporte e conexão elétrica a lâmpada ou lâmpadas,
- controlar e distribuir a luz da lâmpada,
- manter a temperatura de operação da lâmpada dentro dos limites estabelecidos,
- facilitar a instalação e a conservação,
- ter uma aparência agradável,
- ser economicamente viável,

Existem luminárias diferentes para os seguintes tipos de instalação: comercial, industrial, luminárias para iluminação pública e projetores, luminárias para iluminação de emergência, spots, luminárias pequenas tipo refletor, luminárias com proteção especial contra penetração de objetos sólidos e água, além de luminárias a prova de explosão.

Para instalações de iluminação de edificações, os equipamentos mais utilizados são as lâmpadas fluorescentes de 20, 40 e 110 W, além das lâmpadas incandescentes de diferentes potências. As demais lâmpadas, quando utilizadas, são em número pequeno de instalações. Esse trabalho se restringe portanto, ao estudo de alternativas de melhor utilização de lâmpadas incandescentes, fluorescentes, além de luminárias e reatores para as lâmpadas fluorescentes, visando desta forma compreender a maioria dos casos de iluminação de edificações. Para isso serão vistos, a seguir, os principais equipamentos disponíveis, que apresentam grande eficiência na qualidade e quantidade de iluminação fornecida com redução do consumo de energia elétrica.

Equipamentos mais Eficientes para Iluminação de Edificações

Para sistemas de iluminação de edifícios, os principais equipamentos de grande eficiência, que estão em fase final de desenvolvimento ou disponíveis no mercado são:

Lâmpadas incandescentes econômicas, tipo "Poupluz". São lâmpadas incandescentes 10% mais econômicas no consumo de energia. O resultado é obtido devido à otimização de eficiência através de novo projeto que envolve filamento e pressão interna, mantendo-se parâmetros mínimos de vida e fluxo luminoso (Roizenblatt, 1990). Estas podem substituir perfeitamente as incandescentes normais, porém não apresentam grande atratividade no ponto de vista da conservação de energia, principalmente quando comparadas as fluorescentes compactas.

Lâmpadas fluorescentes compactas, tipo "PL". A lâmpada compacta fluorescente é uma lâmpada de descarga de gás de mercúrio a baixa pressão, com base provida de starter e capacitor à qual estão conectados os dois tubos de descarga interligados. O capacitor tem o objetivo de evitar o efeito de rádio-interferência. Para o perfeito desempenho destas lâmpadas em corrente alternada é necessário ligá-las a reatores que proporcionem condições de partida, limitem a corrente e ainda forneçam potência total às lâmpadas.

Essas lâmpadas podem substituir lâmpadas incandescentes normais em qualquer aplicação, devido à posição universal de funcionamento e à utilização de partículas (pós) que proporcionam uma boa reprodução de cor. A lâmpada compacta fluorescente é disponível em potências de 5, 7, 9, 11 e 13 W com fluxos luminosos 250, 400, 600, 900, 900 lumens, respectivamente.

O equipamento para produção desta lâmpada é importado e a nacionalização dos componentes e possível barateamento do produto serão decorrência da escala de produção. A redução no consumo de energia é da ordem de 80%, quando comparada à lâmpada incandescente, sendo sua vida cerca de 8 vezes maior (Roizenblatt, 1990).

Lâmpadas fluorescentes de nova geração, tipo "TLD". São lâmpadas 30% mais eficientes na relação lumens/Watt, quando comparadas às fluorescentes comuns, resultando em um consumo de energia 20% menor quando a substituição é a par. O diâmetro é 30% menor, tornando-a mais leve. Seu projeto viabiliza o funcionamento tanto com reatores eletromagnéticos ou eletrônicos.

Essa geração de lâmpadas tem maior eficiência em relação a geração anterior devido à vários fatores, onde destacam-se os pós empregados de maior eficiência e maior resistência a temperatura, além da alteração do diâmetro, do gás utilizado e do projeto do eletrodo e filamento. Os pós utilizados, que hoje são totalmente importados, utilizam o mesmo princípio da televisão a cores para formação da imagem de cor. Os pós antigos tinham o espectro contínuo com algumas linhas e os pós novos tem sua radiação em linhas expandidas concentradas em três faixas de comprimento de onda que somadas permitem uma boa reprodução de cores naturais e aumento da eficiência da lâmpada (Roizenblatt, 1990).

Essas lâmpadas são disponíveis nas potências de 16W com fluxos luminosos de 1.250 e 1.150 lumens e 32 W com fluxos luminosos de 2.900 e 2.750 lumens. A vida útil é semelhante a das fluorescentes comuns atualmente no mercado nacional.

Lâmpadas fluorescentes de 40 W, tipo "TLT". São lâmpadas, relativamente novas no mercado, até 20 % mais eficientes na relação lumens/Watt quando comparadas às fluorescentes comuns de 40 W (Philips, 1991). Possuem diâmetro de 33,5 mm proporcionando, quando associada à luminária, maior eficiência luminosa e, pelo fato de possuírem a mesma potência das fluorescentes comuns de 40W, permitem a utilização dos mesmos reatores. Esta lâmpada representa uma boa opção de substituição em instalações já existentes, que utilizam as lâmpadas tradicionais de 40W, melhorando o nível de iluminação devido ao fluxo luminoso de 3.200 lumens, na versão mais eficiente.

Esta lâmpada e a lâmpada de 32 W, quando utilizadas suas versões mais eficientes, além de melhoria no nível de iluminação proporcionam uma melhor reprodução das cores do ambiente.

Reatores eletrônicos para lâmpadas fluorescentes. Os reatores eletrônicos substituem diretamente os reatores eletromagnéticos, com maior eficiência do conjunto (relação lumens/Watt). Isto ocorre porque a alimentação das lâmpadas se faz em frequência elevada, 40 KHz, e associada à maior eficiência proporcionada pelo circuito eletrônico, permite um incremento na eficiência global da ordem de 30% (CESP, 1989a).

Estes reatores possibilitam também o controle do fluxo luminoso emitido pela lâmpada de descarga, através da variação da corrente e eventual diminuição da potência, além da diminuição das perdas causadas pelo próprio reator.

Os reatores eletrônicos, no Brasil, seguem projeto elaborado pela CESP e FDTE/USP, não estando ainda em produção de escala por motivos puramente comerciais, estando a tecnologia plenamente desenvolvida e testada.

Luminárias reflexivas para lâmpadas fluorescentes. São luminárias para lâmpadas fluorescentes que utilizam superfícies reflexivas, seu perfil caracteriza-se pelo direcionamento dos raios luminosos para o plano de trabalho. A superfície reflexiva pode ser constituída de espelhos de vidro de pequena espessura, fita de papel ou plástico com material reflexivo autocolante ou alumínio de excelente qualidade, que ainda não é disponível no país (CESP, 1989b).

O melhor aproveitamento do fluxo luminoso emitido pelas lâmpadas, quando utilizadas estas luminárias, é devido ao direcionamento do mesmo para o plano de trabalho, evitando-se as reflexões pelas paredes do ambiente, e o ofuscamento geralmente encontrado em ambientes maiores.

Estas luminárias estão bastante difundidas e utilizadas no exterior. No Brasil diferentes modelos estão sendo estudados, principalmente pela CESP e IEE/USP, onde os rendimentos variam de 70 a 80% conforme o perfil utilizado e a superfície reflexiva empregada, enquanto que o rendimento médio de uma luminária convencional é 60%.

Nas Tabelas 6,7 e 8 estão apresentados os dados comparativos referentes aos equipamentos descritos.

Tabela 6 Especificação Técnica de Lâmpadas

Tipo de lâmpada	Potência (W)	Fluxo luminoso (Lumens)	Tensão (V)	IRC	Temperatura de cor (K)	Eficiência	Vida Útil	Preço
Fluorescente tipo "TL"	40	2.700		70	5.000	67,5	8.000	2,66
Fluorescente tipo "TLD"	32	2.900		85	4.000	90,6	8.000	5,02
Fluorescente tipo "PL"	13	900	115/127	82	2.700	69,2	8.000	10,81
Fluorescente tipo "TLT"	40	3.200		85	4.000	80,0	8.000	*
Incandescente	75	1.015	115	100		13,5	1.000	0,50
	75	900	220	100	2.500 à	12,0	1.000	0,50
	100	1.400	115	100	2.700	14,0	1.000	0,50
	100	1.220	220	100		12,2	1.000	0,50
Incandescente tipo "Poupluz"	67	930	127	100	2.500 à	13,8	1.000	*
	90	1.290	127	100	2.700	14,3	1.000	*

* preços não utilizados neste trabalho e não disponíveis na época da consulta.

Fonte: Catálogos técnicos dos fabricantes.

Tabela 7 Especificação Técnica de Reatores

Tipo	Partida	Lâmpada(q x W) (V)	Tensão conjunto (V)	Potência do conjunto (W)	Preço
Marca "A"	rápida	1 x 40 W	118/127	57	*
			220	58	*
	rápida	2 x 40 W	118/127	102	12,05
			220	104	*
	rápida	1 x 32 W	118/127	45,5	*
			220	47	*
rápida	2 x 32 W	118/127	83,5	7,53	
		220	86	*	
convencional	1 x 13 W	118	17	7,03	
Marca "B"	rápida	1 x 40 W	118	53	*
			220	54	*
	rápida	2 x 40 W	118/220	95	*
			118/220	80	*
Marca "C" eletrônico	2 x 40 W	220	74	42,48	
		2 x 32 W	220	59,2	42,48

* preços não utilizados e não disponíveis na época da consulta.

Fonte: Catálogos técnicos dos fabricantes.

Tabela 8 Especificação de Luminárias

Tipo	Quantidade de lâmpadas	Rendimento	Preço
Porta lâmpada	5 x 40 W	80%	65
Luminária reflexiva	2 x 40 W	81%	90,4
Luminária reflexiva	1 x 40 W	81%	64,17
Luminária "Philips TCS 029"	2 x 32 W	62%	*
Luminária "Itaim 303"	3 x 40 W	68%	65

* preço não disponível

Fonte: Catálogos técnicos dos fabricantes.

A vida útil considerada para todos os reatores é de 20.000 horas, enquanto que para as luminárias convencionais estima-se 20 anos e 15 anos para as reflexivas. As informações complementares, referentes aos equipamentos utilizados neste trabalho, estão apresentadas no anexo 3.

GERENCIAMENTO DE SISTEMAS DE ILUMINAÇÃO

Nesta seção são abordadas diferentes formas de utilização dos sistemas de iluminação, quanto à sua depreciação, manutenção, monitoramento e utilização em horário de ponta do sistema elétrico. Demonstra-se assim a existência de possibilidades de conservação de energia nessas fases, onde algumas alternativas serão quantificadas no terceiro estudo do capítulo quatro, que independem da troca de equipamentos mas sim da mudança de hábitos de uso e manutenção.

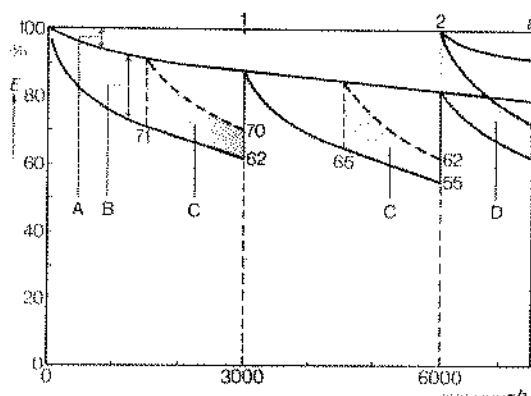
Depreciação do Sistema

A iluminância obtida em um sistema de iluminação decresce com o tempo, fato que resulta de diferentes fatores:

- o fluxo luminoso emitido pelas lâmpadas decresce durante a vida útil, variando conforme o tipo de lâmpada e condições de utilização da mesma.

- as luminárias também acumulam sujeiras que comprometem gradativamente o resultado da instalação. A isto somam-se o próprio desgaste da pintura e acúmulo de sujeira nas paredes e teto.

O nível de iluminação inicial de uma instalação pode ser praticamente restabelecido através da limpeza das luminárias e substituição regular das lâmpadas, conforme observado na Fig.2.1.



Efeito da depreciação, limpeza e reposição de lâmpadas no Iluminamento E , de uma instalação de lâmpadas fluorescentes:

a = anos, com um suposto uso de 3.000 horas por ano
 h = horas de uso
 A = perda devido à depreciação da lâmpada
 B = perda devido à sujeira da luminária
 C = benefício com uma limpeza semestral
 D = benefício com reposição semestral.

Fig. 2.1. Efeito da depreciação, limpeza e reposição das lâmpadas na iluminância E .
 fonte: Philips (1975).

Manutenção do Sistema

A manutenção do sistema, que compreende troca de lâmpadas, reatores e limpeza das luminárias, pode ser realizada de maneira sincronizada ou não.

Os reatores possuem uma vida mais longa que as lâmpadas e não apresentam depreciação gradativa, assim, não é interessante a substituição antes do término da vida efetiva. No caso das lâmpadas há uma depreciação gradativa do fluxo luminoso emitido pela mesma durante a vida útil. Estas perdas podem provocar uma redução de até 30% do fluxo inicial (Philips, 1987). A substituição programada de lâmpadas possibilita manter o nível de iluminação em valores pré determinados, e evita um super dimensionamento da instalação inicial, que usualmente visa atender iluminâncias após o período de depreciação.

A substituição das lâmpadas ainda em funcionamento, através da reposição em grupo, permite uma manutenção mais eficaz e barata e com bons resultados no nível de iluminação, principalmente quando associada a limpeza das luminárias, conforme é quantificado no terceiro estudo do capítulo quatro.

Monitoramento do Sistema de Iluminação

Existem disponíveis no mercado, diferentes equipamentos de controles de iluminação, que controlam e otimizam a utilização do sistema (Holms, 1980), podendo ser:

Controles de liga e desliga. Os principais controles existentes para ligar e desligar as lâmpadas são:

- interruptor de chave: liga e desliga a instalação geral
- interruptor de partida: é do tipo mais comum, podendo ser usado individualmente ou setorialmente.
- interruptor de tempo: o usuário tem controle somente para ligar, o desligamento é automático.
- relógio de tempo: possui horários pré determinados para ligar e desligar. Não necessitando do usuário como nos casos anteriores, é programável.
- fotocélulas e detectores ultrassônicos: as fotocélulas atuam pela ausência de luz natural onde são acionadas a iluminação artificial, enquanto que os detectores ultrassônicos detectam automaticamente o movimento humano pela transmissão de ondas ultrassônicas ou radiação infravermelha fornecida pelas pessoas.

Controles de nível. Estes controles, além de ligarem e desligarem, podem controlar o nível de iluminação da instalação. Os controles existentes são:

- dimmers: provido de sensores com fotocélulas, a iluminação local é medida e comparada com o nível de referência, adequando-se então o nível.
- reatores com diferentes enrolamentos: geralmente possuem dois ou três enrolamentos alternativos que possibilitam trabalhar com potências diferenciadas, que podem reduzir o nível de iluminação e o consumo de energia.

Todos esses diferentes tipos de controles levam à utilização mais eficaz do sistema, onde em situações já utilizadas, conseguiram-se bons resultados. No Brasil, estes controles foram introduzidos em 1983, utilizando um microcomputador simples para ligar e desligar a luz em horários pré-programados, podendo ser manual ou automático. Porém, a diversificação dos controles disponíveis no país é pequena, sendo neste trabalho estudado a utilização de sensor de presença com infravermelho em uma sala de reunião, os resultados estão apresentados no terceiro estudo do capítulo 4.

Utilização do Sistema de Iluminação em Horário de Ponta do Sistema Elétrico

O horário de ponta do sistema corresponde a um intervalo de três horas consecutivas, definido pela concessionária, compreendido entre 17 e 22 horas, de segunda à sexta-feira. Neste período a tarifa de energia elétrica é pelo menos 45% mais cara, o que justifica ao usuário, principalmente do sistema de tarifa diferenciada, uma alteração no perfil de utilização. Enquanto que para o setor elétrico a economia de energia neste período é altamente desejável.

Em edifícios de escritórios, principal objeto deste estudo, durante a maior parte do horário de ponta o sistema de iluminação está sendo utilizado para permitir que a limpeza do edifício seja efetuada. Isto acarreta a utilização de um kWh demasiadamente caro para efetuar um serviço cujo valor dos honorários envolvidos é reduzido. Este assunto está abordado com maior detalhe no terceiro estudo do capítulo 4.

CAPÍTULO 3

METODOLOGIA PARA ANÁLISE DE VIABILIDADE ECONÔMICA DE SISTEMAS DE ILUMINAÇÃO EFICIENTES

Este capítulo apresenta estudos que analisam alternativas de conservação de energia, destacando os métodos mais utilizados para análise econômica destas. Descreve ainda o método escolhido para o trabalho e os dados utilizados nas análises realizadas.

REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Esta seção apresenta os estudos que foram realizados nos últimos anos, onde quantificaram-se custos e benefícios de medidas de conservação de energia, destacando-se:

O critério W/m^2 e kWh/m^2 foi utilizado em trabalhos como de Weinberg e de Marques. A integração do projeto de iluminação com os demais sistemas energéticos, como condicionamento de ar, elevadores, bombas e outros, foi avaliada por Weinberg (1984), onde comparou-se três edifícios no Rio de Janeiro. A comparação utilizou o critério W/m^2 e obteve variações de 40 até 8, sendo o último, resultado da utilização de equipamentos mais eficientes de iluminação. Critério semelhante de avaliação foi utilizado para apresentar resultados práticos alcançados pela IBM, onde Marques (1984) obteve variações de 200 até 350 kWh/m^2 por ano.

A comparação através dos custos de implantação, operação e manutenção de alternativas é utilizada em diferentes trabalhos, como os realizados pelos autores Moreira, Fonte, Ferreira, Hekli, Kröner, Monteiro e outros, Pereira e a COELBA. A escolha da melhor luminária para a iluminação de um galpão industrial e um caso de iluminação pública foi avaliada por Moreira (1984), que comparou a potência instalada, vida útil e quantidade necessária de equipamentos, iluminância obtida, número de trocas anuais e consumo anual de energia elétrica das alternativas.

A comparação de alternativas através do levantamento dos custos de implantação e operação da instalação também foi utilizado por **Fonte** (1988a, 1988b), como resultado escolheu a lâmpada de sódio de alta pressão para iluminação industrial e opta por várias diretrizes de conservação em escritórios. A mesma metodologia de comparação dos custos de implantação e operação entre alternativas é recomendada por **Ferreira** (1989), onde este apresenta as possibilidades de se conservar energia elétrica com iluminação comercial, e por **Hekli** (1989) na comparação entre mercúrio e sódio de alta pressão para a iluminação da Avenida Presidente Wilson em Santos. **Krôner** (1989) através da mesma análise apresentou a política de conservação adotada pela Mercedes-Benz. Outro trabalho sobre iluminação pública de **Monteiro e outros** (1980) compara 5 alternativas de equipamentos quanto a seus custos de implantação, redução da demanda e do consumo anual de eletricidade, obtendo a lâmpada de sódio de alta pressão os melhores valores de economia. A **Coelba - Cia de Eletricidade do Estado da Bahia** (1985) em estudo de alternativas de iluminação pública também comparou os custos de instalação, consumo de energia e manutenção. Utilizando também análise semelhante, **Pereira** (1986) estudou a aplicação das lâmpadas compactas fluorescentes.

O tempo de retorno de capital (payback time) é utilizado em diversos trabalhos, destacando-se os trabalhos de **Roizenblatt, Torres, Starosta, Moreira e Santos**. **Roizenblatt** (1988) analisou através do período de retorno de capital, a substituição de lâmpadas incandescentes por fluorescentes compactas, verificando que, quando utilizadas 24 horas por dia, possibilita um retorno de investimento em cerca de oito meses. Segundo **Torres** (1989), ao utilizar a mesma análise (payback) para o comutador fotoeletrônico, no comando da iluminação pública, identificou uma economia anual de 250 GWh e, seu acréscimo de custo, quando comparado ao tradicional, é amortizado em 2,9 anos de uso. Ainda utilizando o conceito de payback, para análise de substituições, **Starosta** (1989a, 1989b) apresentou o programa de conservação do Banco Itaú, onde a implantação do controle de energia obteve payback médio de 2,6 meses. Ainda com a mesma metodologia, **Moreira** (1989b) apresentou as vantagens das luminárias reflexivas adquiridas pela USP, mostrando sua atratividade com períodos reduzidos de payback, normalmente 12 meses, e, no caso específico da USP, superior a 4 anos, devido a classe tarifária na qual se enquadra. Para avaliar a melhoria na utilização de energia na Jordânia, que reduziu a taxa de consumo de 1,4 para 1, após início de medidas de eficiência energética (1985-1988), **Aburas** (1989) também quantificou os investimentos requeridos, a economia anual e o tempo de retorno do investimento. **Sawyer** (1985) apresentou os programas federais de conservação de energia nos estados americanos, verificando a energia conservada por dólar investido e também o período de payback dos investimentos. Diferentes

usos finais foram comparados e, as economias possíveis foram quantificadas, de forma cumulativa para o ano de 2005; por **Rollin e Beyea** (1985), que utilizaram o tempo de retorno do capital para avaliar os investimentos em melhorias de eficiências propostas. Um estudo de projeto de iluminação eficiente foi realizado na Pohlig-Heckel do Brasil, e a análise econômica utilizada, segundo **Santos** (1989), foi o levantamento do custo da energia conservada (consumo reduzido x tarifa) e o tempo de retorno de capital (payback), que neste caso foi inferior a 2 anos.

A taxa interna de retorno é um indicador comumente utilizado para a escolha entre alternativas, sendo utilizado sozinho ou associado a outro indicador econômico, como nos trabalhos de **Silva e Davis**, **Bird**, **Montamen e MaGee**. A iluminação de almoxarifados estudada por **Silva e Davis** (1986), teve diferentes lâmpadas economicamente comparadas através do método da taxa interna de retorno que, no caso foi de 132% e 64% (lâmpada "susap"⁶ no setor comercial e público respectivamente), enquanto que as oportunidades de investimentos no mercado financeiro eram no máximo 25%. Afim de verificar a economia com a conservação de energia obtida com sistemas de isolamento residencial, **Bird** (1985) utilizou como indicador a taxa interna de retorno, o tempo de retorno do investimento e a percentagem deste no primeiro ano. O tempo de retorno do investimento e a taxa interna de retorno foram utilizados também nos trabalhos de **Motamen e MacGee** (1986), onde são estudadas alternativas de conservação de energia em empresas do Reino Unido.

O Custo da Energia Conservada (CCE) é um indicador específico para analisar alternativas de conservação de energia, sendo utilizado nos trabalhos de **Meier** e outros, **Geller**, **Andrade** e outros e também em trabalhos realizados pela Eletrobrás. Esta metodologia foi utilizada por **Meier e outros** (1983) para o levantamento do potencial de conservação no setor residencial do estado da Califórnia. O custo da energia conservada (CCE) foi utilizado por **Geller** (1990) para análise de viabilidade de alternativas de conservação de energia elétrica, nos principais usos finais de diferentes setores do Brasil. A **Eletrobrás** (1989), também utiliza o CCE para avaliação do programa nacional de conservação de energia elétrica, levantando as curvas de suprimento da energia conservada. A mesma linha de trabalho foi utilizada por **Andrade e outros** (1989), ordenando as metas de conservação de energia elétrica em ordem crescente de custos, o que viabiliza as escolhas parciais e gradativas das alternativas para conservar eletricidade.

⁶ é o nome da lâmpada de 37 W de potência da marca Sylvania.

O Custo da Capacidade Evitada em Horário de Pico (CEP), indicador específico para o setor elétrico, foi utilizado complementando a análise realizada com o CCE em trabalhos de Gadgil e Jannuzzi, e Jannuzzi e a autora. **Gadgil e Jannuzzi (1989)** acrescentaram a análise do custo da capacidade evitada em horário de pico para o setor elétrico(CEP), enquanto que o CCE foi calculado nas perspectivas do consumidor, setor elétrico e país para a substituição de lâmpadas incandescentes de 75W por fluorescentes compactas de 13W no setor residencial. **Jannuzzi e a autora (1990)** utilizaram a mesma metodologia, do CCE e do CEP, para levantar a curva de suprimento de energia conservada em sistemas de iluminação para o setor terciário. O CCE e o CEP também foi utilizado no trabalho de **Krause e outros (1988)**, onde foi analisada a demanda de eletricidade no setor residencial de Michigan. **Ford e outros (1987)** levantaram os custos de programas de conservação para aquecimento elétrico em residências, utilizando a curva de custo de eficiência, que compreende os KW economizados por residência, com a variação dos custos da energia economizada (US\$/kWh) e o custo de implantações de medidas de melhorias (US\$/kW).

A análise de atratividade pode ser realizada sob diferentes perspectivas, a exemplo dos trabalhos já percorridos e dos trabalhos de Moreira e outros e Wirtshafter. **Moreira e outros (1989a)** verificou a atratividade de redução de consumo de energia elétrica em iluminação pública, através da redução dos níveis de iluminação e tensões de alimentação do conjunto lâmpada e reator, a análise de viabilidade foi feita a nível de país (potência reduzida), concessionária (aumento da receita) e consumidor (prefeituras- faturamento não pago). **Wirtshafter (1985)** aborda os programas de conservação sob a perspectiva dos não participantes desses programas, avaliando os incentivos fornecidos, de maneira a não prejudicar os que não participam, e avaliando também as restrições para a participação. A análise econômica empregada foi o custo do kWh, utilizando dois cenários, o cenário de expansão convencional e o cenário de alternativas eficientes de energia. Ainda com análise sob diferentes perspectivas, **Valle (1989)** analisou a iluminação rumo a conservação de energia elétrica levantando as vantagens para o país, através do custo evitado com a potência economizada, e para o consumidor, através da redução dos gastos dispendidos com a conta de energia elétrica.

O indicador Valor Presente Líquido (VPL) é comumente utilizado em análise para escolha entre alternativas, a exemplo dos trabalhos de Barnett, Chesshire, Anandalingam, Reiderer e outros. **Barnett** (1986) realizou uma avaliação econômica de medidas para conservação de energia em residências de baixa renda, caracterizadas por altas despesas com energéticos e baixa eficiência na utilização, neste caso foi utilizado como indicador econômico o valor presente líquido dos investimentos. **Anandalingam** (1985) analisou a conservação de energia industrial nos países em desenvolvimento, através de estudos práticos, sendo a análise de atratividade efetuada pelo valor presente líquido dos investimentos, tendo sido calculado também o custo econômico marginal em US\$/Kcal. O valor presente líquido e a taxa interna de retorno foram utilizados também por **Chesshire** (1986) na apresentação da estratégia do Reino Unido para futura eficiência de energia. **Kowalczyk** (1985) verificou as melhorias de eficiência de energia no setor comercial, utilizando o método valor presente líquido e análise de custo-benefício para quatro diferentes perspectivas: do participante, do não participante, social e de utilidade, o que proporcionou uma análise completa das alternativas estudadas. O valor presente e o período de payback foram utilizados por **Reiderer, Latronico e Baumann** (1989) para a adoção de medidas de conservação de energia em ferrovias.

Além dos métodos comumente utilizados, ocorrem trabalhos que utilizam indicadores de características específicas para a análise entre as alternativas. Entre os trabalhos revisados encontram-se o de **Fonte, Goldemberg, Kahn** e outros, **Corum e Dyke, Simpson e Walker, Warren, Ferreira e Moreira**. Para sistemas de iluminação, a atratividade econômica da substituição em grupo de lâmpadas foi identificada por **Fontes** (1988c) onde, em estudo de caso, reduziu-se cerca de 5% dos custos de manutenção comparando-se os custos de mão de obra e lâmpadas em trocas individualizadas. **Goldemberg** (1985) utilizou, em análise da estratégia energética da América Latina, o custo de 1 kW economizado com os usos finais, variando-se a taxa de juros.

Kahn e outros (1987) apresentaram uma metodologia para medir os impactos dos programas de conservação de energia elétrica na variação do lucro com a venda da mesma. A análise foi realizada sob a perspectiva do acionista da empresa de energia e os resultados examinados em dois diferentes estudos de caso. Os lucros são obtidos pela diferença entre custos fixos e custos marginais, e, os cálculos, envolvem variáveis como: investimentos, depreciação, custo fixo, custo marginal, etc. Usando um modelo avançado de engenharia econômica, **Corum e Dyke** (1983) examinaram três políticas de alternativas para estimular a conservação de energia no setor comercial americano, o modelo utilizado tem como variáveis: o uso final de energia, o tipo de combustível, a

taxa de utilização, o preço dos serviços provido pelo equipamento, o estoque de equipamentos, etc, e como resultado, apresentam o uso da energia versus o custo de capital. **Simpson e Walker** (1987) levantaram os problemas da simples análise de custo e benefício para investimentos na área energética, e segundo os autores, a análise deve incluir além do enfoque econômico, três outras análises, a ambiental, a técnica e a de risco. **Warren** (1987) relacionou a economia de energia em megawatts com a economia em dólar, ou seja, a conservação de energia como alternativa real de investimento. Na iluminação pública, uma comparação de diferentes alternativas foi realizado por **Ferreira** (1984), que levantou a potência economizada por poste por kilometro, alcançando valores de até 8.250 W economizados por Km. Outro método foi empregado por **Moreira** (1989c), quando comparou diferentes tipos de lâmpadas, utilizando como parâmetro o custo da luz oriundo de cada equipamento.

METODOLOGIAS ECONÔMICAS MAIS UTILIZADAS

A partir da revisão apresentada na seção anterior é possível agrupar os principais indicadores de viabilidade econômica comumente utilizados para a escolha entre alternativas.

A análise econômica de um projeto isolado ou comparado a outros projetos exige o emprego de critérios e regras para que seja viável uma comparação para aceitação ou classificação dos mesmos, onde na revisão bibliográfica realizada verificou-se a utilização frequente dos seguintes indicadores:

Payback Time ou Tempo de Retorno

Mostra o número de períodos necessários para recuperar os recursos dispendidos na implantação de um projeto. A principal vantagem é sua simplicidade e cálculo imediato, fornecendo um idéia de liquidez e segurança, pois quanto menor o Payback melhor, segundo este critério. Apesar dessas vantagens este método é bastante incompleto visto que, não considera os valores ou custos de recursos no tempo, ignorando também os fluxos após o período de Payback. A deficiência desse indicador é devido também ao fato de não estabelecer o valor mínimo de tempo de retorno do investimento, ignorando os problemas de valores de escala dos mesmos. Sua utilização não é possível quando ocorre mudança de sinal do fluxo de caixa, ou se os benefícios antecipam os investimentos. Exemplificando a utilização deste método temos os trabalhos de Roizenblatt (1988), Torres (1989) e Starosta (1989a, 1989b).

Valor Presente Líquido (VPL)

É a soma algébrica dos valores do fluxo de caixa de um projeto, equalizados a uma determinada taxa de desconto. O projeto será viável se o valor presente líquido for igual ou superior a zero, e quanto maior o valor, melhor a atratividade. Este método satisfaz o requisito básico, segundo o qual as alternativas devam ser comparadas somente se as consequências monetárias forem medidas em um ponto comum no tempo, a "data presente", que é arbitrariamente selecionada como o ponto de referência. A desvantagem desse indicador é o fato de não ter um valor mínimo para o VPL, e sim escolhe-se a alternativa de maior valor. Este indicador foi utilizado nos trabalhos de Barnett (1986), Anandalingan (1985), Chesshire (1986) e outros.

Taxa Interna de Retorno

É a taxa que iguala a zero o Valor Presente Líquido de um projeto, igualando portanto os custos e benefícios. O projeto em estudo será viável se a Taxa Interna de Retorno for maior ou igual ao custo de oportunidade dos recursos para implantação, sendo melhor a maior taxa. Este conceito não necessita de informações externas ao projeto sendo sua utilização recomendada nos seguintes casos: projetos com apenas dois períodos, e com os investimentos antecedendo os benefícios, ou para comparação de projetos independentes com a mesma escala, ou como critério para ordenar projetos mediante necessidade de racionamento de capital. A Taxa Interna de Retorno apresenta as seguintes desvantagens: pressupõe constantes a taxa de desconto ao longo do tempo, é possível haver raízes múltiplas na expressão, não pode ser usada para projetos não convencionais, não diferencia a escala de valores dos projetos, não podendo compará-los. A exemplo da utilização deste método temos os trabalhos de Silva e Davis (1986), Bird (1985), Motamen e MacGee (1986).

Benefício Anual Líquido ou Custo Anual

É o cálculo unitário da produção ou o custo anual de cada alternativa, prefere-se a alternativa que conduz ao menor custo. Neste caso todos os investimentos e receitas são anualizados, é um método que se mostra adequado ao exame de projetos e situações que tendem a se repetir no tempo, de certa forma perpetuando-se, como é o caso de um sistema de iluminação, enquanto existir o edifício a iluminação é utilizada, a exemplo do trabalho de Moreira (1984).

Além desses métodos, foi verificado a utilização de indicadores específicos para a análise de medidas de conservação de energia, o CCE e o CEP, que são utilizados também neste trabalho e estão descritos na seção seguinte.

METODOLOGIA ESCOLHIDA PARA ANÁLISE DE VIABILIDADE ECONÔMICA

São apresentados, nesta seção, os indicadores utilizados para a análise de viabilidade econômica das alternativas propostas neste trabalho, estando o roteiro de cálculo apresentado no anexo 8.

São utilizados, o Custo da Energia Conservada (CCE) para o consumidor e setor elétrico, o Custo da Capacidade Evitada em Horário de Pico (CEP) para o setor elétrico e complementando a análise, é também calculado o Benefício Anual Líquido (BAL) para o consumidor e setor elétrico. A metodologia se baseia em Gadgil e Jannuzzi (1989).

CCE: Custo da Energia Conservada

O custo da energia conservada é o custo anual de se implementar uma medida dividido pela quantia anual de energia (kWh) economizada, onde considera-se:

I= investimento inicial, US\$

r= taxa de recuperação de capital

Q= incremento de custos anuais de operação e manutenção, US\$

E= quantia anual de energia conservada, kWh

$$CCE = \frac{(I \times r) + Q}{E} \quad \text{US\$/kWh} \quad (4)$$

A taxa de recuperação de capital, "r", passa os investimentos para uma base anual utilizando uma determinada taxa de desconto, "d", e uma vida útil, "n", sendo dada pela expressão:

$$r = \frac{d}{(1 - (1+d)^{-n})} \quad (5)$$

O incremento de custos anuais de operação e manutenção podem ser os valores referentes a trocas evitadas de lâmpadas, diferenças de manutenção com o novo equipamento, etc, podendo existir somente na perspectiva do consumidor, ou na do setor elétrico, quando este investir também na manutenção e operação do novo equipamento.

O custo da energia conservada (CCE) obtido com a utilização dos equipamentos mais eficientes é comparado com o custo marginal do kWh, na perspectiva do setor elétrico, e com a

CEP: Custo da Capacidade Evitada em Horário de Pico

O custo da capacidade evitada em horário de pico (CEP) é o valor presente dos investimentos necessários durante todo o tempo de vida útil de uma usina hidroelétrica, possuindo a seguinte fórmula:

$$\text{CEP} = \frac{\text{VPL}(\text{invest.} + \text{variação do custo de operação e manut.})}{\text{Capacidade Instalada Poupada}} \text{ US\$/kW} \quad (6)$$

O CEP é calculado somente na perspectiva do setor elétrico, onde a variação dos investimentos para implantação, operação e manutenção das substituições foram descritos no CCE. 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 pelo setor elétrico para a utilização de equipamentos mais eficientes, que reduzam a potência instalada e o consumo de energia elétrica.

BAL: Benefício Anual Líquido

O Benefício Anual Líquido contabiliza todos os custos e benefícios decorrentes das substituições propostas, como a economia com a redução da conta de energia elétrica para o consumidor, a perda de receita sofrida pelo setor elétrico com a diminuição da venda, contabilizando ainda os investimentos com base anual requeridos e demais despesas com manutenção e operação do sistema.

O BAL é também calculado tanto sob o ponto de vista do consumidor como do setor elétrico, variando-se igualmente a percentagem de incentivos recebidos pelo consumidor e oferecidos pelo setor elétrico.

ANÁLISE E PRESUPOSTOS DA METODOLOGIA ESCOLHIDA

O CCE e o CEP são metodologias mais específicas para analisar a atratividade de investimentos em conservação de energia, sendo os seus valores comparados com dados específicos do setor elétrico, como tarifa de energia elétrica, custo marginal do kWh e custo de expansão de novos potenciais, possibilitando ainda a construção de curvas de suprimento da energia conservada.

Utilizando esta metodologia temos a possibilidade de análises independentes para o consumidor e para o setor elétrico, trabalhando separadamente com as respectivas variáveis. O CCE e o CEP são calculados para faixas de incentivos de 0 à 100%, podendo, assim, identificar o ponto de início de atratividade em cada uma das perspectivas.

Estes métodos utilizam apenas os dados referentes aos equipamentos empregados, não envolvendo em seus cálculos valores de tarifas e custos marginais de energia elétrica, o que torna os resultados válidos independentes de mudanças de preços e políticas tarifárias. Porém, isto impossibilita a contabilização dos ganhos ocorridos com a economia na conta de energia elétrica para o consumidor, e também não acrescenta custos referentes à perda de receita com a diminuição da venda de energia pela concessionária.

Face ao exposto, afim de complementar a análise realizada via CCE e CEP e de contabilizar todos os custos e lucros envolvidos nas substituições, é calculado o Benefício Anual Líquido (BAL), conforme citado anteriormente, para cada substituição, tanto sob a perspectiva do consumidor como a do setor elétrico, variando as faixas de incentivos de 0 à 100%.

Para as análises econômicas de atratividade adotaram-se como premissas:

- tipo de geração: hidroelétrica;
- vida útil da usina: 50 anos;
- tipo de consumidor: classe tarifária B3 (Demais classes-baixa tensão)
- taxa de desconto de 12% para o setor elétrico e de 35% para o consumidor;
- perdas na transmissão e distribuição iguais a 15% e fator de disponibilidade da usina igual a 90% (Gadgil e Jannuzzi, 1989);

- tarifa de 0,102 US\$/kWh e custo marginal de 0,115 US\$/kWh para o consumidor B3, convertidos no câmbio de 08.08.90 (Eletrobrás, 1990);
- o custo de expansão médio do sistema elétrico: 2500 US\$/kW (Gadgil e Jannuzzi, 1989);
- o setor elétrico não investirá recursos para manutenção e operação dos equipamentos substituídos.

CAPÍTULO 4 - ESTUDOS REALIZADOS

Este capítulo apresenta três estudos práticos realizados em sistemas de iluminação de escritórios, com o objetivo de analisar os resultados da adoção de medidas de conservação de energia elétrica. O primeiro estudo trata de um edifício de vários andares com sistema de iluminação padronizado por andar tipo, que utiliza lâmpadas fluorescentes de 40 W na área de ocupação e lâmpadas incandescentes nas áreas comuns. Foi estudada a viabilidade econômica da substituição das existentes por lâmpadas fluorescentes de 32 W e lâmpadas compactas fluorescentes.

O segundo estudo enfoca um edifício térreo, com ambientes fechados e necessidades diferenciadas de iluminação, onde foram substituídas as luminárias para cinco lâmpadas de 40 W por luminárias reflexivas de duas lâmpadas, e também os reatores eletromagnéticos por reatores eletrônicos. Este estudo difere do anterior pois substituí somente os equipamentos auxiliares, que associados à eliminação do superdimensionamento existente, tornaram possível uma considerável redução de consumo e da potência instalada.

O último estudo trata de um edifício de diversos andares que utiliza equipamentos eficientes e disponíveis no mercado em seu sistema de iluminação, diferentemente da situação encontrada nos estudos anteriores, associando-se a estes dispositivos para controle da iluminação em áreas de pouco uso, plano de troca programada de lâmpadas e a não utilização da iluminação no horário de ponta do sistema elétrico.

ESTUDO 1- SUBSTITUIÇÃO DE LÂMPADAS EM EDIFÍCIO DE DIVERSOS ANDARES.

Introdução

Este estudo analisa o atual sistema de iluminação do edifício "Torre Beta"⁷. Após medições do nível de iluminação artificial e natural, propõe alternativas técnicas visando a conservação de energia elétrica. O edifício possui 18 andares, 4 subsolos, andar intermediário e térreo. Sendo a taxa de ocupação por andar variável de 6 m²/pessoa até 35 m²/pessoa, sendo sua população constituída de 810 pessoas. O seu sistema de iluminação compreende lâmpadas fluorescentes e incandescentes. As lâmpadas fluorescentes são utilizadas na iluminação da área de ocupação, enquanto que as incandescentes são empregadas nas áreas comuns, como hall de entrada, banheiros e copa.

Distribuição do Sistema de Iluminação

O levantamento do número de lâmpadas existentes por andar, tipo e potência, está apresentado nas Tabelas 9 e 10 e, a distribuição das luminárias na área de ocupação consta na planta 1, anexo 4.

⁷ edifício da Companhia Energética de São Paulo (CESP), situado na cidade de São Paulo.

TABELA 9 Distribuição de Lâmpadas - "Torre Beta"

ANDAR	Lâmpada Incandescente			Lâmpada Fluorescente	
	40 W	60 W	100 W	20 W	40 W
terreo	-	-	24	-	16
1 ^o	-	-	-	-	-
2 ^o	-	-	-	-	-
3 ^o	-	-	-	-	-
4 ^o	-	-	-	-	-
5 ^o	14	11	-	26	159
6 ^o	-	-	-	-	-
7 ^o	-	-	-	-	-
8 ^o	41	01	-	20	101
9 ^o	-	-	-	-	-
10 ^o	-	-	-	-	-
11 ^o	-	-	-	-	-
12 ^o	-	-	-	-	-
13 ^o	-	-	-	-	-
14 ^o	1	-	37	18	157
15 ^o	-	-	-	-	-
16 ^o	09	07	04	14	72
17 ^o	-	-	20	16	110
18 ^o	05	49	18	06	-
Esplanada	06	16	-	12	222
1 ^o sub	01	06	-	08	168
2 ^o sub	-	-	-	10	60
3 ^o sub	-	-	-	-	51
4 ^o sub	-	-	-	-	64
TOTAL	245	222	103	442	3.088

Obs: os seguintes andares possuem sistema de iluminação igual ao 5^o andar (andar-tipo): 1^o, 2^o, 3^o, 4^o, 6^o, 7^o, 9^o, 10^o, 11^o, 12^o, 13^o e 15^o.

TABELA 10 Distribuição de Lâmpadas Auxiliares* - "Torre Beta"

ANDAR	Lâmpada Incandescente		Lâmpada Fluorescente	
	100 W	20 W	40 W	
terreo	31	-	-	
1 ^o	-	-	-	
2 ^o	-	-	-	
3 ^o	-	-	-	
4 ^o	-	06	-	
5 ^o	-	-	02	
6 ^o	-	08	06	
7 ^o	-	18	-	
8 ^o	-	20	-	
9 ^o	-	16	-	
10 ^o	-	16	-	
11 ^o	-	06	04	
12 ^o	-	14	02	
13 ^o	-	06	-	
14 ^o	-	02	-	
15 ^o	06	01	-	
16 ^o	05	02	-	
17 ^o	-	06	-	
18 ^o	11	-	-	
Esplanada	-	58	02	
1 ^o sub	-	-	-	
2 ^o sub	-	-	-	
3 ^o sub	-	-	-	
4 ^o sub	-	-	-	
TOTAL	53	179	16	

* São consideradas lâmpadas auxiliares as lâmpadas alocadas em casos particulares.

Em relação ao sistema de iluminação empregado, temos os seguintes andares padronizados: 1^o, 2^o, 3^o, 4^o, 5^o, 6^o, 7^o, 9^o, 10^o, 11^o, 12^o, 13^o e 15^o. Esses andares possuem 26 Lâmpadas fluorescentes de 20 W e 159 lâmpadas fluorescentes de 40 W na área de ocupação. Na área comum encontram-se instaladas 14 lâmpadas incandescentes de 40 W e 11 de 60 W.

Com iluminação diferenciada, em relação a quantidade, temos os seguintes andares : térreo, 8^o, 14^o, 16^o, 17^o, 18^o, Esplanada e os 4 sub-solos. O 8^o andar é o único que utiliza algum equipamento diferenciado, sendo luminárias reflexivas, com espelho de vidro.

Para o estudo geral do sistema de iluminação foram considerados apenas os treze andares padronizados, sendo escolhido aleatoriamente o 5^o andar como "andar-padrão". Os equipamentos utilizados são:

Lâmpadas. As lâmpadas existentes são:

- Lâmpada fluorescente de 20 W com fluxo luminoso de 1.060 lumens.
- Lâmpada fluorescente de 40 W com fluxo luminoso de 2.700 lumens.
- Lâmpadas incandescentes de 40W e 60W , com fluxos luminosos de 430 e 730 lumens respectivamente.

Luminárias. As luminárias para lâmpadas fluorescentes são abertas, sem aletas e embutidas. Sua distribuição é radial na área de ocupação, existindo luminárias para 1 lâmpada e 2 lâmpadas, estas localizadas na parte periférica do andar. As luminárias para lâmpadas incandescentes são embutidas no teto e tipo "arandelas".

Reatores. Os reatores para lâmpadas fluorescentes de 20 e 40 W apresentaram grande diversidade quanto à marca e modelo, sendo, em sua maioria das marcas Elfont e Keiko, tipo 1 x 40 W (220 V); 2 x 40 W (220 V) e 2 x 20 W (220 V).

O sistema de iluminação artificial opera no período entre 06:00 h e 21:00 h, quando são desenvolvidos trabalhos de escritório e a limpeza geral do edifício, após 18 horas.

A substituição de lâmpadas é realizada quando ocorre queima e existindo para isto vistoria diária nos andares. Trocando-se em média 100 lâmpadas/mês.

Diagnóstico da Iluminação Existente

O diagnóstico da iluminação do edifício iniciou-se com os cálculos teóricos do nível de iluminação existente produzido pelo sistema original e medições diurnas e noturnas em cinco andares.

Cálculo teórico da iluminância da área de ocupação do andar-padrão. A metodologia de cálculo segue o roteiro apresentado no capítulo 2.

- Fluxo Luminoso Existente

Estão instaladas 159 lâmpadas de 40 W de potência e 2700 lumens de fluxo e 26 lâmpadas de 20 W de potência e 1060 lumens de fluxo, totalizando 456.860 lumens por andar.

$$T = (159 \times 2700) + (26 \times 1060)$$

$$T = 456.860 \text{ lumens}$$

- Área de Ocupação : 430 m²

- Fator de Depreciação : 0,8 (20%)

- Fator de Utilização da Luminária : 0,4

- Iluminância

Utilizando a equação (2) e os dados acima, temos como resultado a iluminância média de 340 lux.

$$E = \frac{456.860 \times 0.4 \times 0.8}{430} = 340 \text{ lux}$$

$$E = 340 \text{ lux}$$

O cálculo teórico apresenta um valor médio de iluminância artificial de 340 lux. Valor que é inferior ao médio recomendado, 500 lux, para atividades em escritórios, porém, este pode ser alcançado com a participação da iluminação natural.

Medição do nível de iluminação. Foram realizadas medições diurnas e noturnas, do referido nível, nos andares: Intermediário, 4^o, 5^o, 8^o, e 17^o. O objetivo de medições diurnas e noturnas é determinar o nível de iluminância artificial e a contribuição que esta recebe da iluminação natural, ressaltando que o valor da iluminação natural refere-se apenas ao dia medido e não a média, o que exigiria sucessivas medições sob variadas condições meteorológicas.

O resultado da medição do quinto andar está apresentado também na planta 1, no anexo 4. Verifica-se que a iluminação artificial é deficiente na região periférica do andar (perto de janelas), isto decorre da distribuição espacial das luminárias. Porém esta deficiência é suprida satisfatoriamente pela iluminação natural, desde que aproveitada adequadamente, visto que a área é quase que totalmente circundada por vidros fumé. Os pontos particulares que apresentam deficiência de iluminação, devem ser analisados isoladamente, buscando soluções, que podem ser desde a colocação de lâmpadas complementares até mudanças de lay-out.

Potência Instalada e Consumo Mensal

A potência instalada total, considerando-se 20% de perdas médias⁸ com os reatores das lâmpadas fluorescentes é de 9.476 W por andar. O edifício constitui-se de treze andares com sistema de iluminação iguais ao andar analisado, totalizando 123.188 W de potência instalada com esse sistema.

A utilização do sistema de iluminação da área de ocupação (constituídos por lâmpadas fluorescentes), é de 15 horas por dia, enquanto que a iluminação da área comum (lâmpadas incandescentes) é utilizada, em média, 10 horas por dia. Para os treze andares temos com a situação existente, um consumo de 38.907 kWh/mês.

$$(15.860 \text{ W} \times 10 \text{ horas} \times 22 \text{ dias}) + (107.328 \times 15 \text{ horas} \times 22 \text{ dias}) = 38.907 \text{ kWh.}$$

Possibilidades de Conservação de Energia Elétrica

Como possibilidades de conservação de energia elétrica no sistema de iluminação instalado são analisadas separadamente duas alternativas:

Alternativa I - substituição das lâmpadas incandescentes por lâmpadas compactas fluorescentes, com fluxos luminosos equivalentes.

Alternativa II - substituição das lâmpadas fluorescentes de 40 W, por fluorescentes de 32 W, que possuem fluxo luminoso de 2.900 lumens, que além de propiciar a conservação de energia, aumenta a iluminância do ambiente.

Em ambos os casos as substituições serão consideradas o par, apresentando os seguintes resultados.

⁸ é considerado um valor médio devido a diversidade dos reatores utilizados.

Na alternativa I, a substituição de lâmpadas incandescentes por fluorescentes compactas possibilita uma redução de 80% na potência instalada, totalizando 12.786 W reduzidos para todos os treze andares.

Para cada andar-tipo, temos :

Incandescente	Sistema PL
14 x 40 W = 560 W	14 x 7 W = 98 W
11 x 60 W = 660 W	11 x 9 W = 99 W
-----	-----
1.220 W	197 x 1,2(perdas)= 236,4 W

Na alternativa II, a substituição de fluorescentes de 40 W por fluorescentes de 32 W, possibilita uma redução de 20% na potência instalada, totalizando 19.843 W reduzidos com a substituição também nos treze andares.

No andar-tipo temos :

159 x 40 W = 6.360 W x 1,2 (perdas) = 7.632 W por andar

159 x 32 W = 5.088 W x 1,2 (perdas) = 6.105 W por andar

Investimentos Necessários para Implantação das Alternativas Propostas

A Tabela 11 apresenta os investimentos necessários para implantação das alternativas propostas e a redução de potência instalada, sempre considerando-se os treze andares.

TABELA 11 Potência Reduzida e Investimentos Necessários

	Potência Reduzida (13 andares - W)	Investimento Necessário (US\$)
Alternativa I	12.786	5.798
Alternativa II	19.851	10.376

Para o cálculo dos investimentos necessários para a alternativa I foram consideradas as aquisições de lâmpadas e reatores, mantendo-se a luminária.

Na alternativa II só foi considerado a troca da lâmpada sem a troca do reator, isto é devido a grande oscilação entre os preços relativos de mercado dos reatores de 40 W e 32 W, que tendem a se igualarem. Como as duas lâmpadas requerem igualmente reator, e a análise é comparativa, assumiu-se que os investimentos se equivalem⁹.

Redução do Consumo Mensal de Energia

Na alternativa I, a substituição de lâmpadas incandescentes por fluorescentes compactas, reduz em 216 kWh/mês o consumo de energia elétrica, totalizando para os treze andares 2.808 kWh/mês.

Incandescente	Sistema PL
1.220 W x 10 horas x 22 dias 268,4 kWh/mês	236,4 x 10 horas x 22 dias 52 kWh/mês

Para o consumidor isso proporciona uma economia mensal de US\$ 286,40/mês, na despesa com energia elétrica, considerada a tarifa de 102 mills/kWh, grupo B3, vigente em 15/03/90.

Na alternativa II, a substituição de fluorescente de 40 W por lâmpadas de 32 W, apresenta uma economia de consumo por andar de 504 kWh/mês, totalizando para os 13 andares 6.552 kWh/mês. Com essa alternativa o consumidor reduz US\$ 668,30/ mês na despesa com energia elétrica, para a tarifa retro citada.

fluorescente de 40 W	fluorescente de 32 W
7.632 W x 15h x 22 dias = 2.519 kWh/mês	6.105 W x 15h x 22 dias = 2.015kWh/mês

A economia anual obtida com a redução de consumo das alternativas propostas está apresentada na Tabela 12.

⁹ O preço do reator duplo de 32 W, quando realizada a pesquisa, foi US\$ 7,53 enquanto que o do reator duplo de 40 W é US\$ 12,05. A análise econômica incluindo a aquisição dos reatores apresenta os seguintes resultados: CCE/cons. varia de 0,021 à -0,124 US\$/kWh; CCE/s.elet. varia de 0 à 0,104 US\$/kWh; CEP varia de 0 à 503,8 US\$/kW; BAL/cons. varia de US\$ 6355 à US\$ 17836 e o BAL/s.elet. varia de US\$ 1021 à -US\$ 7207, para incentivos de 0 à 100%. Apresentando viabilidade econômica nas perspectivas estudadas.

TABELA 12 Economia Anual Obtida com as Alternativas Propostas

EQUIPAMENTO	Redução de Consumo (kWh)	Economia na conta de eletricidade (US\$)
Alternativa I	33.696	3.437
Alternativa II	78.624	8.020

Para cálculo da redução dos gastos com energia elétrica foi utilizada a Portaria Interministerial nº 53 , de 15 de março de 1990, que regulamenta o valor da tarifa.

Análise Econômica

Neste estudo foram analisadas separadamente a alternativa I e a alternativa II , tendo sido cada alternativa avaliada através do CCE - Custo da energia conservada tanto para as perspectivas do consumidor como do setor elétrico; pelo CEP - Custo da capacidade evitada em horário de pico para o setor elétrico e complementada a análise pelo BAL-Benefício anual líquido para o consumidor e para o setor elétrico.

Foram considerados os seguintes dados:

- Energia total conservada: 33.696 kWh na alternativa I, e 78.624 kWh na alternativa II.
- Potência total evitada em horário de pico: 16,7 kW na alternativa I e 25,9 kW na alternativa II, adotando um fator de disponibilidade de 0,9 e perdas elétricas de 15%.
- Taxa de desconto de 12% para o setor elétrico e 35% para o consumidor.

Os resultados obtidos estão apresentados na Tabela 13.

Tabela 13 Análise Econômica - Estudo 1

	Subsídio	Alternativa I	Alternativa II
	0%	0,071	0,047
CCE(cons.)	50%	0,028	- 0,003
US\$/kWh	100%	- 0,015	- 0,053
	0%	0	0
CCE(s.elet)	50%	0,028	0,038
US\$/kWh	100%	0,057	0,077
	0%	0	0
CEP	50%	363,2	457,9
US\$/kW	100%	726,3	915,8
	0%	1.023	4.259
BAL(cons.)	50%	2.498	8.253
US\$	100%	3.973	12.248
	0%	439	1.021
BAL(s.elet)	50%	- 524	- 2.020
US\$	100%	-1.487	- 5.063

Alternativa I. A substituição de lâmpadas incandescentes por fluorescentes compactas na alternativa I apresenta custos bem inferiores à tarifa de energia elétrica, quando analisada sob a perspectiva do consumidor. É possível verificar, Fig. 4.1, que, a partir de incentivos de 85% o consumidor deixa de ter custos e passa a lucrar com a substituição, alcançando, para 100% de incentivos recebidos, lucros de US\$ 0,015 por kWh economizado. Sob a perspectiva do setor elétrico, analisando-se a Fig. 4.1, verifica-se que o custo da energia economizada atinge valores inferiores ao custo marginal do kWh, sendo igual a US\$ 0,057 por kWh economizado para incentivos oferecidos da ordem de 100%.

Em relação à capacidade evitada em horário de pico, considerando toda a carga em uso durante o período, os resultados também comprovam a atratividade desta alternativa, onde verificam-se custos máximos de 726,3 US\$/kW economizado, valor este inferior ao custo marginal de expansão (Fig. 4.2).

A substituição por equipamentos mais eficientes resulta em benefícios anuais líquidos que variam de US\$ 1.023 à US\$ 3.973, para o consumidor, dependendo do incentivo recebido, conforme a Fig. 4.3 mostra. Para o setor elétrico os benefícios ocorrem até o oferecimento de 20% de incentivo, passando a ter custos crescentes, de até US\$ 1.487, para 100% de incentivos dispendidos com esta substituição.

Alternativa II. Na alternativa II, a substituição das lâmpadas fluorescentes de 40W por fluorescentes de 32W, apresenta para o consumidor lucros crescentes à partir de 50% de incentivos recebidos, totalizando US\$ 0,053 para cada kWh economizado, quando este recebe 100% de incentivos. Para o setor elétrico a atratividade ocorre independente dos incentivos oferecidos. Quando o setor paga todos os investimentos, o CCE é 0,077 US\$/kWh, valor este inferior ao custo marginal, conforme Fig. 4.4.

Na Fig. 4.5, está representado o custo da capacidade evitada em horário de pico (CEP), considerando-se toda a potência em uso neste horário. Os custos levantados são inferiores ao custo marginal do kW, demonstrando a grande atratividade dessa substituição para o setor elétrico.

O benefício anual líquido da alternativa está apresentado na Fig. 4.6, e apresenta lucros significativos para o consumidor que, mesmo sendo responsável por 100% dos investimentos, obtém lucros anuais de US\$ 4.259; estes aumentam para US\$ 12.248, quando aquele recebe 100% de incentivo. Tal fato já não ocorre para o setor elétrico que obtém lucros somente até 15% de incentivo fornecido e, a partir dessa percentagem tem custos crescentes até US\$ 5.063.

Comentários

Este estudo demonstra a atratividade econômica das substituições de lâmpadas comumente utilizadas por mais eficientes, o que possibilita, neste caso, a economia de 112.320 kWh/ano. As substituições de equipamentos propostas são a par, possibilitando assim a alteração sem nenhuma mudança na distribuição espacial do projeto existente, o que viabiliza mais facilmente a modernização de sistemas de iluminação já instalados.

VARIACAO DO CCE PELA % DE INCENTIVO
 CONS:H=0,35 E S.ELETR=0,12

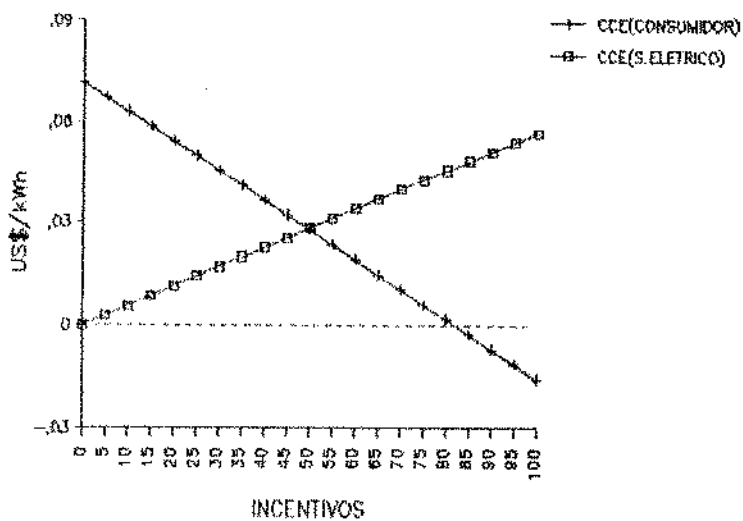


Fig. 4.1. CCE - Alternativa I.
 Estudo 1

VARIACAO DO CEP PELA % DE INCENTIVO

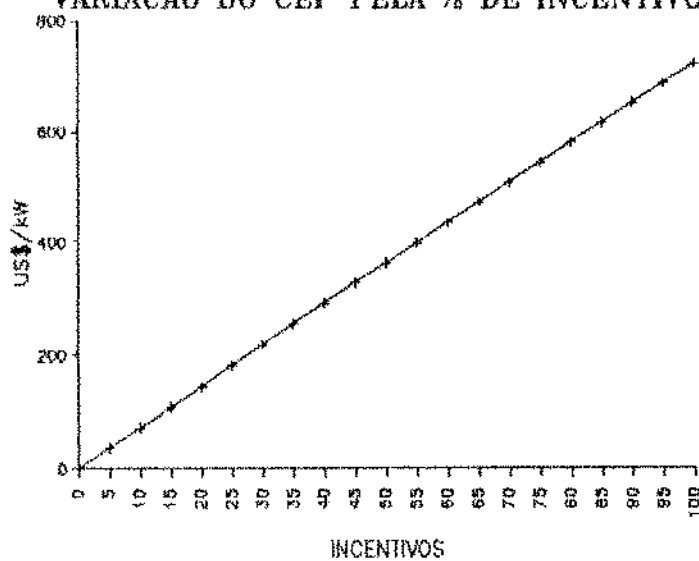


Fig. 4.2. CEP - Alternativa I.
 Estudo 1

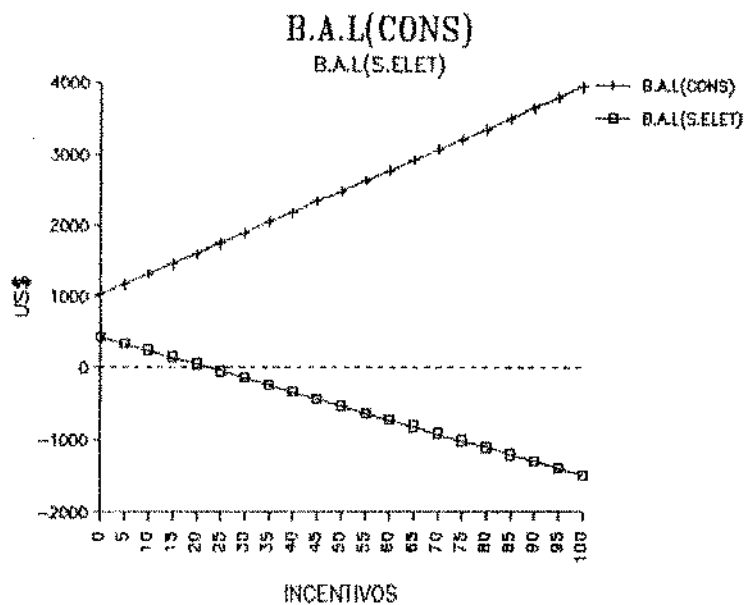


Fig. 4.3. BAL - Alternativa I.
Estudo 1

VARIAÇÃO DO CCE PELA % DE INCENTIVO
CONS: $i=0,35$ E S.ELET: $i=0,12$

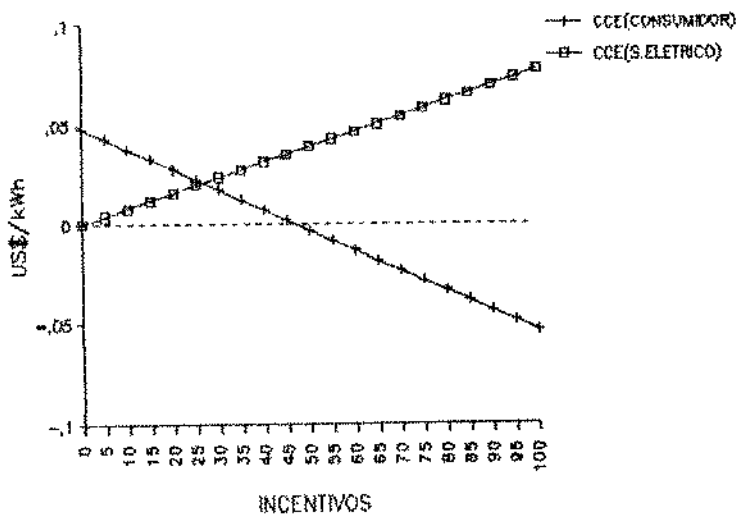


Fig. 4.4. CCE - Alternativa II.
Estudo 1

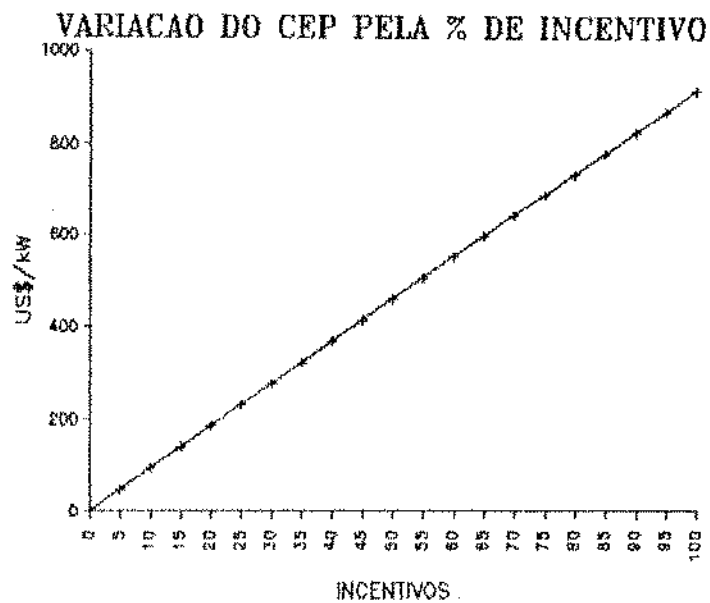


Fig. 4.5. CEP - Alternativa II.
Estudo 1

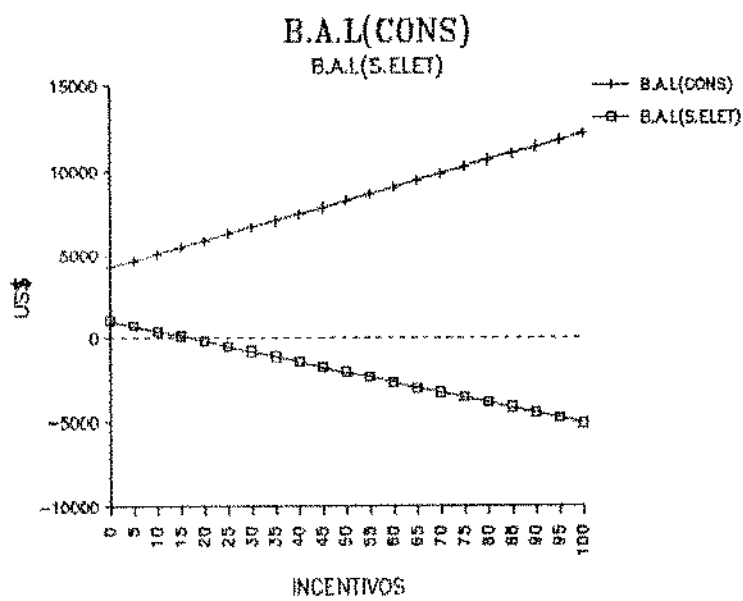


Fig. 4.6. BAL - Alternativa II.
Estudo 1

ESTUDO 2: ALTERAÇÃO DO SISTEMA DE ILUMINAÇÃO DO PRÉDIO DA REGIONAL DE DISTRIBUIÇÃO DE RIO CLARO - CESP

Introdução

Este estudo verifica a influência da adequação dos projetos de iluminação aos níveis recomendados por norma, na redução da potência instalada e no consumo de energia elétrica, evitando assim o superdimensionamento geralmente encontrado. Demonstra a importância dos equipamentos auxiliares, como luminárias e reatores, no sistema de iluminação e na conservação de energia elétrica. A área total do edifício em análise é de 1.176 m², distribuídos em um único pavimento, com ambientes fechados e necessidades diferenciadas de iluminação, onde são desenvolvidas atividades de escritório tais como, projetos, desenho, reunião, computação, atendimento ao público, etc.

Diagnóstico do Sistema de Iluminação Existente

Distribuição espacial. O sistema de iluminação original possuía 204 luminárias com 5 lâmpadas fluorescentes cada. As lâmpadas utilizadas eram fluorescentes comuns de 40W, com fluxo luminoso de 2700 lumens, ligadas a reatores eletromagnéticos de partida rápida e alto fator de potência. Este sistema de iluminação sofreu alterações de utilização, por questões administrativas, que visam a conservação de energia elétrica sem custos adicionais. Estas resultaram na redução do número de luminárias e lâmpadas utilizadas, passando então a 186 luminárias com três lâmpadas em média cada. O sistema é utilizado em média 10 horas por dia, sendo a manutenção feita individualmente (somente corretiva, nunca preventiva). Para o estudo foi adotada, como situação original, a utilização total do sistema existente antes das mudanças administrativas, podendo assim, quantificar os benefícios com o dimensionamento correto da instalação de iluminação.

Iluminância. Os 1.176 m² são divididos em vários ambientes fechados (salas), conforme planta 2 (anexo 5), onde são observados diferentes tamanhos de salas e níveis de iluminação.

O nível de iluminação dos ambientes foi medido à noite, não considerando portanto a participação da iluminação natural, porém o sistema de iluminação em operação, quando realizadas as medições, já era o resultante das medidas administrativas retro citadas. Os valores obtidos, Tabela 14, não refletem os resultados da instalação original, sendo possível apenas constatar que muito provavelmente a instalação original encontrava-se superdimensionada, uma vez que na maior parte dos casos, os níveis de iluminação encontram-se próximos dos recomendados.

TABELA 14 Iluminâncias Medidas no Prédio em Estudo

Sala	Atividade	Iluminância Média	Iluminância Recomendada
A	Escritório normal	455	500
B	Escritório normal	293	500
C	Escritório normal	660	500
D	Escritório normal	430	500
E	Escritório normal	375	500
F	Desenho	714	1.000
G	Sala de reunião	409	200
H	Escritório normal	440	500
I	Escritório normal	523	500
J	Escritório normal	453	500
L	Microcomputador	406	300
M	Corredor	220	100

Potência instalada e consumo de energia elétrica. No projeto original, com 204 luminárias com 5 lâmpadas de 40W, a potência instalada, considerando-se 20% de perdas no reator, é 48,9 kW. Esse valor leva a uma relação entre potência instalada e área de 41,58 W/m².

Para cálculo do consumo de energia dispendido no sistema de iluminação foi adotado o caso, 22 dias no mês e 10 horas diárias de utilização, totalizando 10.758 kWh/mês.

Substituição dos Equipamentos Existentes

O superdimensionamento da instalação original, associado à substituição por tecnologias mais eficientes para luminárias e reatores, através da utilização de luminárias reflexivas e reatores eletrônicos, possibilitou sensível melhoria no sistema existente, tanto no que se refere à uniformidade e qualidade da iluminação, como na redução da potência e do consumo do sistema. As substituições realizadas simultaneamente foram :

- troca das luminárias existentes, para 5 lâmpadas fluorescentes de 40 W, por luminárias reflexivas com espelho de vidro para 1 e 2 lâmpadas fluorescentes de 40 W. Esta alteração possibilitou uma melhor distribuição espacial e melhor aproveitamento do fluxo luminoso das lâmpadas, obtido através das interreflexões na superfície refletora da luminária e direcionamento do fluxo luminoso para o plano de trabalho, o que viabiliza a redução do número de lâmpadas.

- troca do reator eletromagnético por reator eletrônico duplo para 40W. Esta alteração reduziu a potência dispendida pelo conjunto, lâmpada e reator, para 74 W. Isto foi possível porque a alta frequência utilizada pelo reator reduz o consumo de energia da instalação, fenômeno este explicado no capítulo 2.

Atual Sistema de Iluminação

Distribuição. O sistema original foi substituído por luminárias reflexivas, de alto rendimento, e reatores eletrônicos de 2 x 40W. As lâmpadas na situação atual são da mesma especificação do projeto original, ou seja, fluorescente de 40W com fluxo luminoso de 2.700 lumens. A substituição a princípio seria o par, porém o superdimensionamento da instalação original possibilitou a eliminação de alguns pontos existentes. Os pontos de luz eliminados o foram pelo elevado nível de iluminação do ambiente ou pelo fato do ponto de luz encontrar-se em lugares inócuos, como sobre armários e arquivos, rente a divisórias de ambientes e portas, e outras situações causadas por mudanças no lay-out original, que não previa divisórias, portas e armários altos.

A nova instalação utiliza 152 luminárias reflexivas para 2 lâmpadas de 40W e 26 luminárias reflexivas de 1 lâmpada de 40W. As luminárias de uma lâmpada foram colocadas nos corredores, onde iluminâncias menores são necessárias, e, neste caso, o reator utilizado foi o eletromagnético 1x40W.

Redução da potência e consumo de energia elétrica. Com a substituição proposta a potência instalada foi reduzida em 75%, totalizando 12,49 kW instalados para o novo sistema de iluminação. No cálculo do novo consumo foi considerado o mesmo perfil de utilização, o que totaliza, para a nova instalação, 2.748 kWh/mês.

A comparação entre potência e consumo das instalações e as reduções obtidas com as alterações encontra-se na Tabela 15.

TABELA 15. Comparação de Potência e Consumo

Situação	Potência Instalada (kW)	Consumo Mensal (kWh/mês)	Red.Pot. (kW)	Red.Com. (kWh/mês)
Original	48,96	10.771	---	---
Atual	12,49	2.748	36,47	8.023

Investimentos necessários. Os investimentos necessários para a aquisição das luminárias e reatores estão discriminados na Tabela 16, onde encontram-se também os preços de mercado dos equipamentos da instalação original.

TABELA 16. Investimentos Dispendidos

Equipamentos	Custo Unitário (US\$)	Quantidade	Custo Total (US\$)
Luminária Refl.1 x 40 W	64,17	26	1.668
Luminária Refl.2 x 40 W	90,40	152	13.740
Reator Eletrônico 2 x 40 W	42,48	76	3.228
Reator Convencional 2 x 40 W	12,05	13	246
Luminária Conv. 5 x 40 W	65	204	13.260
Reator Convencional 2 x 40 W	12,05	510	9.649

Na nova instalação foram investidos US\$ 18.884 em equipamentos, enquanto que a situação anterior necessitava de US\$ 22.909. A situação nova utiliza equipamentos eficientes que por não terem ainda grande escala de produção, possui custos individuais elevados, porém, a instalação antiga é mais dispendiosa devido ao superdimensionamento da mesma.

Análise Econômica

A análise de viabilidade econômica da substituição foi realizada através do CCE - Custo da Energia Conservada para as perspectivas tanto do consumidor como do setor elétrico, do CEP - Capacidade Evitada em Horário de Pico para o setor elétrico e do Benefício Anual Líquido - (BAL) obtido com as substituições, nas perspectivas do consumidor e setor elétrico. Todos os indicadores utilizados foram analisados para diferentes faixas de incentivos.

Foram adotados nesta análise:

- Energia total conservada: 96.276 kWh/ano
- Potência total evitada em horário de pico: 47,6 kW, considerando um fator de disponibilidade igual a 0,9 e 15% de perdas elétricas.
- taxa de desconto: 12% para o setor elétrico e 35% para o consumidor.

Os resultados obtidos na análise de atratividade estão sintetizados na Tabela 17:

Tabela 17 Análise Económica - Estudo 2

	Subsídio	Resultado
	0%	0,012
CCE(cons.)	50%	- 0,030
(US\$/kWh)	100%	- 0,073
	0%	0
CCE(s.elet)	50%	0,021
(US\$/kWh)	100%	0,042
	0%	0
CEP	50%	105,1
(US\$/kW)	100%	210,2
	0%	8.613
BAL(cons.)	50%	12.741
(US\$)	100%	16.869
	0%	1.251
BAL(s.elet)	50%	- 800
(US\$)	100%	- 2.853

Analisando-se os dados apresentados na Tabela 17 , verifica-se:

No caso em estudo, o consumidor tem custos de 0,012 US\$/kWh até 0,003 US\$/kWh quando recebe incentivos de até 10%, passando à partir dessa faixa de incentivo a ter lucros crescentes de até 0,073 US\$/kWh economizado, quando recebe 100% de incentivos. Para o setor elétrico, as substituições realizadas neste estudo apresentam custos que variam de 0 à 0,042 US\$/kWh economizado, este último quando oferecidos 100% de incentivos ao consumidor para a utilização do conjunto de equipamentos propostos. O custo da energia economizada quando comparada com o valor da tarifa, na perspectiva do consumidor, e com o custo marginal, na perspectiva do setor elétrico, demonstra atratividade, independentemente de quaisquer valores de incentivos em ambas as perspectivas, estando os resultados ilustrados na Fig. 4.7.

O CEP quando fornecidos 100% de incentivos pelo setor elétrico é de US\$ 210,2 por kW evitado, apresentando valores bem inferiores ao custo marginal de expansão do sistema elétrico, conforme Fig. 4.8.

Complementando a análise do CCE e do CEP é calculado o Benefício Anual Líquido das substituições realizadas de acordo com a percentagem de incentivos. A instalação total apresenta, na perspectiva do consumidor, benefícios de US\$ 8.613 à US\$ 16.869 por ano, enquanto que na perspectiva do setor elétrico os benefícios para 0% de incentivo oferecido são US\$ 1.251, e para 100% de incentivos existe um custo anual de US\$ 2.853. A variação do BAL está representada na Fig. 4.9.

Comentários

Este estudo exemplifica um tipo de situação onde a substituição dos equipamentos auxiliares (luminárias e reatores) por mais eficientes, associada a um dimensionamento correto da instalação de iluminação, apresenta resultados amplamente atrativos para o consumidor e para o setor elétrico. Este estudo mostra também o superdimensionamento comumente existente em instalações de iluminação de edificações.

VARIACAO DO CCE PELA % DE INCENTIVO

CONS:=0,35 E S.ELETJ:=0,12

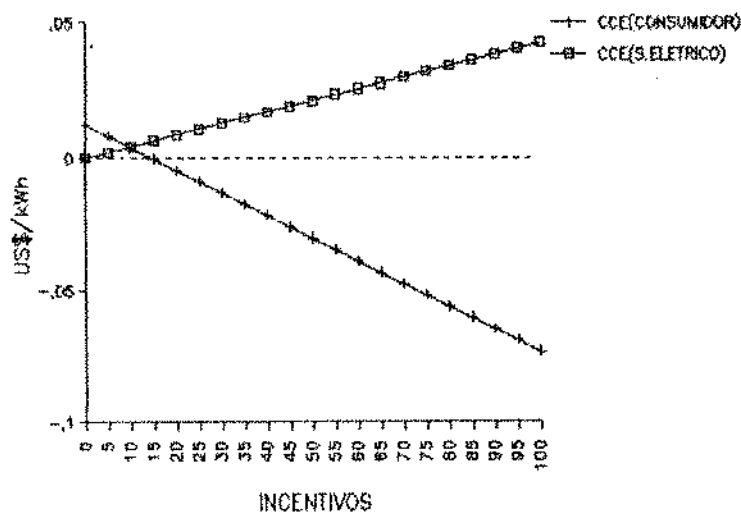


Fig. 4.7. CCE - Estudo 2.

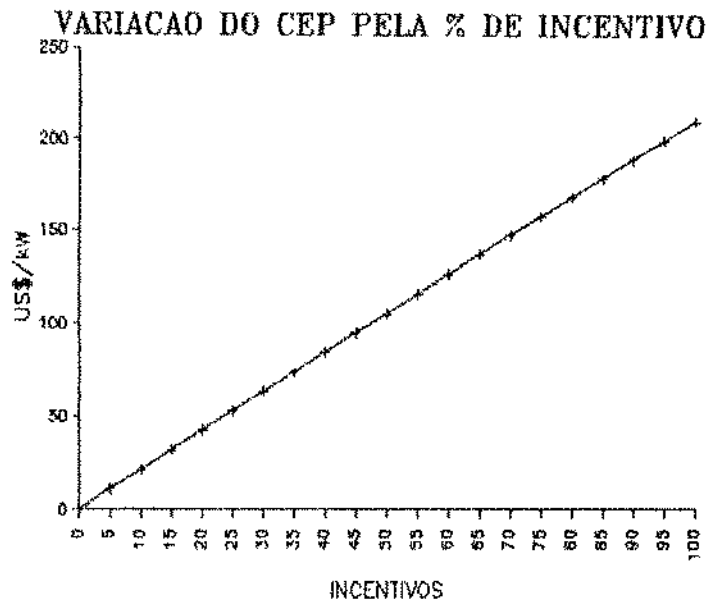


Fig. 4.8. CEP - Estudo 2.

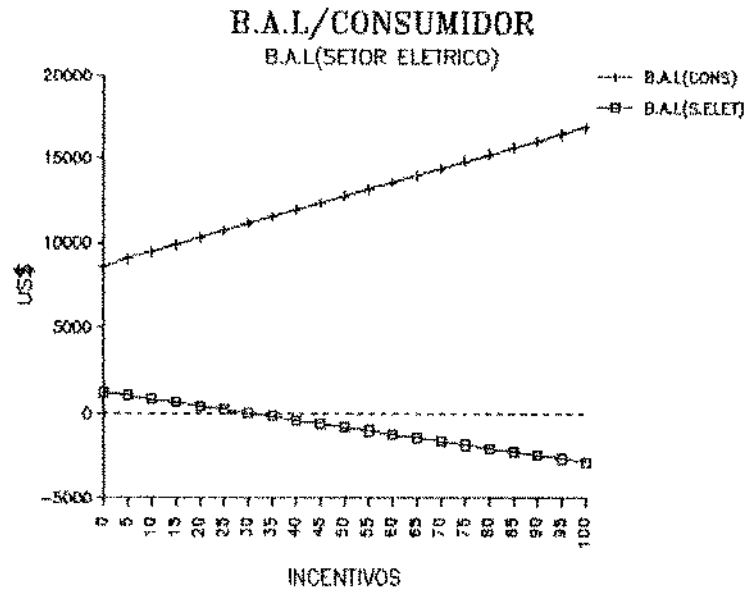


Fig. 4.9. BAL - Estudo 2.

ESTUDO 3- GERENCIAMENTO DE UM SISTEMA DE ILUMINAÇÃO EFICIENTE

Introdução

Este estudo tem como objetivo projetar uma instalação nova de um edifício comercial, utilizando somente equipamentos eficientes, que possibilitam um consumo menor de energia elétrica, sem prejuízo do desempenho. Verifica-se também a viabilidade de utilizar um sistema de trocas programadas de lâmpadas, demonstrando suas vantagens econômicas, como o não superdimensionamento da instalação inicial, pelo maior controle da depreciação futura. Este estudo aborda e quantifica a economia com a realização da limpeza do edifício fora do horário de ponta do sistema e a utilização de dispositivos para controle da iluminação em ambientes de pouco uso.

O edifício hipotético em estudo possui uma área de 3620 m², distribuídos em dez andares de 362 m². As atividades desenvolvidas são atividades de escritórios, tendo inclusive tarefas especiais como desenho e projetos, além da utilização de microcomputadores. Os andares são divididos em ambientes separados por divisórias baixas, quando necessário.

Sistema de Iluminação

Distribuição. Para iluminar o edifício foi elaborado o projeto adotando os seguintes equipamentos:

- lâmpada fluorescente de 32 W, com fluxo luminoso de 2900 lumens.
- luminária para iluminação comercial, própria para duas lâmpadas de 32W, sendo modelo tipo "TCS 029"(Philips).
- reatores eletromagnéticos de partida rápida para duas lâmpadas.

Foi considerado um nível médio de 500 lux para a realização das tarefas, conforme NBR 5413, e, em casos especiais o nível pode ser complementado por iluminação local e individual. O projeto não foi sobredimensionado para atender as consequências da depreciação dos equipamentos utilizados, sendo para isso escolhido um sistema de manutenção adequado. A iluminação do andar típico é composta de 56 conjuntos de luminárias de duas lâmpadas do tipo acima especificado, e distribuídas conforme planta 3, no anexo 6.

Potência instalada e consumo de energia elétrica. Considerando perdas médias de 20% com o reator, temos 76,8 W por ponto de luz, totalizando para todo o edifício 43 kW. A utilização do sistema, não considerando a iluminação para limpeza do edifício que será estudada separadamente, é de 10 horas diárias, tendo um consumo de 113.520 kWh/ano.

Limpeza Geral do Edifício

A limpeza geral de edifícios é realizada normalmente no horário de pico do sistema, das 19:00 horas às 21:00 horas, e, neste horário, o atendimento da demanda é dispendioso e conseqüentemente as tarifas diferenciadas são maiores, recomendando-se a mudança de hábitos referentes a este serviço.

Na maioria das edificações o serviço contratado para limpeza funciona em turnos, de maneira que eventual mudança de horário da limpeza geral não acrescentaria custos extras. Os benefícios são significativos, pois, sem considerar possíveis diferenças tarifárias, a redução da utilização do sistema por duas horas implica, para a edificação em estudo, na economia de 22.708 kWh/ano, o que representa para o consumidor, tarifa "B3", uma economia anual de US\$ 2.316, sem custos adicionais. Para o sistema elétrico os benefícios são maiores, isto porque para o atendimento de toda a demanda prevista em horário de pico são necessários altos investimentos, devido aos recursos naturais cada vez mais escassos e com custos ambientais maiores; problema este que pode ser minimizado através da utilização criteriosa da energia elétrica pelo consumidor.

Na edificação em estudo recomenda-se a concentração de um maior número de empregados para a realização dos serviços de limpeza de forma quase simultânea em todos os andares, realizando-a durante as 10 horas já previstas de utilização ou ainda antes do início do expediente.

Utilização do Sensor de Presença

É frequente a existência de salas onde são realizadas atividades de escritório por tempo limitado, utilização intermitente, ocorrendo nestes casos, desperdício de energia elétrica com a iluminação. Isto ocorre porque o sistema de acionamento da instalação é geral, por andar, e não localizado. Mesmo nos casos onde os controles são localizados é comum, ao término da atividade, o não desligamento da iluminação. Foi estudada a atratividade da utilização de sensores de presença em salas de reunião, geralmente existente em todos os andares de edifícios de escritórios, a utilização destes evita o desperdício.

A sala em estudo, conforme planta 3 (anexo 6), possui as seguintes características:

largura: 4,10 metros
comprimento: 7,40 metros
número de lâmpadas: 8
utilização média diária: 3 horas
número de sensores: 1

O sensor de presença a ser instalado atua pela percepção do calor em movimento, através de sistema de infravermelho, com alcance de 12 metros e abertura de 90 graus, sendo necessário apenas um na sala. Sua instalação é na forma de interruptor, acendendo automaticamente as lâmpadas na presença de pessoas, sendo seu custo igual a US\$ 64,80 (Dectron, 1990).

A sala de reunião possui 307,2 W instalados em iluminação, que resultariam em um consumo, base 10 horas de utilização, de 811 kWh/ano. Utilizando-se o sensor de presença e considerando-se 3 horas diárias de uso efetivo do sistema, o consumo mensal resultante é 243,3 kWh/ano. O sensor possibilita, então, uma redução de 567,7 kWh/ano por andar, o que representa para um consumidor, tipo "B3", a economia anual de US\$ 57,90 , ou um retorno do investimento em 13,5 meses.

O custo da energia conservada (CCE), considerando a vida média do sensor igual a 10 anos, é 0,042 US\$/kWh economizado, sendo inferior à tarifa de 0,102 US\$/kWh aplicada a um consumidor desta classe.

Troca Programada de Lâmpadas

Ao estudar a troca programada de lâmpadas partimos da premissa que todo projeto luminotécnico estima um determinado número de lâmpadas em excesso na instalação, visando suprir a depreciação futura da mesma. Porém, isto faz com que a instalação inicial esteja superdimensionada, visto que, quando se deseja 20 % a mais de luz são necessários 25% a mais de lâmpadas, reatores e luminárias, além de um consumo de energia 25 % maior¹⁰.

Este problema pode ser atenuado com uma manutenção programada, onde seriam substituídas as lâmpadas quando estas atingirem um determinado nível de depreciação do fluxo luminoso, além de efetuar a limpeza simultânea das luminárias.

Outro aspecto importante é o custo da mão de obra de manutenção do sistema, com um sistema de trocas individualizadas o tempo dispendido é superior à troca em grupo, o que aumenta o custo da mesma.

Para determinar qual o momento de maior atratividade para efetuar a substituição geral das lâmpadas foram considerados os seguintes dados:

- Para lâmpadas fluorescentes em condições normais de operação e com uma vida média de 8.000 horas, a taxa média de queimas é em torno de 25% para 6.000 horas de uso, 12% para 5.000 horas e 5% para 4.000 horas (Smit, 1990).

- A depreciação do fluxo luminoso da lâmpada é de 5% a 2.000 horas, e cerca de 10% a 7.500 horas de utilização da mesma (Smit, 1990).

- O custo da mão de obra utilizada para a manutenção do sistema, considerando dois empregados, é de US\$ 0,037 total por minuto (CESP, 1990).

- O tempo da troca de uma lâmpada individual, que é o tempo efetivo da troca mais o tempo para o preparativo, é de vinte minutos. No caso da substituição em grupo o tempo total considerado é 5 minutos por lâmpada.

- Os custos estão em base anual à uma taxa de desconto de 35% para o consumidor.

¹⁰ Utilizando na equação (2) uma depreciação de 20%, ou seja 0,8; o fluxo total será multiplicado por 1,25.

São analisadas duas situações. A primeira, situação A, considera somente trocas individualizadas ao término da vida efetiva da lâmpada, considerando um superdimensionamento da instalação inicial. Na segunda situação, situação B, é estudada a troca programada em grupo das lâmpadas, onde para encontrar o melhor momento de substituição são analisadas trocas a 6.000 horas, 5.000 horas e 4.000 horas de vida.

Situação A: troca individual no final da vida efetiva e superdimensionamento da instalação inicial.

- Visando suprir a diminuição do fluxo luminoso, decorrente da troca de lâmpadas somente no final de sua vida efetiva, é previsto no projeto inicial 20% de depreciação do sistema, o que implica em 25 % a mais de lâmpadas, reatores e luminárias.

quantidade	preço	f.r.c ¹¹	Total
Custo: 28 lâmpadas x 5,02 =	140,56	x 0,586 =	82,36
14 reatores x 11,59 =	162,26	x 0,390 =	63,28
14 luminárias x 65 =	910,00	x 0,350 =	318,50

Os investimentos necessários para isso, utilizando a taxa de desconto de 35% para anualiza-los, são US\$ 464,14.

- Troca individual das lâmpadas

O custo total é igual ao custo da mão de obra mais o custo das lâmpadas, onde temos:

$$CT = (112 \times 20 \text{ min} \times 0,037) + (112 \times 5,02)$$

$$CT = \text{US\$ } 645,12$$

Para calcular o custo anual desse valor é considerado que todas as lâmpadas queimam após 8.000 horas de uso (melhor hipótese), que nesta edificação corresponde a 3,03 anos, sendo o f.r.c igual a 0,586. Na situação "A" o custo total anual das trocas individualizadas, para uma taxa de desconto de 35%, é US\$ 378,00/ano.

¹¹ fator de recuperação de capital, é obtido através da equação (5).

Situação B: troca em grupo programada, considerando três estágios da vida útil.

- 6.000 horas de uso com 25% de queima individual das lâmpadas.

CT= Custo troca em grupo + Custo troca individual

$$\begin{aligned} \text{Custo troca em grupo} &= \text{Custo mão de obra} + \text{Custo lâmpada} \\ &= (112 \times 5 \text{ min} \times 0,037) + (112 \times 5,02) \\ &= 582,96 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Custo troca individual} &= \text{Custo mão de obra} + \text{Custo lâmpada} \\ &= (28 \times 20 \text{ min} \times 0,037) + (28 \times 5,02) \\ &= 161,28 \end{aligned}$$

Anualizando-se os custos referentes à troca com 6.000 horas, que equivalem a 2,27 anos (frc=0,708), temos US\$ 526,92 .

- 5.000 horas de uso com 12% de queima.

Custo total= Custo troca em grupo + Custo troca individual

$$\text{Custo troca em grupo} = 582,96$$

$$\begin{aligned} \text{Custo troca individual} &= (14 \times 20 \text{ min} \times 0,037) + (14 \times 5,02) \\ \text{Custo troca individual} &= 80,64 \end{aligned}$$

Considerando 5.000 horas de utilização, que significam 1,89 anos (frc=0,808), os custos anuais são US\$ 536,18.

- 4.000 horas de uso com 5% de queima.

Custo total= Custo troca geral + Custo troca individual

$$\text{Custo troca geral} = 582,96$$

$$\begin{aligned} \text{Custo troca individual} &= (6 \times 20 \text{ min} \times 0,037) + (6 \times 5,02) \\ \text{Custo troca individual} &= 34,56 \end{aligned}$$

Para 4.000 horas de uso temos 1,51 anos (frc=0,960), com custos anuais de US\$ 592,81 .

Na Tabela 18 estão sintetizados os custos das alternativas estudadas.

Tabela 18 Custos de Diferentes Manutenções

Tipo de troca	Custos Anualizados (US\$)
individual	464,14 (25% a mais de equipamentos) 378,00 (troca das lâmpadas)
	----- 842,14
em grupo à 6.000 horas	526,92
em grupo à 5.000 horas	536,18
em grupo à 4.000 horas	592,81

Na tabela acima, verifica-se que a substituição em grupo apresenta maior atratividade nos três estágios de vida estudado. A partir destes dados recomenda-se adotar a substituição em grupo programada, quando a instalação estiver com 6.000 horas de uso. Neste estágio obtem-se uma redução de 37,4% dos gastos referentes a opção da troca individualizada.

O custo da energia conservada, considerando apenas a diferença entre custos da troca individual e programada, ou seja, sem o preço dos 25% a mais de equipamentos instalados, e com o consumo evitado de 2.838,5 kWh por andar, temos 0,0525 US\$/kWh economizado.

Comentários

Esse estudo de caso partiu de uma instalação que utiliza equipamentos eficientes e procurou utiliza-los de uma maneira eficaz.

Primeiramente, a alteração dos hábitos da limpeza geral do edifício possibilitam uma redução de até 22.708 kWh/ano para o consumidor, liberando para o setor elétrico 43 kW no horário de pico do sistema.

A utilização de sensores de presença em salas de reunião, considerando dez salas no edifício, possibilita a redução de 5.677 kWh/ano . Com custo da energia conservada de 0,042 US\$/kWh, valor este inferior à tarifa de energia elétrica.

Finalmente, a troca programada das lâmpadas representa, além da atratividade econômica decorrente da redução dos custos de manutenção em 37,4%, uma diminuição de 28.385 kWh/ano no consumo total de energia do edifício estudado, com CCE de 0,0525 US\$/kWh.

As três medidas propostas totalizam uma economia de 56.770 kWh/ano, representando para o consumidor, classe tarifária "B3", uma economia anual de US\$ 5.790 .

RESUMO E CONCLUSÕES DOS TRÊS ESTUDOS PRÁTICOS

As medidas de conservação de energia elétrica propostas no primeiro estudo reduzem 112.320 kWh/ano, quando adota-se lâmpadas mais eficientes no sistema de iluminação do edifício. Os seus custos foram apontados através do CCE, CEP e BAL, onde observa-se que os custos com a energia conservada para o consumidor são inferiores a tarifa de energia elétrica aplicada ao mesmo, independentemente de incentivos recebidos, ocorrendo inclusive benefícios anuais (BAL). Na perspectiva do setor elétrico, o CCE apresenta valores inferiores ao custo marginal de expansão do sistema, exceto para a substituição por fluorescente de 32 W com incentivos oferecidos superiores a 85% . O CEP apresenta-se inferior ao custo marginal, mesmo quando o setor paga na totalidade os investimentos.

No segundo estudo, a substituição dos reatores e luminárias existentes por reatores eletrônicos e luminárias reflexivas, apresentam boa viabilidade econômica, sendo a análise realizada através dos mesmos indicadores do estudo anterior. O consumidor apresenta lucros e não custos com as substituições, tanto no CCE como no BAL independente de qualquer incentivo. Enquanto que os custos para o setor elétrico, CCE e CEP são inferiores aos marginais, apresentando BAL positivo para incentivos oferecidos de até 30%.

No terceiro estudo quantifica-se o CCE para o consumidor, quando este utiliza sensores para controle da iluminação e a troca programada de lâmpadas do edifício de escritórios, sendo os custos 0,042 US\$/kWh e 0,052 US\$/kWh respectivamente. Onde em ambos os casos ocorrem a viabilidade econômica, visto que os custos são inferiores a tarifa de energia elétrica.

Os resultados obtidos nos três estudos demonstram a atratividade, tanto para o consumidor como para o setor elétrico, da conservação de energia. Porém, os resultados refletem características específicas das edificações estudadas, e visando generalizar os resultados obtidos, são analisadas, no próximo capítulo, as substituições unitárias dos principais equipamentos utilizados em sistemas de iluminação de edifícios de escritórios.

CAPÍTULO 5
AVALIAÇÃO DOS CUSTOS E DO POTENCIAL DE CONSERVAÇÃO DE
ENERGIA ELÉTRICA NO ANO 2010.

Este capítulo apresenta a análise econômica de alternativas de conservação de energia elétrica em iluminação. Realiza também uma análise de sensibilidade para verificar o grau de influência de variáveis tais como: preço, vida e utilização do equipamento, tarifa de energia elétrica e taxas de desconto utilizadas na análise. É projetada a penetração de mercado dos equipamentos eficientes estudados até o ano de 2010, quantificando-se a economia de consumo obtida e a potência evitada com estes, construindo assim a curva de suprimento da energia conservada para as alternativas estudadas, incluindo-se nestas também o sensor de presença e a troca programada de lâmpadas, cujo estudo foi realizado no capítulo quatro.

CUSTOS INDIVIDUAIS

São quantificados nesta seção os custos individuais das substituições de equipamentos convencionais por equipamentos que possuem maior eficiência, com o objetivo de se obter uma redução de consumo de energia elétrica. Para tanto, as principais alternativas frequentemente utilizadas nos sistemas de iluminação de edificações e aqui estudadas são:

- 1- lâmpada incandescente com potência média de 75W.
substituição: lâmpada compacta fluorescente de 13W com reator.
- 2- lâmpada fluorescente convencional de 40 W.
substituição: lâmpada fluorescente de 32 W com fluxo luminoso de 2900 lumens.
- 3- reator eletromagnético de partida rápida 2 x 40 W
substituição: reator eletrônico 2 x 40 W.
- 4- luminária convencional aberta sem aletas 3 x 40 W(média).
substituição: luminária reflexiva 2 x 40 W.
- 5- conjunto completo de luminária convencional 2 x 40 W com reator eletromagnético duplo e 2 lâmpadas de 40 W.
substituição: conjunto luminária reflexiva 2 x 32 W com reator eletrônico duplo e 2 lâmpadas de 32 W.

Observação: Na substituição 2 só foi considerada a troca da lâmpada sem troca do reator, isto decorre da grande oscilação dos preços relativos de mercado dos reatores utilizados e como as duas lâmpadas requerem igualmente reatores assumiu-se que os investimentos se equivalem.¹²

Na substituição 4 a luminária com três lâmpadas foi substituída pela luminária reflexiva de duas lâmpadas, possível devido à maior eficiência desta, sendo quantificados na análise os investimentos com as lâmpadas e luminárias, não considerando os investimentos com os reatores. A substituição 5, além de reduzir o consumo de energia, aumenta o nível de iluminação existente, visto que é mantida a utilização de 2 lâmpadas. As características destes equipamentos constam nas tabelas 10, 11 e 12 (capítulo 2). Os resultados do custo da energia conservada (CCE), da capacidade evitada em horário de pico (CEP) e do benefício anual líquido (BAL) estão explicitados na Tabela 19.

Tabela 19 Análise Econômica das Substituições

	Subsídio	1	2	3	4	5
	0%	0,054	0,059	0,243	0,077	0,295
CCE/CONS.	50%	0,022	-0,003	0,044	-0,094	-0,045
US\$/kWh	100%	-0,010	-0,067	-0,155	-0,265	-0,386
	0%	0	0	0	0	0
CCE/S.ELET	50%	0,019	0,042	0,103	0,074	0,157
US\$/kWh	100%	0,039	0,085	0,206	0,148	0,314
	0%	0	0	0	0	0
CEP	50%	205,9	268,4	801,1	241,9	1.013
US\$/kW	100%	411,7	536,9	1.602	483,9	2.027
	0%	5,93	0,85	-6,57	2,52	-15,00
BAL/CONSUM	50%	10,02	2,14	2,69	19,89	11,47
US\$	100%	14,11	3,43	11,95	37,25	37,95
	0%	1,63	0,26	0,60	1,31	1,01
BAL/S.ELET	50%	-0,86	-0,59	-4,18	-6,23	-11,22
US\$	100%	-3,36	-1,46	-8,97	-13,78	-23,46

¹² Quando analisado a troca também dos reatores na substituição 2, os resultados obtidos são: CCE/cons. varia de -0,022 à -0,288 US\$/kWh, CCE/s.elet. varia de 0 à 0,152 US\$/kWh, CEP varia de 0 à -8,46 US\$/kW, BAL/cons. varia de US\$ 2,53 à US\$ 7,91 e o BAL/s.elet. varia de US\$ 0,26 à -US\$ 2,83 . Quando utilizados os preços de US\$ 12,05 para o reator de 40 W e de US\$ 7,53 para o reator de 32 W.

Substituição 1: Incandescente por Fluorescente Compacta

A substituição de lâmpada incandescente por compacta fluorescente apresenta CCE abaixo dos valores da tarifa de energia elétrica onde, na perspectiva do consumidor, tem o CCE de 0,054 US\$/kWh para investimentos sem nenhum incentivo. Esta substituição apresenta também grande atratividade na perspectiva do setor elétrico onde, mesmo para incentivos oferecidos de 100% o custo é de 0,039 US\$/kWh, inferior ao custo marginal. O CEP alcança, para 100% de incentivos, 411,7 US\$/kW economizado, valor inferior aos necessários para a expansão de novos potenciais elétricos. O BAL do consumidor varia de US\$ 5,93 à US\$ 14,11 por ano dependendo da percentagem de incentivo recebido. No caso do setor elétrico a variação é de US\$ 1,63 à - US\$ 3,36, o que significa que o setor só obtém benefícios até incentivos oferecidos de 35% , e a partir deste valor custos crescentes. Os resultados desta alternativa estão apresentados nas Figs. 5.1, 5.2 e 5.3.

Observação: Os resultados econômicos, quando considerada a perda de 6W com o reator e não 20% de perdas médias, são: CCE/cons. varia de 0,058 à -0,011 US\$/kWh, CCE/s.elet. varia de 0 à 0,042 US\$/kWh, CEP varia de 0 à 436,7 US\$/kW, BAL/cons. varia de US\$ 5,20 à US\$ 13,38 e o BAL/s.elet. varia de US\$ 1,53 à -US\$ 3,46.

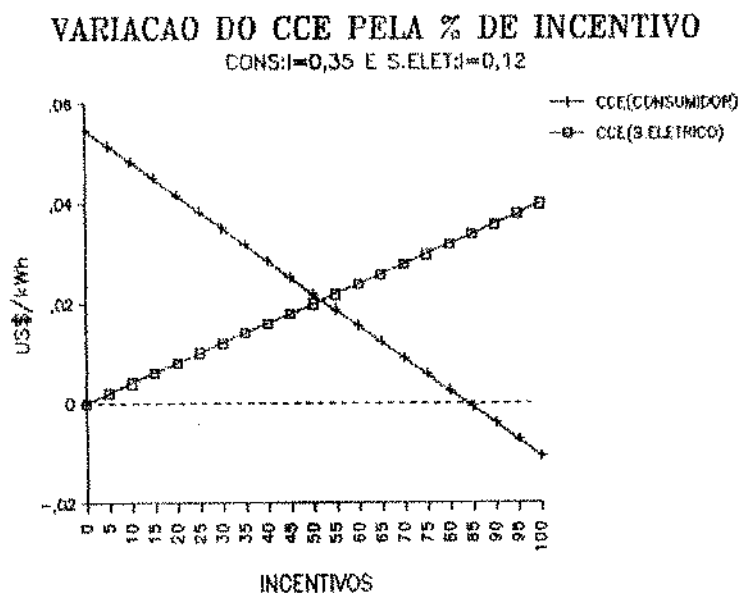


Fig. 5.1. CCE - consumidor/setor elétrico.
Substituição 1

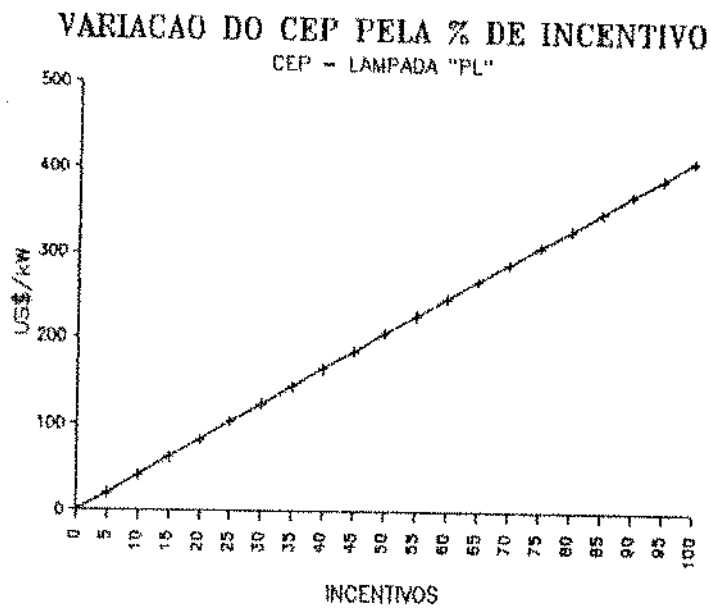


Fig. 5.2. CEP - setor elétrico.
Substituição 1

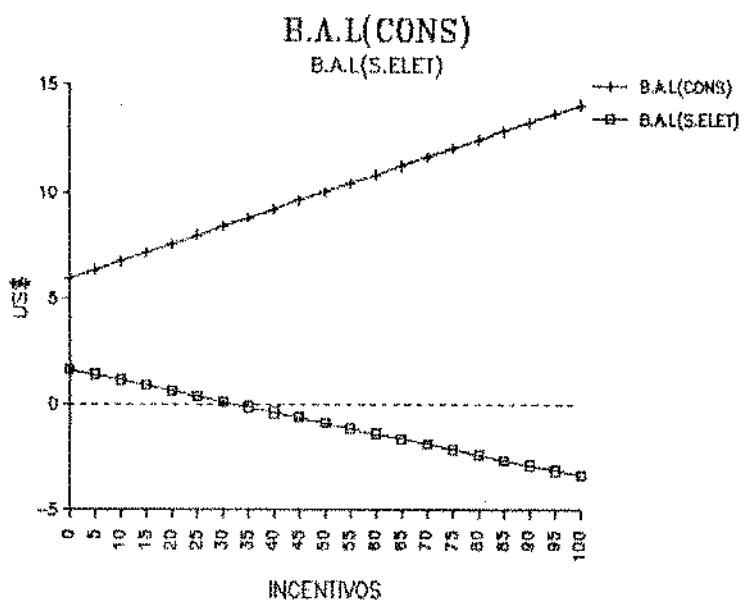


Fig. 5.3. BAL - consumidor/setor elétrico.
Substituição 1

Substituição 2: Fluorescente de 40 W por 32 W

A segunda alternativa, substituição de lâmpadas de 40 W por 32 W, apresenta resultado semelhante. O CCE é satisfatório tanto para o consumidor como para o setor elétrico, inclusive apresenta lucros e não custos para o consumidor quando este recebe incentivos superiores a 50%. O CEP atinge, para 100% de incentivos oferecidos, o valor de 536,9 US\$/kW evitado.

O BAL, com esta substituição apresenta valores inferiores à alternativa anterior, variando entre US\$ 0,85 e US\$ 3,43 para o consumidor. No caso do setor elétrico esta alternativa resulta em custos, após a contabilização de incentivos superiores a 15%, de até US\$ 1,46 quando o setor arca com todos os investimentos. Nas Figs. 5.4, 5.5 e 5.6 estão ilustrados os resultados da análise econômica desta substituição.

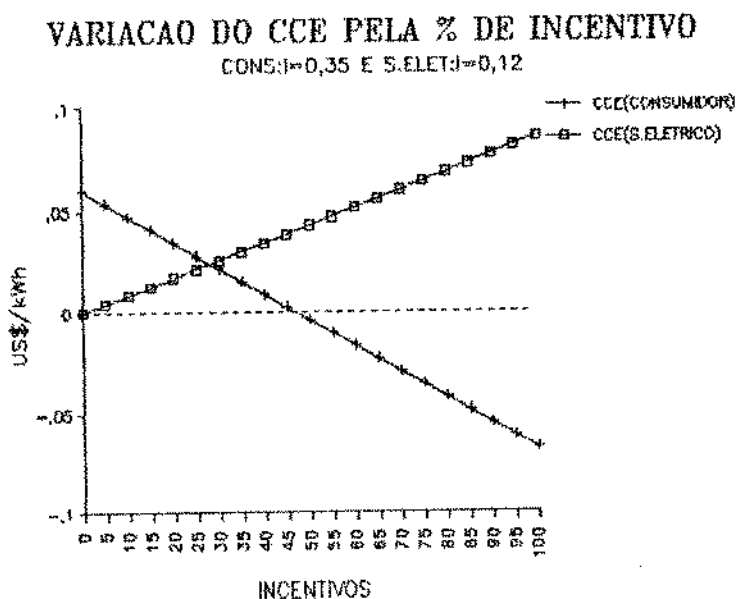


Fig. 5.4. CCE - consumidor/setor elétrico.
Substituição 2

VARIACAO DO CEP PELA % DE INCENTIVO

CEP - LAMPADA "TLD"

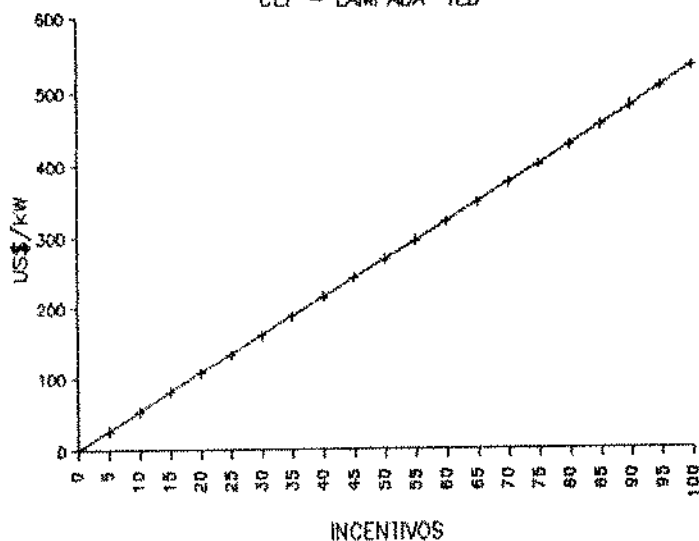


Fig. 5.5. CEP - setor elétrico.

Substituição 2

B.A.I.(CONS)

B.A.I.(S.ELET)

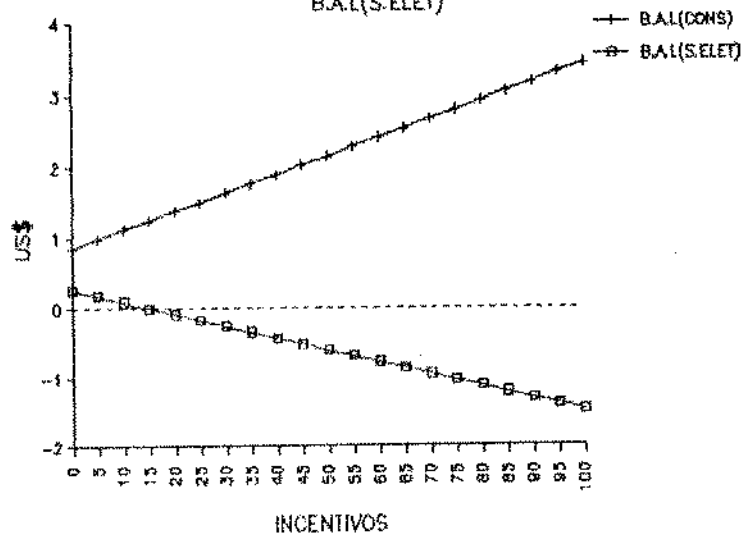


Fig. 5.6. BAL - consumidor/setor elétrico.

Substituição 2

Substituição 3: Reator Eletromagnético por Reator Eletrônico

A utilização do reator eletrônico tem a sua atratividade vinculada a determinadas faixas de incentivos. Para o consumidor, a substituição passa a ser interessante com incentivos recebidos iguais ou superiores a 40%, onde o CCE é inferior a tarifa de 0,102 US\$/kWh. O setor elétrico, por sua vez, pode subsidiar esta alternativa em até 55%, quando o CCE é inferior ao custo marginal de 0,115 US\$/kWh. O CEP apresenta nesta alternativa seu valor mais alto, 1.602 US\$/kW para 100% de incentivos oferecidos, porém ainda demonstra atratividade. A mesma dependência ocorre com o BAL, no caso do consumidor, os benefícios iniciam-se a partir de 40% de incentivo recebido, aumentando de US\$ 0,84 à US\$ 11,95. No caso do setor elétrico os benefícios vão até o fornecimento de 5% de incentivos tendo, a partir de 10%, custos crescentes chegando a US\$ 8,97 por ano por reator substituído. Os resultados obtidos para esta alternativa estão apresentados nas Figs. 5.7, 5.8 e 5.9.

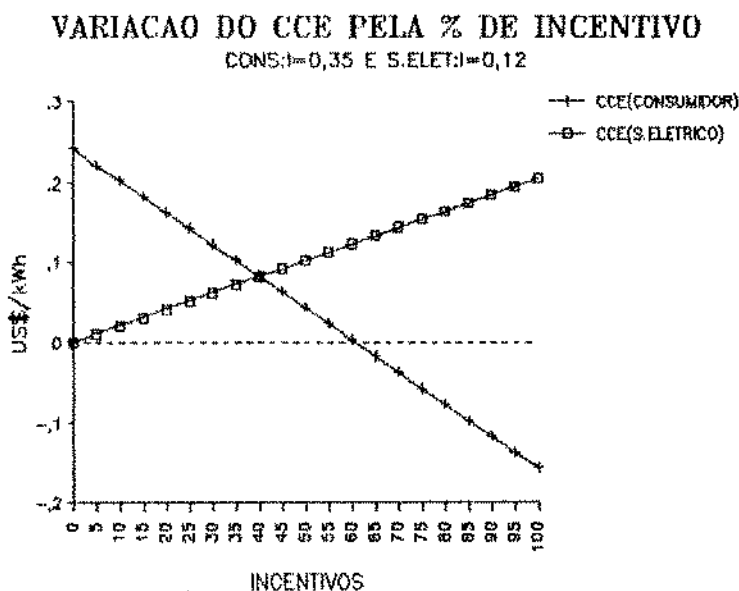


Fig. 5.7. CCE - consumidor/setor elétrico.
 Substituição 3

VARIACAO DO CEP PELA % DE INCENTIVO
CEP - REATOR ELETRONICO

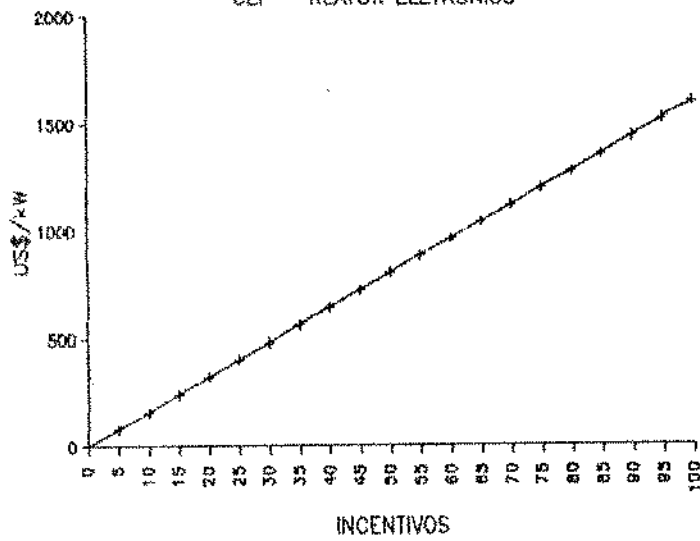


Fig. 5.8. CEP - setor elétrico.
Substituição 3

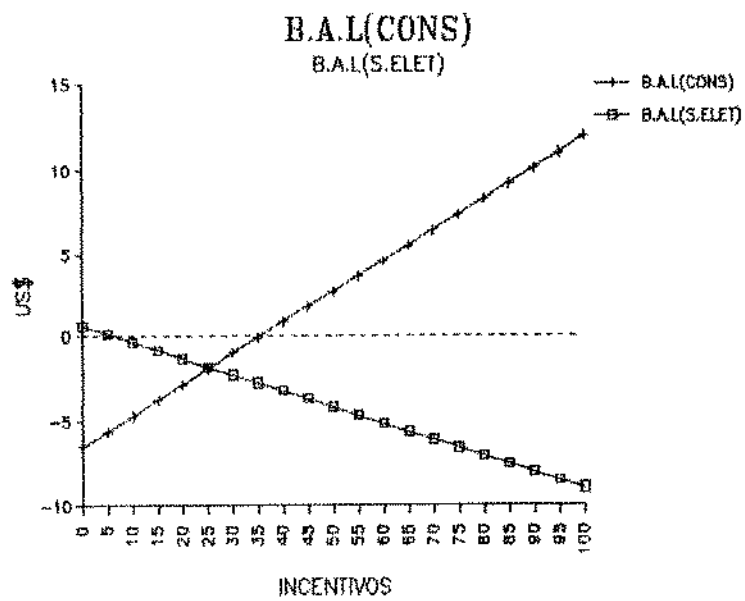


Fig. 5.9. BAL - consumidor/setor elétrico.
Substituição 3

Substituição 4: Luminária Convencional por Luminária Reflexiva

Para a substituição da luminária convencional por luminária reflexiva, o consumidor tem custos quando são recebidos apenas incentivos de até 20%, à partir desta percentagem o consumidor deixa de ter custos, passando a ter lucros. No caso do setor elétrico a atratividade ocorre até 75% de incentivos oferecidos, onde os valores são inferiores ao custo marginal. Em relação ao CEP os valores são inferiores ao custo de expansão do sistema, totalizando US\$ 484,00 quando são oferecidos 100% de incentivos. O BAL, na perspectiva do consumidor, quando este paga na totalidade dos investimentos, é de US\$ 2,52 por luminária substituída, aumentando para US\$ 37,25 quando este recebe 100% de incentivos. Para o setor elétrico o benefício varia de US\$ 1,31 até US\$ 0,56 para 5% de incentivo fornecido, passando para custos de US\$ 13,78 quando fornece 100% de incentivos. Os resultados estão apresentados nas Figs. 5.10, 5.11 e 5.12.

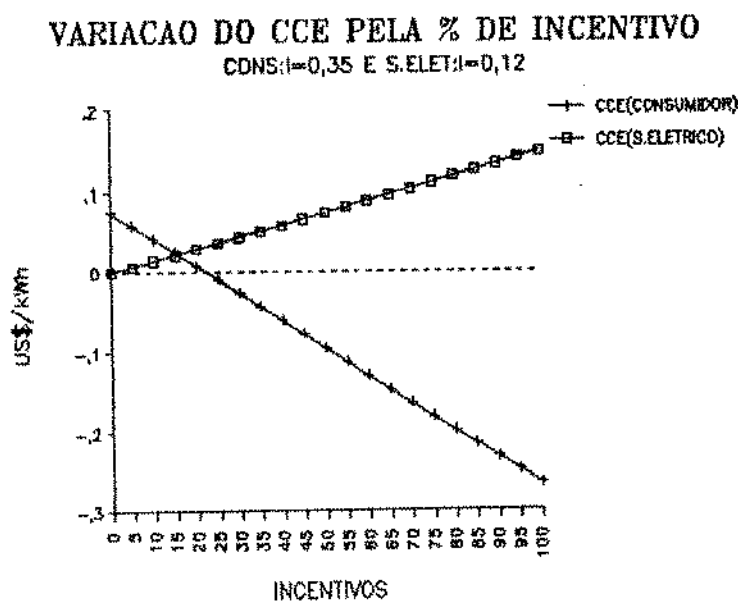


Fig. 5.10. CCE - consumidor/setor elétrico.
 Substituição 4

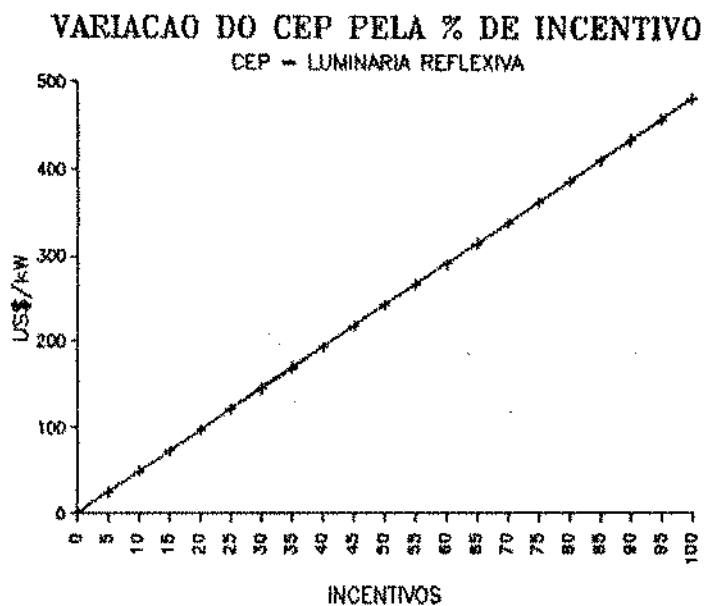


Fig. 5.11. CEP - setor elétrico.
Substituição 4

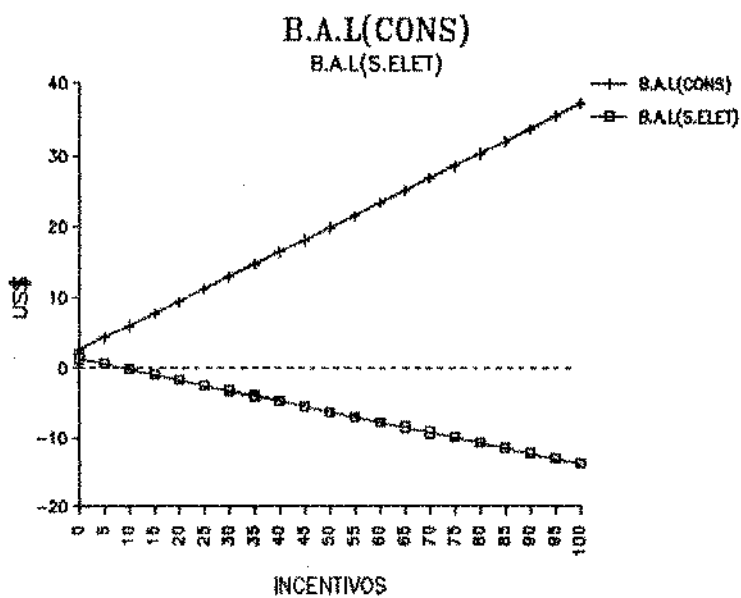


Fig. 5.12. BAL - consumidor/setor elétrico.
Substituição 4

Substituição 5: Conjunto Convencional por Conjunto Eficiente

A substituição do conjunto completo, duas lâmpadas de 40 W com reator eletromagnético e luminária convencional; por duas lâmpadas de 32 W com reator eletrônico e luminária reflexiva, apresenta para o CCE do consumidor, atratividade somente para incentivos recebidos iguais ou superiores a 30%. No caso do setor elétrico é viável incentivar em até 35% esta substituição. Em relação ao CEP, os valores são favoráveis independentemente de incentivos. O BAL é positivo para o consumidor quando este recebe incentivos superiores a 30%, onde inicia a ter lucros crescentes de até US\$ 37,95, quando este recebe 100% de incentivos. No caso do setor elétrico, os benefícios ocorrem apenas quando não são oferecidos incentivos, passando a ter custos crescentes, de até US\$ 23,46, quando dispense 100% de incentivos. Nas Figs. 5.13, 5.14 e 5.15 estão ilustrados os resultados da análise econômica desta alternativa.

VARIACAO DO CCE PELA % DE INCENTIVO

CONS: $\lambda=0,35$ E S.ELET: $\lambda=0,12$

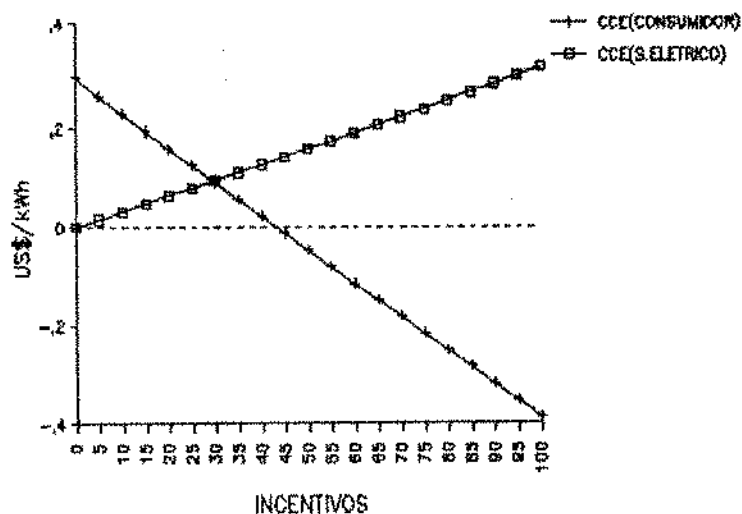


Fig. 5.13. CCE - consumidor/setor elétrico.
Substituição 5

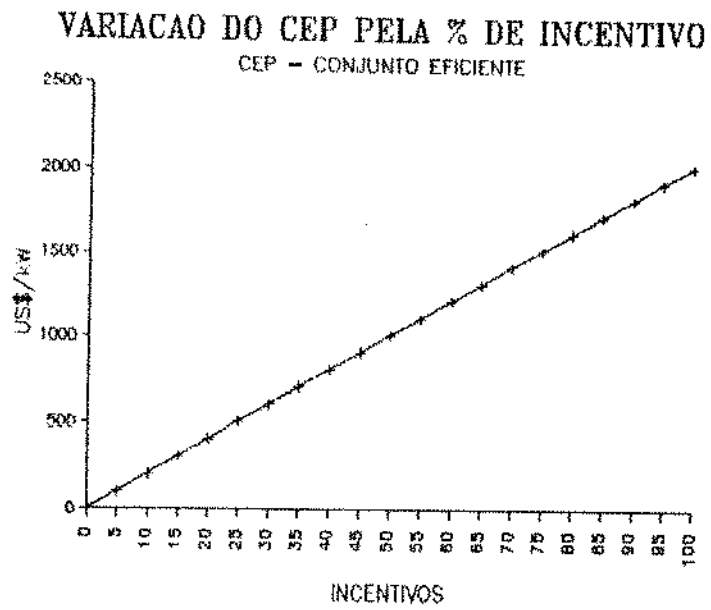


Fig. 5.14. CEP - setor elétrico.
Substituição 5

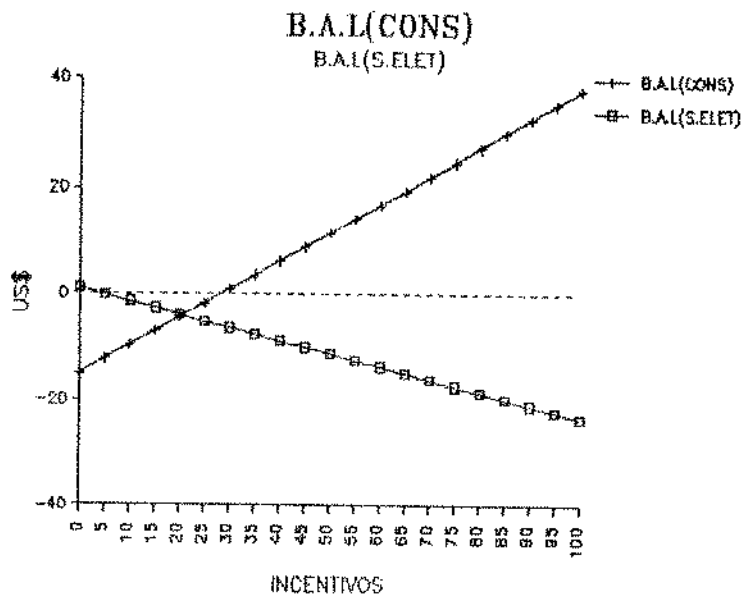


Fig. 5.15. BAL - consumidor/setor elétrico.
Substituição 5

Com o objetivo de comparar as alternativas estudadas, possibilitando ainda identificar a ordem relativa de atratividade das mesmas, encontram-se apresentadas nas Figs. 5.16, 5.17, 5.18, 5.19 e 5.20. os resultados da análise econômica de todas as alternativas por indicador utilizado. Sendo possível concluir:

O Custo da Energia Conservada, tanto para o consumidor como para o setor elétrico, identifica a ordem decrescente de atratividade para as alternativas 1,2,4,3 e 5. O Custo da Capacidade Evitada em Horário de Pico para as cinco alternativas é inferior ao custo marginal de expansão do sistema, e a ordem decrescente de atratividade, sob o enfoque do CEP, é 1,4,2,3 e 5. Com relação ao Benefício Anual Líquido auferido pelo consumidor verifica-se que a atratividade decresce com a utilização das alternativas 1,4,2,3 e 5, e no caso das alternativas 5 e 3, ocorrem custos e não benefícios quando analisa-se a situação onde o consumidor paga 100% dos investimentos. Para o setor elétrico, o BAL quando este paga a totalidade dos investimentos, implica em custos quaisquer que sejam as alternativas, apresentando por ordem decrescente de atratividade as alternativas 2,1,3,4 e 5.

Todos os critérios utilizados na análise econômica mostram a viabilidade das alternativas propostas, sendo priorizada a ordem das alternativas 1,2 e 4. Enquanto que as alternativas 3 e 5 estão vinculadas a possíveis incentivos.

Os resultados das cinco possibilidades de substituições eficientes, considerando-se o custo da energia economizada para o consumidor, sem nenhum incentivo recebido, estão apresentados na Fig. 5.16.

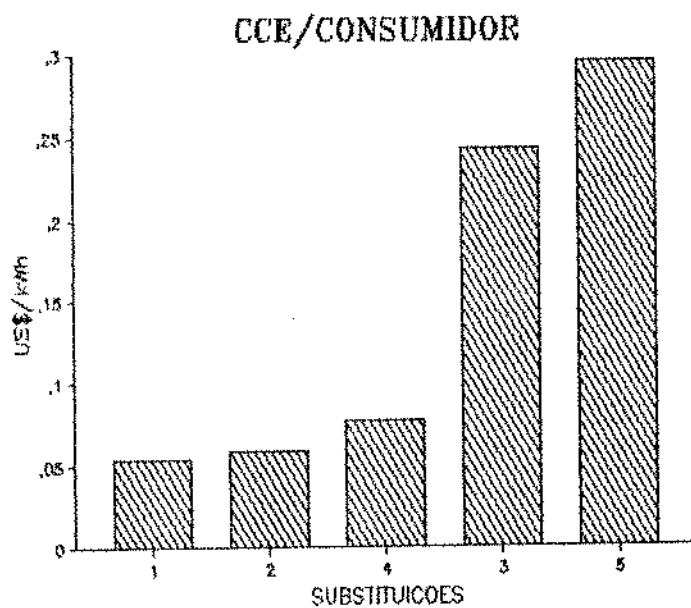


Fig. 5.16. CCE/consumidor.

Para o setor elétrico, o CCE considerando 100% de incentivo fornecido, apresenta a ordem de custos ilustrada na Fig. 5.17.

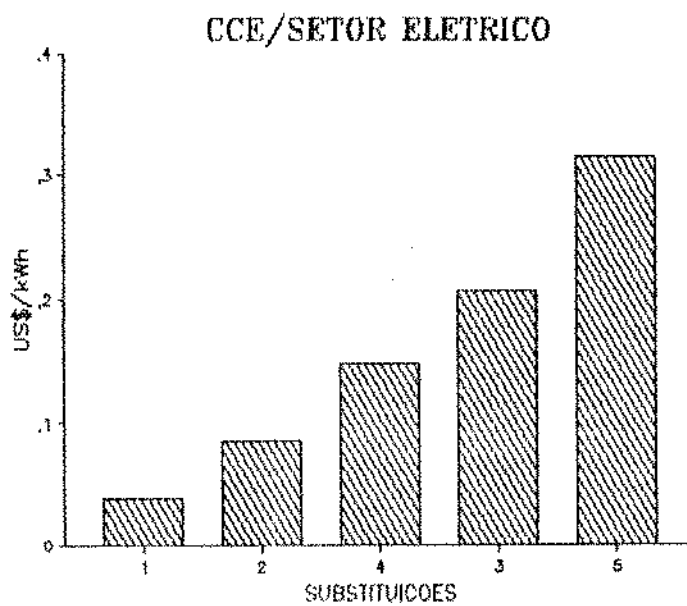


Fig. 5.17. CCE/setor elétrico.

O CEP para 100% de incentivos oferecidos pelo setor elétrico está representado na Fig. 5.18., a seguir:

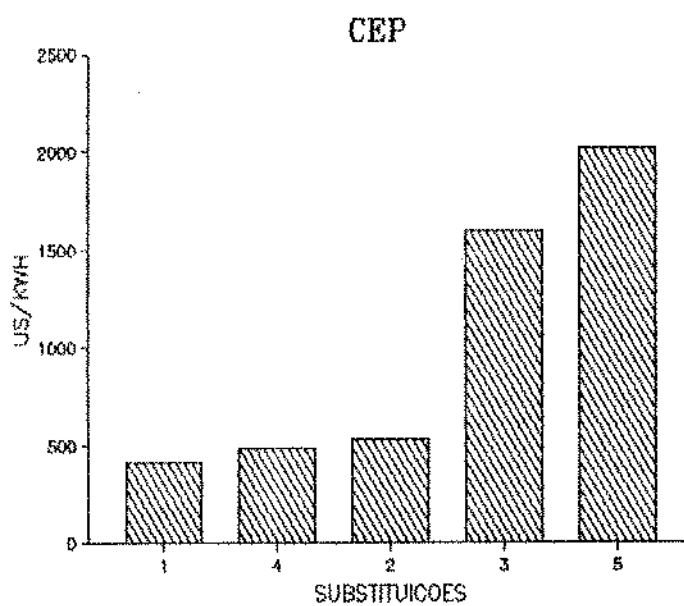


Fig. 5.18. CEP.

O BAL para o consumidor, sem nenhum incentivo recebido, está representado na Fig. 5.19.:

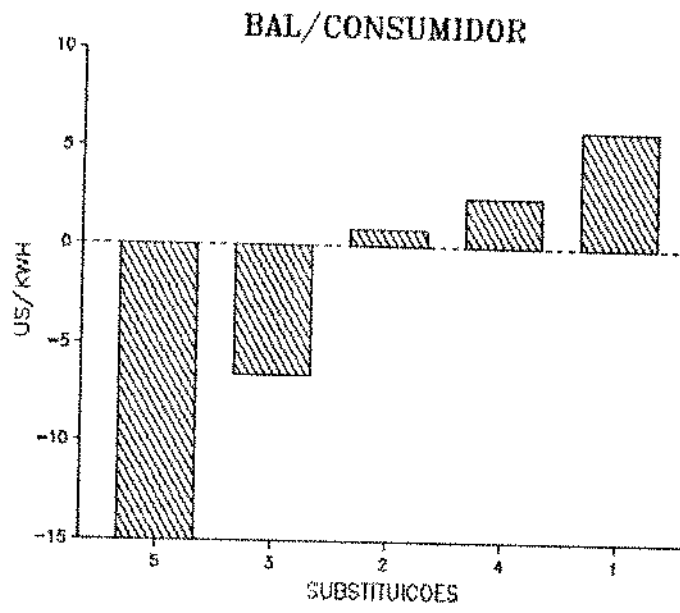


Fig. 5.19. BAL/consumidor.

O BAL do setor elétrico, com 100% de incentivo fornecido, está apresentado na Fig. 5.20.:

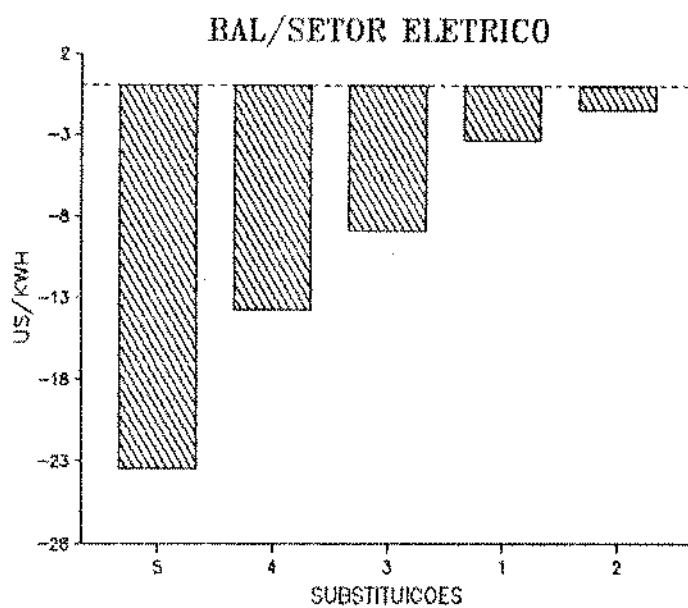


Fig. 5.20. BAL/setor elétrico.

ANÁLISE DE SENSIBILIDADE

A análise de sensibilidade é realizada com o objetivo de se verificar o grau de influência de algumas variáveis nos resultados obtidos para o Custo da Energia Conservada (CCE), nas perspectivas do consumidor e do setor elétrico; para o Custo da Capacidade Evitada em Horário de Pico (CEP) e para o Benefício Anual Líquido (BAL) do consumidor e do setor elétrico. As variáveis estudadas são: taxa de desconto aplicada no caso do consumidor e do setor elétrico, utilização mensal, vida útil e preço dos equipamentos, incluindo ainda no caso específico do BAL, a tarifa de energia elétrica. Na análise é considerado o caso específico da substituição de lâmpadas incandescentes de 75 W por lâmpadas fluorescentes de 13 W.

O objetivo é identificar a influência de possíveis alterações, como tarifa de energia elétrica, utilização do equipamento e outras, nos resultados de viabilidade, subsidiando futuras recomendações. Para isso são simuladas variações individuais nos valores assumidos para as variáveis, estando estes apresentados na Tabela 20.

Tabela 20 Variação para Análise de Sensibilidade

Variáveis	Valores			Variação(%)
tx. desconto (consum.)	26,2%	35%	43,7%	66,6%
tx. desconto (s.elet.)	9%	12%	15%	66,6%
utilização (horas/mês)	132	176	220	66,6%
vida útil (lâmpada-h)	6000	8000	10000	66,6%
vida útil (reator-h)	15000	20000	25000	66,6%
preço da lâmpada (US\$)	8,10	10,81	13,51	66,6%
preço do reator (US\$)	5,27	7,03	8,78	66,6%
tarifa de E.E (US\$/kWh)	0,076	0,102	0,127	66,6%

* Variação= ((V max - V min)/V min) x 100

CCE - Consumidor

O CCE na perspectiva do consumidor quando este não recebe nenhum incentivo na substituição, permite observar:

A **taxa de desconto** acarreta um aumento do CCE, tanto maior o valor da taxa aplicada. O CCE varia de 0,045 à 0,064 US\$/kWh, quando a taxa aplicada varia entre 26,2% e 43,7% respectivamente. Portanto quanto maior a taxa de desconto aplicada maior o CCE. Verifica-se isto quando a taxa aumenta de 1% e o CCE aumenta cerca de 0,63%.

Por outro lado, a **utilização mensal** dos equipamentos interfere de forma inversa no valor do CCE, ou seja, quanto maior a utilização mensal do equipamento menor o CCE. Os valores variam entre 0,047 (220 h/mês) e 0,067 US\$/kWh (132 h/mês). Para um aumento de 1% na utilização ocorre uma diminuição de 0,63% no custo da energia conservada.

No caso da **vida útil** dos equipamentos é possível verificar que para um aumento da vida ocorre uma diminuição do CCE. A variação do CCE fica entre 0,049 e 0,064 US\$/kWh (vida menor), apresentando um aumento de 0,45% nos custos quando ocorre um decréscimo de 1% na vida. Quanto maior a vida, menor o CCE.

Em relação às alterações dos **preços**, o CCE varia entre 0,038 e 0,07 US\$/kWh (preços maiores), ocorrendo um acréscimo de 1,26% no CCE quando os preços aumentam em 1%. Portanto quanto maior o preço dos equipamentos, maior o CCE do consumidor.

De todas as simulações referentes ao CCE/Consumidor, a que mais interfere neste é o preço dos equipamentos, fazendo com que a elevação do CCE seja inclusive superior à elevação dos preços.

CCE - SETOR ELÉTRICO

Para o caso do setor elétrico a análise do CCE é realizada para 100% de incentivos fornecidos, onde observa-se:

A variação da **taxa de desconto** aplicada para o setor faz com que o CCE aumente conforme a taxa é aumentada, da mesma forma que na perspectiva do consumidor. O aumento de 1% da taxa de desconto resulta no aumento de 0,24% do CCE. Quanto maior a taxa aplicada, maior o CCE.

Para a variação da **utilização mensal** do equipamento, quanto maior a utilização menor o CCE. Onde um aumento de 1% na utilização acarreta uma diminuição do CCE em 0,24% .

A variação da vida útil é inversamente proporcional ao CCE. O CCE varia de 0,034 à 0,049 US\$/kWh (vida menor), apresentando um aumento de 0,66% para um decréscimo de 1% da vida do equipamento.

O CCE/s.elétrico tem sua maior variação quando os preços são alterados. Para um aumento de 1% nos preços o CCE aumenta em 1,03%. Quanto maior o preço, maior o CCE.

CEP

O CEP é analisado para 100% de incentivos oferecidos pelo setor elétrico.

No caso da variação da taxa de desconto, os resultados são opostos aos encontrados para o CCE. Quanto maior a taxa de desconto empregada, menor é o CEP, que neste caso varia de 494,3 (taxa de 9%) à 361,1 US\$/kW (taxa de 15%). Para um aumento de 1% na taxa aplicada, o CEP diminuiu 0,55% .

A variação da utilização mensal do equipamento influencia diretamente o CEP. Quanto maior a utilização, maior o valor do CEP. Verifica-se que para um aumento de 1% na utilização, ocorre aumento em 0,59% do CEP.

No caso da vida útil, os resultados são semelhantes ao CCE, quanto maior a vida do equipamento, menor o custo. Para um aumento de 1% na vida do equipamento, os custos diminuíram em 0,94% .

O preço, novamente, é um fator de grande influência na determinação dos custos. Quanto maior o preço, maior o CEP. Neste caso o CEP varia entre 277,8 e 545,1 US\$/kW, totalizando um aumento de 1,44% quando os preços recebem um aumento de 1% .

Das simulações efetuadas para o CEP, as que maior sensibilidade apresentam são: preços e vida útil do equipamento.

BAL - CONSUMIDOR

No caso do BAL, na perspectiva do consumidor, os resultados são analisados para valores obtidos com nenhuma percentagem de incentivo recebido.

Neste caso, a variação da taxa de desconto interfere inversamente no BAL, quando temos taxa de desconto de 26,2% o BAL é US\$ 7,13, para uma taxa de desconto de 43,7% o BAL decresce para US\$ 4,67. Ou seja um aumento de 1% na taxa reduz o BAL em 0,79% .

Para a utilização mensal, no caso do BAL, quanto maior a utilização mensal maior o benefício obtido. A relação é significativa, visto que, quando a utilização é aumentada em 1%, o BAL aumenta 2,45% . Os valores neste caso variam entre US\$ 3,24 (132h/mês) e US\$ 8,54 para 220 h/mês .

A vida útil do equipamento interfere diretamente, logo quanto maior a vida, maior o BAL. O BAL varia entre US\$ 4,73 à US\$ 6,59, um crescimento de 0,59% para um aumento de vida útil de 1% .

Os preços são responsáveis pelo decréscimo de 1,57% do BAL, quando estes aumentam 1%. Quanto maior o preço, menor o BAL.

É avaliado também a interferência da variação da tarifa de energia elétrica. Onde para valores de 0,076 e 0,127 US\$/kWh, o BAL varia de US\$ 2,67 e US\$ 9,06 respectivamente. O aumento de 1% na tarifa faz com que BAL aumente em 3,58% . A influência da tarifa supera em muito aquela obtida com o preço e com a utilização, sendo no caso do BAL, o fator de principal sensibilidade.

BAL - SETOR ELÉTRICO

Os valores neste caso são analisados quando o setor oferece 100% de incentivos, o que faz com que todos os valores encontrados sejam negativos, indicando neste caso custos e não lucros.

A variação da taxa de desconto altera pouco os valores obtidos, onde, para uma variação de 1% das taxas, os custos aumentam em 0,38% .

A variação da utilização quando o setor não oferece nenhum subsídio é diretamente proporcional ao BAL, ou seja quanto maior a utilização, maior o BAL. Conforme é aumentada a percentagem de incentivo oferecido, a relação é alterada e para 100% de incentivo oferecido, quanto maior a utilização menor o BAL. Os valores do BAL variam entre -US\$ 2,86 (132h/mês) à - US\$ 3,88 (220 h/mês), ou seja o BAL aumenta em 0,53%, enquanto a utilização aumenta em 1% .

No caso da vida útil quanto maior a vida, menor o prejuízo. Para um aumento de 1% da vida, o prejuízo decresce em 1,12%.

A variação dos preços é diretamente proporcional ao custo, quanto maiores os preços maior é o custo. O BAL aumenta 1,77% , quando os preços aumentam em 1% .

A tarifa de energia elétrica é responsável pelo decréscimo do BAL, que neste caso representa custos, conforme esta vai diminuindo. Para um decréscimo de 1% na tarifa, o BAL decresce 91,4% , variando entre - US\$ 6,5 (quando a tarifa é 0,127 US\$/kWh) e - US\$ 0,105 (tarifa de 0,076 US\$/kWh).

A Tabela 21 mostra as relações de sensibilidade apresentadas neste estudo, para variações de 1%.

Tabela 21 Relação de Sensibilidade (1)

	CCE/C.	CCE/s.e.	CEP	BAL/C.	BAL/s.e.(2)
tx.desconto					
+ 1%	+0,63%	+0,24%	-0,55%	-0,78%	+0,38%
utilização					
+ 1%	-0,63%	-0,24%	+0,59%	+2,45%	+0,53%
vida útil					
+ 1%	-0,45%	-0,66%	-0,94%	+0,59%	-1,12%
preços					
+ 1%	+1,26%	+1,03%	+1,44%	-1,57%	+1,77%
tarifa					
+ 1%	_____	_____	_____	+3,58%	+91,4 %

Notas: (1) considera-se a variação de apenas um parâmetro de cada vez.

(2) representa os custos do setor elétrico, não benefícios como no caso do consumidor.

Quando variamos igualmente e individualmente os cinco parâmetros é possível identificar em qual indicador a sua influência é mais significativa, e ao analisar os dados da Tabela 21, onde para um aumento de 1% no valor das variáveis, constata-se:

Sob a taxa de desconto, o BAL do consumidor é o que apresenta maior sensibilidade, diminuindo 0,78% , sendo logo em seguida o CCE do consumidor que aumenta 0,63% quando ocorre aumento de 1% da taxa aplicada.

Para o aumento da utilização mensal apresenta-se mais sensível o BAL do consumidor (aumento de 2,45%), seguido pelo CCE do consumidor (decréscimo de 0,63%).

Para a variação da vida útil do equipamento apresenta-se mais sensível o BAL do setor elétrico, seguido pelo CEP. Ocasionalmente um decréscimo de 1,12% no BAL e 0,94% no CEP.

No caso dos preços, o BAL do setor elétrico e do consumidor apresentam-se mais sensível, onde para um aumento de 1% nos preços, ocorre um aumento de 1,77% e uma diminuição de 1,57% respectivamente.

A variação da tarifa só influencia o BAL, sendo mais determinante no caso do setor elétrico, onde ocorre um aumento de 91,4% .

Toda a análise de sensibilidade está representada graficamente, no anexo 7, onde é possível se verificar, com detalhes, a sensibilidade dos indicadores à alteração dos valores das variáveis.

PROJEÇÃO DE MERCADO DOS EQUIPAMENTOS MAIS EFICIENTES

Com o objetivo de se projetar a economia de energia passível de obtenção com as substituições de equipamentos tradicionais pelos estudados neste capítulo, são projetadas a penetração de mercado daqueles equipamentos para o período de 1989 à 2010.

O número de equipamentos vendidos anualmente está apresentado na Tabela 22 (Eletrobrás, 1990).

Tabela 22 Vendas Anuais (em milhares de unidades)

	1987	1988	1989	1990(1)
Incandescente				
60/100W		143.000	154.000	88.000
Inc. Econômica	40.000	48.000	40.000	9.000
Fluorescente				
20/40W		28.000	37.400	
Fluor. Susap		300	300	
Fluor. TLD				
16/32W	410(2)	400	600	400
Fluor. Compacta	100	120	300	200
Reator simples				
20/40W			7.740	
Reator duplo			3.300	
Reator 16/32W			300	
Reator híbrido			200	
20/40W				

(1) 1o. semestre

(2) inclui Susap (lâmpadas de 37 W de potência fabricadas pela Silvania)

fonte: Abilux

Considerando-se que os dados disponíveis não formam uma série histórica, o que possibilitaria a utilização de metodologias específicas para projeção, são então utilizados alguns critérios para prever a penetração dos equipamentos mais eficientes, sendo eles:

Levantamento das Vendas Anuais de Equipamentos

O ano base para as projeções é 1989, por ser o último ano com dados completos de vendas de equipamentos, assumindo-se valores separados para reposição e instalações novas, a hipótese empregada consta na Tabela 23.

Tabela 23 Vendas Anuais de Equipamentos para Iluminação-1989
Setor terciário (x 1000)

Equipamento	Vendas Reposição	Vendas Inst. Novas	Total
incandescente	49.470	8.730	58.200
fluorescente	15.708	5.984	21.692
reator (duplo) p/ fluor. comum	1.283	2.992	4.275
luminária para fluorescente	428	2.992	3.420
conj. completo		2.992	2.992

Para construção da tabela acima considera-se que 30% do número de incandescentes vendidas e 58% das fluorescentes o são para o setor terciário¹³, assume-se que essas lâmpadas fluorescentes tenham a potência de 40 W e no caso das incandescentes a potência média de 75 W. Assumindo-se também que 58% do número dos reatores atenda este setor.

Considera-se ainda que 30% das vendas de reatores são para manutenção das instalações já existentes, e os demais destinados às instalações novas¹³. No caso dos reatores simples, o número de vendas foi dividido por dois, estimando-se assim a quantidade de reatores duplos.

O número de fluorescentes destinadas à instalações novas foi igual ao número de reatores duplos para instalações novas, multiplicado por dois.

No caso das luminárias é considerado para instalações novas o mesmo número de reatores duplos dispendidos, devido à média adotada ser duas lâmpadas por luminária.

O mesmo ocorre no caso dos conjuntos completos, onde é considerado também o mesmo número de reatores dispendidos para instalações novas.

Quanto às lâmpadas incandescentes considera-se que 15% das vendas são para instalações novas¹³.

¹³ Essas participações percentuais foram sugeridas pelo Prof. Libbe Smit, consultor de iluminação.

Previsão de Vendas Futuras dos Equipamentos de Iluminação

A previsão é realizada separadamente para os equipamentos destinados a instalações novas e os de manutenção, onde considerou-se um cenário de crescimento econômico.

Este cenário emprega para o setor terciário um crescimento do PIB com taxas de 0,7% no ano de 1990, 1% para 1991, 2,5% para 1992, 4,5% para o período de 1993 à 2000, e após esse período¹⁴ um crescimento constante de 5% ao ano até 2010 (CESP, 1991). Sendo estas taxas utilizadas para o cálculo do número de equipamentos necessários anualmente para instalações novas.

Penetração dos Equipamentos mais Eficientes

Na penetração dos equipamentos adota-se que a introdução ocorrerá somente em instalações novas, nas proporções apresentadas na Tabela 24, que resultam da ordem de atratividade identificada na análise econômica, com alteração feita para o ordem relativa das substituições 3 e 4, devido as limitações de natureza estética que possam dificultar a penetração mais acentuada das luminárias reflexivas em relação aos reatores eletrônicos.

¹⁴ Para o período de 2001 à 2010 foi estimado pela autora o crescimento constante de 5% ao ano, acompanhando a tendência verificada no período anterior.

Tabela 24 Penetração dos equipamentos nas instalações novas

Ano	Fluor.Comp. 1 (%)	Fuor.N.G. 2 (%)	R.Elet. 3 (%)	Lum.Refl. 4 (%)	Completo 5 (%)
1991	2,5	5	1	1	0,5
1992	5,0	10	2	2	1,0
1993	7,5	15	4	3	1,5
1994	10,0	20	6	4	2,0
1995	12,5	25	8	5	2,5
1996	15,0	30	10	6	3,0
1997	17,5	35	12	7	3,5
1998	20,0	40	14	8	4,0
1999	22,5	45	16	9	4,0
2000	25,0	50	18	10	5,0
2001	27,5	55	20	11	5,5
2002	30,0	60	22	12	6,0
2003	32,5	65	24	13	6,5
2004	35,0	70	26	14	7,0
2005	37,5	75	28	15	7,5
2006	40,0	80	30	16	8,0
2007	42,5	85	32	17	8,5
2008	45,0	90	34	18	9,0
2009	47,5	95	36	19	9,5
2010	50,0	100	38	20	10,0

Reposição dos Equipamentos nas Novas Instalações

A reposição é cumulativa, sendo que ocorre a cada 3 anos, para a lâmpada compacta fluorescente e fluorescente de nova geração, enquanto que os reatores serão repostos a cada 7 anos, as luminárias a cada 10 anos e o conjunto completo a cada 9 anos. Estas reposições são consequências da vida útil dos equipamentos e do fator de utilização dos mesmos, onde adota-se:

.lâmpada fluorescente compacta e de nova geração possui vida média de 8.000 horas e são utilizadas 10 horas por dia, 22 dias por mês.

.reatores para lâmpadas fluorescentes possui uma vida média de 20.000 horas e são utilizados 10 horas por dia, 22 dias por mês.

.luminária reflexiva possui uma vida média de 10 anos, e no caso do conjunto completo considerou-se uma vida média de 9 anos.

Na Tabela 25 e nas Figs. 5.21 à 5.25. apresentam-se a previsão dos equipamentos convencionais e mais eficientes, de acordo com o cenário especificado, até o ano 2010.

Tabela 25 Previsão de Mercado dos Equipamentos

ANO	INCANDESCENTE NUM X MIL	FUORESCENTE (x MIL)	REATOR(DUPL0) (x MIL)	LUM.CONV. (x MIL)	CONJ.CONV. (x MIL)	FL.COMPACTA (x MIL)	FL."TLD" (x MIL)	R.ELET. (x MIL)	LUM.REFL. (x MIL)	CONJ.EFICIENTE (x MIL)
1989	58200	21692	4275	3420	3420	0	0	0	0	0
1990	58607	21844	4305	3444	3444	0	0	0	0	0
1991	59193	22062	4348	3478	3478	222	152	30,4	30,4	15,2
1992	60673	22614	4457	3565	3565	455	312	62,4	62,4	31,2
1993	63404	23631	4657	3726	3726	713	489	130,3	97,7	48,8
1994	66257	24695	4867	3893	3893	1216	833	204,4	136,2	68,1
1995	69238	25806	5086	4069	4069	1753	1201	284,7	177,9	89
1996	72354	26967	5315	4252	4252	2341	1605	371,9	223,1	111,5
1997	75610	28181	5554	4443	4443	3201	2193	466,4	272,1	136
1998	79012	29449	5804	4643	4643	4123	2827	599,1	324,9	162,4
1999	82568	30774	6065	4852	4852	5128	3515	741,6	382,1	191
2000	86284	32159	6338	5070	5070	6436	4411	928,8	443,6	222
2001	90598	33767	6655	5324	5324	7860	5388	1135	542,6	271,3
2002	95127	35455	6987	5590	5590	9409	6449	1360	649,2	324,6
2003	99884	37228	7337	5870	5870	11305	7749	1604	765,2	382,6
2004	104878	39089	7704	6163	6163	13366	9162	1868	891	445,5
2005	110122	41044	8089	6471	6471	15603	10695	2184	1027	513,5
2006	115628	43096	8493	6795	6795	18242	12504	2524	1174	587
2007	121409	45251	8918	7134	7134	21106	14467	2926	1333	666
2008	127490	47513	9364	7491	7491	24208	16593	3364	1504	752
2009	133854	49889	9832	7865	7865	27779	19041	3837	1689	845
2010	140546	52384	10324	8259	8259	31647	21693	4350	1889	945

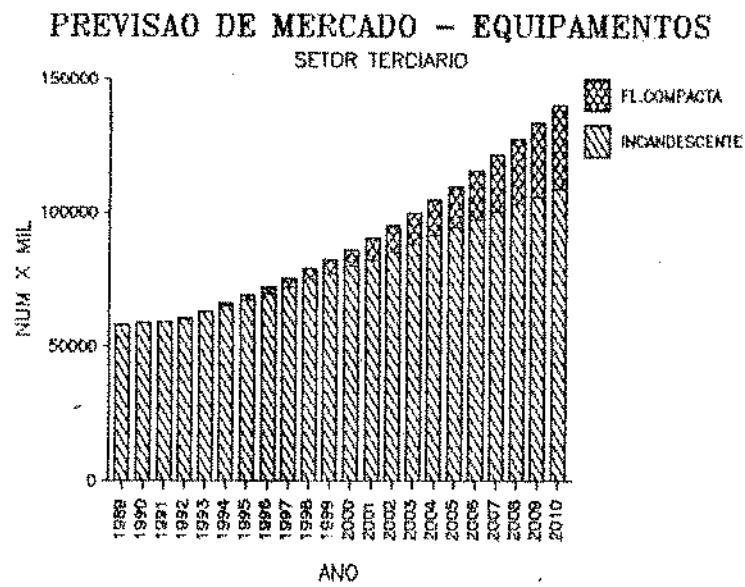


Fig. 5.21. Previsão de mercado de incandescentes e fluorescentes compactas.

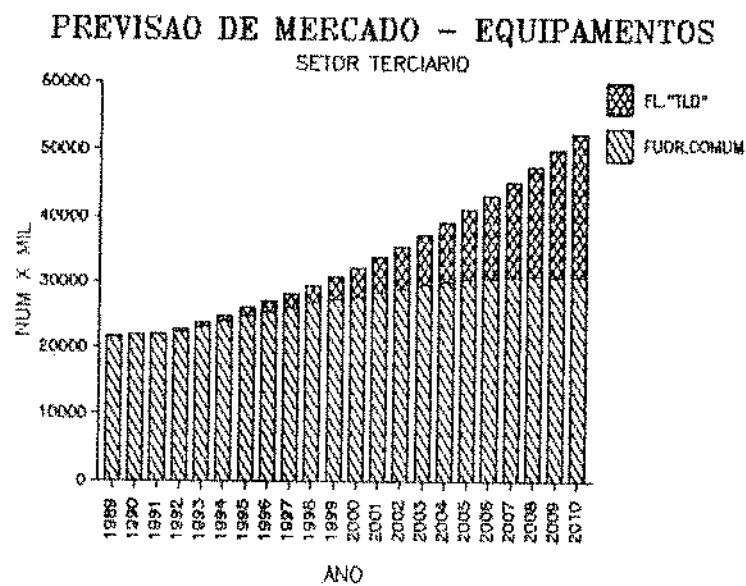


Fig. 5.22. Previsão de mercado de fluorescentes de 40 e 32 W.

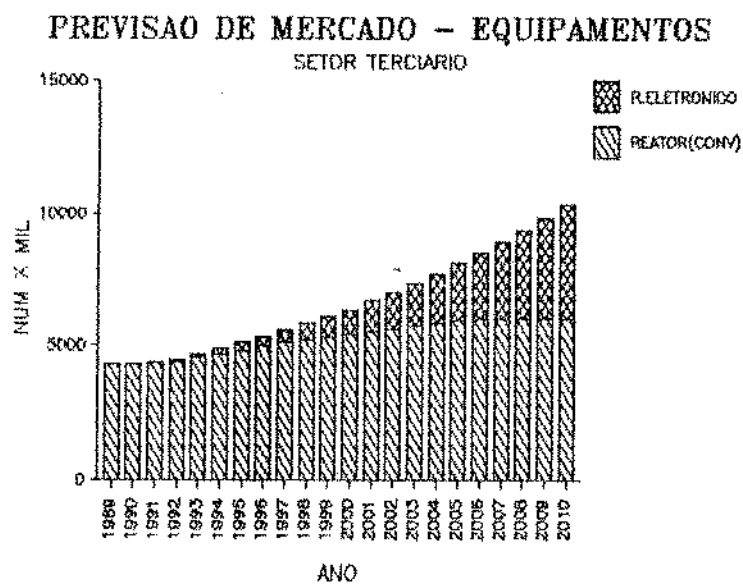


Fig. 5.23. Previsão de mercado de reatores eletromagnéticos e eletrônicos.

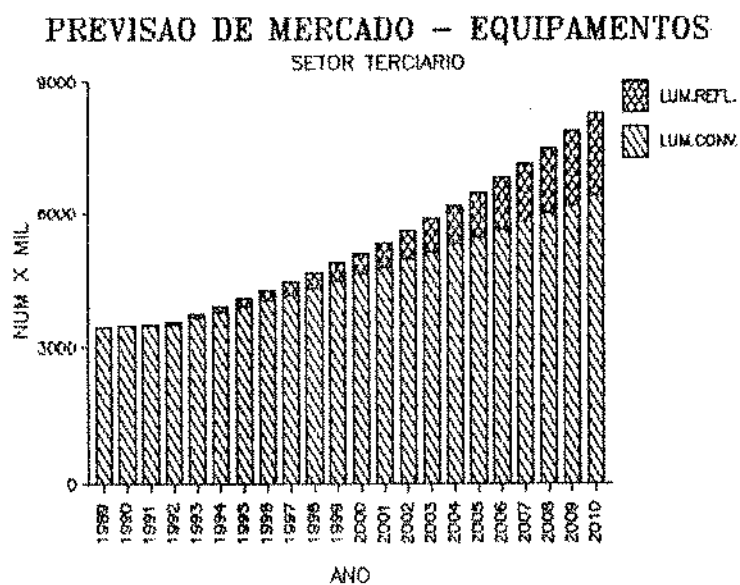


Fig. 5.24. Previsão de mercado de luminárias convencionais e reflexivas.

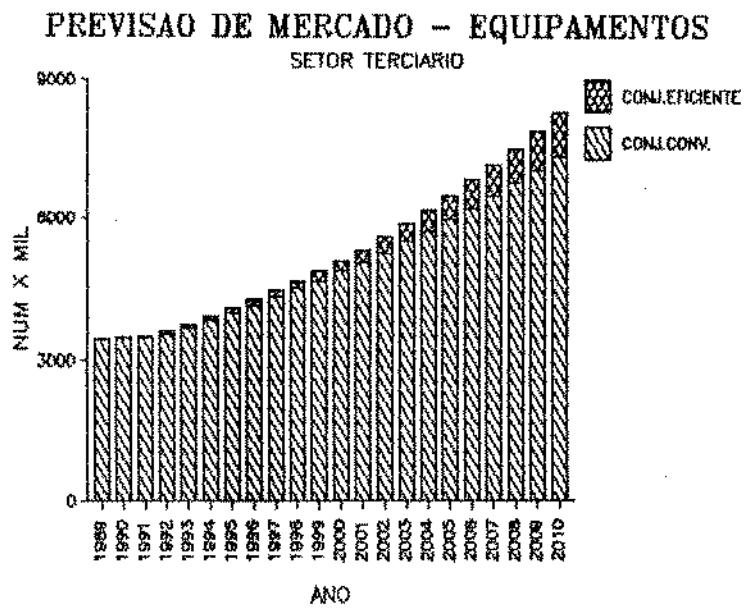


Fig. 5.25. Previsão de mercado de conjuntos completos convencionais e eficientes.

POTENCIAL DE CONSERVAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA E REDUÇÃO DE POTÊNCIA REQUERIDA NO ANO 2010.

Resultados Obtidos com as Cinco Alternativas

A adoção unitária das cinco alternativas separadamente, implica na redução do consumo de energia elétrica e da potência instalada conforme está apresentado na Tabela 26.

Tabela 26 Redução de consumo e potência com as substituições

Substituição	Economia Anual (kWh/ano)	Pot. Evitada (W)	Pot.Evitada* no pico (W)
alternativa 1	156,8	59,4	77,6
alternativa 2	25,3	9,6	12,5
alternativa 3	58,0	22,0	28,7
alternativa 4	126,7	48,0	62,7
alternativa 5	97,1	36,8	48,1

(*) potência necessária no ponto de geração e no horário de pico do sistema, onde considera-se um fator de disponibilidade de 0,9 e perdas elétricas de 15% .

Como resultado do cenário construído é previsto economizar no ano 2010, cerca de 6,09 tWh, com a utilização simultânea das substituições estudadas, sendo apresentadas na Tabela 27 as participações de cada uma destas na economia de energia elétrica e na potência instalada.

Tabela 27 Consumo e potência economizada no ano 2010

Substituição	Economia de E.E (gWh)	Potência Evitada no pico (MW)
Alternativa 1	4.962	2.456
Alternativa 2	549	271
Alternativa 3	252	125
Alternativa 4	239	118
Alternativa 5	92	45
TOTAL	6.094	3.015

A Fig. 5.26. apresenta o custo da energia conservada para o consumidor, quando este não recebe nenhum incentivo na compra do equipamento, e o potencial de conservação de energia elétrica com as substituições estudadas.

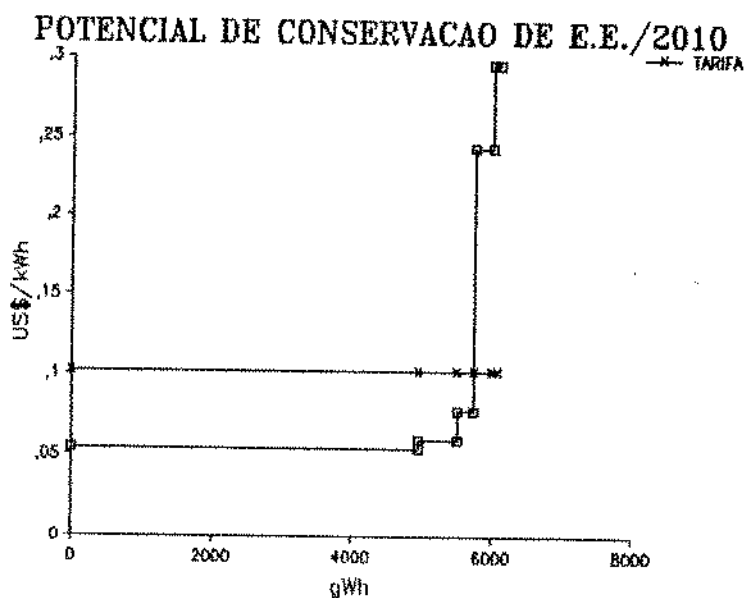


Fig. 5.26. Curva de suprimento da energia conservada.

A Fig. 5.27 apresenta a potência evitada no ano 2010 com a utilização dos equipamentos eficientes, e os respectivos custos (CEP) das substituições quando o setor elétrico paga todos os equipamentos.

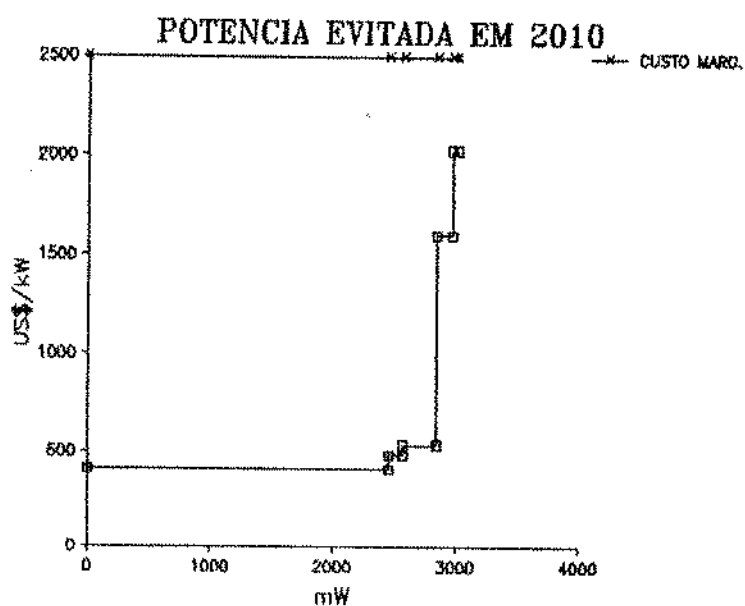


Fig. 5.27. Curva de suprimento da potência evitada.

Resultado Geral

Complementando-se as cinco substituições de conservação de energia anteriormente descritas, são também estimadas as penetrações de sensores de presença e da troca programada de lâmpadas, estudadas no capítulo 4 (estudo 3).

Assim, a estimativa de redução de consumo para o ano 2010, é consequência da relação do número de lâmpadas fluorescentes instaladas e a redução de consumo obtida na instalação estudada. No caso do sensor de presença, o andar estudado tem 112 lâmpadas instaladas com um sensor alocado, que possibilita a redução de 567,7 kWh/ano. Assumindo que em 2010, 50% das edificações utilizem sensores de presença a cada 112 lâmpadas, e com o cenário proposto de 52.384.000 lâmpadas fluorescentes instaladas, é possível uma redução de 132,7 gWh/ano 2010 com a utilização do sensor. O custo da energia conservada, neste caso, é 0,042 US\$/kWh.

No caso da troca programada de lâmpadas, a previsão também acompanha a proporção encontrada no estudo 3, onde para um andar com 112 lâmpadas e adoção da troca programada, proporciona uma redução de 2.839 kWh/ano. Para o ano 2010, as 52.384.000 lâmpadas instaladas viabilizaram através da troca programada em 50% das instalações, uma economia de 663 gWh/ano 2010, com custo para o consumidor (CCE) de 0,0525 US\$/kWh economizado.

Tanto o sensor de presença (alternativa 6) como a troca programada de lâmpadas (alternativa 7) apresentam custos inferiores às cinco alternativas anteriores. Totalizando a economia de 6,8 tWh no consumo de energia elétrica no ano 2010, com a adoção das sete alternativas estudadas neste trabalho.

Na Fig. 5.28. encontram-se os custos de todas as alternativas estudadas neste trabalho, com as economias de consumo de energia elétrica projetadas para o ano 2010.

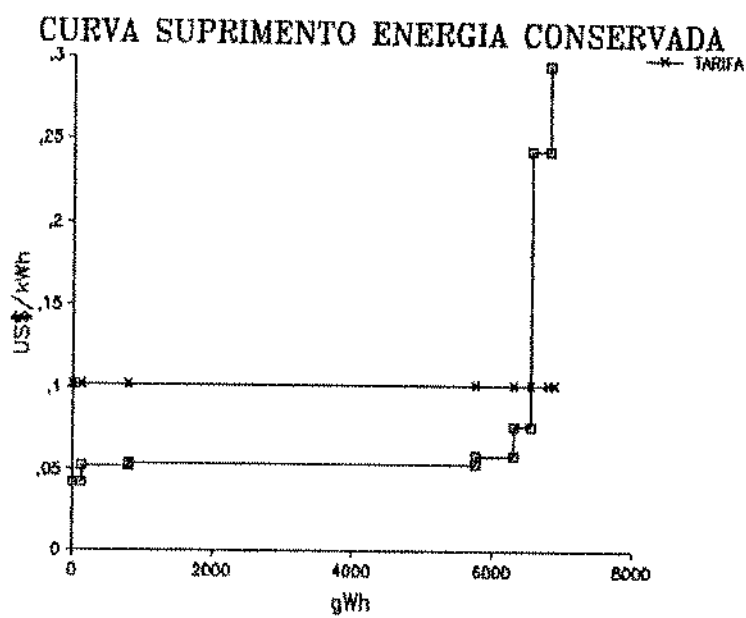


Fig. 5.28. Curva geral de suprimento da energia conservada.

CAPÍTULO 6 - CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Com o cenário e as substituições consideradas neste trabalho, conclui-se que será possível economizar no ano 2010, 6,8 TWh no consumo de iluminação do setor terciário. Isto representa 66,6% do total das metas previstas pela Eletrobrás para este setor, quando utilizado o cenário moderado (em relação aos recursos e medidas a serem implantadas), e 38,8% do total das metas do cenário mais otimista. É possível concluir que os resultados dessa tese são bastante significativos, uma vez que são decorrentes apenas de um único uso final (iluminação) e de um cenário conservador, onde a penetração dos equipamentos mais eficientes ocorre gradativamente e somente em novas instalações.

Com o objetivo de se analisar a viabilidade econômica das substituições propostas foram utilizados os indicadores CCE, CEP e BAL, respectivamente, custo da energia conservada, custo da capacidade evitada no horário de pico, e benefício anual líquido, tomando por base, tanto o ponto de vista do consumidor, como do setor elétrico, exceção ao CEP, que é relativo somente ao setor elétrico. O método permitiu a identificação das alternativas de maior atratividade e os limites financeiros de possíveis incentivos na redução do preço final do equipamento a ser utilizado pelo consumidor. Tais incentivos representam variações no preço final do equipamento, que podem ter diferentes naturezas, como a participação governamental, através da redução de impostos incidentes nos equipamentos mais eficientes; participação do setor elétrico, através de investimentos na aquisição dos equipamentos para o consumidor; e participação do fabricante, através da redução do preço final dos equipamentos, visando à penetração de mercado dos mesmos. Tal método também foi utilizado nos estudos práticos constantes nesta tese, onde a análise foi realizada, sob o ponto de vista do consumidor e do setor elétrico.

Foram realizados três estudos práticos, analisando a viabilidade econômica de alternativas de conservação de energia: no primeiro estudo- um edifício de escritórios com diversos andares padronizados- a substituição de lâmpadas incandescentes por fluorescentes compactas e das fluorescentes de 40 W pelas de 32W, possibilita uma redução de 112.500 kWh/ano no consumo de energia elétrica, com CCE e CEP bastante atrativos e benefício anual líquido de US\$ 9.429 para o consumidor, que, no caso, paga a totalidade dos custos envolvidos na reforma do sistema de iluminação, além de uma redução de 32,5 kW; o segundo estudo- uma edificação térrea com diversos ambientes fechados, também para o uso de escritórios- identifica um superdimensionamento da instalação existente, onde a substituição de reatores eletromagnéticos por reatores eletrônicos e luminárias convencionais de cinco lâmpadas por luminárias reflexivas de duas lâmpadas, resulta na redução de 97.896 kWh/ano e 47,3 kW de potência evitada. A viabilidade econômica é satisfatória, apresentando CCE e CEP viáveis sob todos os possíveis incentivos, diferentemente do estudo anterior, permitindo assim, um benefício anual líquido de US\$ 10.109 ao consumidor, quando este arca com a totalidade dos custos; o terceiro estudo- um projeto para um edifício novo de diversos andares de escritórios- simula a realização de trocas programadas de lâmpadas e a implantação de dispositivo para controle da utilização do sistema em ambiente de pouco uso. Verifica-se que, com CCE de 0,052 e 0,042 US\$/kWh respectivamente, é possível reduzir 34.062 kWh/ano no consumo da edificação estudada.

Como os estudos realizados refletem resultados específicos para as edificações estudadas, foram calculados os custos e benefícios unitários das principais alternativas que possibilitam a economia de energia elétrica em sistemas de iluminação de edificações, a fim de se generalizar o processo de análise, a saber: substituição de lâmpada incandescente por fluorescente compacta; lâmpada fluorescente de 40 W pela de 32 W; reator eletromagnético por reator eletrônico; luminária convencional por luminária reflexiva e conjunto convencional por conjunto eficiente. Como resultado, concluímos que as substituições de lâmpada incandescente por compacta fluorescente, fluorescente de 40 W por fluorescente de 32 W e luminária convencional por luminária reflexiva, apresentam CCE's, para o consumidor, inferiores ao valor da tarifa de energia elétrica, mesmo quando o consumidor não recebe nenhum incentivo.

Para o setor elétrico, quando analisados os custos decorrentes dos incentivos oferecidos para a compra de equipamento, verifica-se que é possível arcar, no mínimo, com 50% do valor deste, nas substituições analisadas, exceto na aquisição do conjunto eficiente, onde a viabilidade é limitada a incentivos de 35%, sempre com custos inferiores ao marginal. Quanto à potência evitada no horário de pico, todas as propostas avaliadas, apresentam custos inferiores ao marginal de expansão do kW instalado. Os benefícios financeiros (lucros) para o consumidor são crescentes com as substituições de fluorescente de 40 W por 32 W, incandescente por fluorescente compacta e luminária convencional por reflexiva, na ordem, independente de qualquer incentivo. Já as substituições de reatores eletromagnéticos por eletrônicos e o conjunto convencional pelo eficiente, só apresentam lucros se forem recebidos incentivos superiores a 35% e 30% respectivamente. Os benefícios (BAL) para o setor elétrico estão vinculados, em cada substituição, na percentagem de incentivos fornecidos, e quando este paga a totalidade dos investimentos, não ocorrem lucros e, sim, custos para o setor.

As alternativas estudadas, individualmente e nos estudos práticos, apresentam a seguinte prioridade, quanto ao custo da energia conservada e respeitando os limites de atratividade para o consumidor: utilização do sensor de presença em ambiente de pouco uso (0,042 US\$/kWh); troca programada de lâmpadas (0,052 US\$/kWh); substituição de lâmpada incandescente de 75 W por fluorescente compacta de 13 W (0,054 US\$/kWh); substituição de lâmpada fluorescente de 40 W por 32 W (0,059 US\$/kWh); luminária para lâmpada fluorescente modelo convencional por luminária reflexiva (0,077 US\$/kWh); reator eletromagnético por reator eletrônico, quando recebidos incentivos iguais ou superiores a 40% do valor do equipamento, e conjunto convencional por conjunto eficiente, com incentivos recebidos iguais ou superiores a 35%.

A viabilidade das alternativas de conservação de energia foi levantada para consumidores comerciais de baixa tensão, tipo "B3". No caso de consumidores comerciais de alta tensão, tipo "A4", onde se considera a tarifa de 0,063 US\$/kWh e o custo marginal de 0,076 US\$/kWh, os resultados apresentam algumas diferenças. Para o consumidor "A4", as substituições que apresentam atratividade, independentemente de qualquer incentivos, são as substituições de incandescente por fluorescente compacta e fluorescente de 40 W por fluorescente de 32 W. Quando este consumidor recebe 50% de incentivos, todas as alternativas são economicamente viáveis, quando comparadas à tarifa de energia elétrica. Na perspectiva do setor elétrico, os incentivos oferecidos ao consumidor de alta tensão, podem ser de 100%, somente na substituição de lâmpada incandescente por fluorescente compacta. No caso de incentivos de 50%, a viabilidade ocorre

também para a substituição de fluorescente de 40 W por 32 W e da luminária convencional por luminária reflexiva. Os custos da energia conservada com a troca programada de lâmpadas e com a utilização do sensor de presença são também inferiores à tarifa do consumidor "A4", mantendo a atratividade.

Os resultados obtidos na análise de viabilidade decorrem de valores assumidos para algumas variáveis, tais como: preço dos equipamentos, horas de utilização anual, vida útil, e taxas de desconto empregadas para o consumidor e para o setor elétrico. A alteração destes valores implica, é claro, na alteração dos resultados obtidos, conforme verificado na análise de sensibilidade realizada. O preço do equipamento é o item que mais influencia a análise; uma diminuição deste ocasiona a diminuição acentuada dos CCE e CEP e um aumento significativo do BAL, nas perspectivas analisadas. Quanto maior a vida útil do equipamento, menores os seus custos (CCE e CEP) e maiores os benefícios econômicos alcançados, enquanto que o aumento da utilização mensal do equipamento diminui o CCE, aumentando o CEP e o benefício anual do consumidor. No caso da taxa de desconto, quanto maior a taxa, maior o custo da energia conservada e menores os benefícios econômicos com a substituição. A tarifa e o custo marginal não interferem no custo da energia e potência evitada (CCE e CEP), porém, determinam o limite da viabilidade econômica. Quanto maiores forem as tarifas e os custos marginais, maior a atratividade de investimentos em conservação de energia elétrica.

Conclui-se, após a análise, sob diferentes perspectivas, que o investimento em equipamentos ou instalações, que consomem uma menor quantidade de energia elétrica, é um negócio atrativo.

Apesar dos benefícios, inclusive os econômicos, existe ainda hoje uma grande dificuldade na efetiva realização de investimentos em conservação de energia elétrica, uma vez que fatores, como a visão de curto prazo adotada face às incertezas econômicas por que o país atravessa, implicam na escolha dos equipamentos de menor preço. Contribui também a falta de conhecimento sobre eficiência dos equipamentos e sua conseqüente redução de consumo. No caso específico de projetos de sistemas de iluminação, a carência de técnicos especializados dificulta a boa qualidade dos mesmos, inclusive, quanto ao dimensionamento. Isto implica, no caso de super dimensionamento, a exemplo do segundo estudo prático, em um consumo desnecessário de energia elétrica e em investimentos supérfluos em equipamentos, que poderiam ser alocados na compra dos de maior eficiência. Os valores tarifários vigentes também não são um bom estímulo para se investir em equipamentos mais eficientes. Verifica-se que, em determinados grupos tarifários, estes valores são

inferiores ao custo marginal de geração e, evidentemente, uma tarifa baixa incentiva o desperdício.

Assim, identificados os benefícios e problemas relacionados com a conservação de energia elétrica em iluminação, recomenda-se uma maior difusão das medidas e equipamentos disponíveis, através de campanhas publicitárias de divulgação de suas vantagens técnicas e econômicas. Recomenda-se, ainda, incluir a conservação de energia em currículos de cursos, como engenharia e arquitetura, visando a oferecer formação técnica aos novos profissionais, e aos cursos de especialização para os profissionais, já atuantes no mercado.

A grande diferença de preço, entre os equipamentos convencionais e de grande eficiência, pode ser minimizada com a implantação de uma política de incentivos, reduzindo, assim, o preço dos equipamentos para o usuário. Estes podem ser efetivados, através de contribuições governamentais e do próprio setor elétrico, separada ou conjuntamente, respeitando-se seus níveis de atratividade.

No caso do governo, uma redução ou isenção do IPI e ou ICMS incidentes em equipamentos eficientes e com baixo consumo de energia elétrica, associada à adequação das tarifas de energia aos valores reais de geração, transmissão e distribuição, incentivam sua conservação. Ainda a nível governamental, recomenda-se a alteração dos códigos de obra visando a incentivar e a facilitar as edificações de maior eficiência energética. Já para o setor elétrico, a participação, nos investimentos de aquisição dos equipamentos, resulta em custos inferiores ao custo marginal do kWh e do kW, conforme aqui demonstrado. Esta participação deve ser priorizada, para os casos de grande utilização do equipamento, onde a economia é mais significativa e o CCE é menor.

A sociedade, através de seus especialistas, deve revisar as normas técnicas existentes, buscando padrões mínimos de eficiência e proibindo os desperdícios. E, finalmente, que as pesquisas dos fabricantes de equipamentos sejam direcionadas na busca de equipamentos eficientes, com menores custos e maior vida útil, sem prejuízo da qualidade, a exemplo do que já vem ocorrendo com alguns de melhor visão de mercado. Tal atitude resulta na redução do preço final e no custo operacional do equipamento, com conseqüente crescimento do mercado, propiciando, assim, maiores lucros, através dos valores envolvidos e da economia de escala. Dos equipamentos que necessitam de maiores desenvolvimentos, destacam-se as luminárias, cuja eficiência precária dos modelos disponíveis no mercado acarreta perdas significativas do fluxo luminoso emitido pelas lâmpadas.

Os resultados de economia, previstos neste trabalho, decorrem da utilização dos equipamentos eficientes, somente nas instalações novas, a partir de 1991 e suas manutenções. Embora aqui não tenha sido quantificado o potencial de economia nas substituições de instalações já existentes, esta é recomendada, visto que apresenta viabilidade, devido ao custo da energia conservada ser menor que o marginal de expansão. Isto possibilita uma redução ainda maior no consumo de energia, favorecendo acentuadamente os resultados da projeção realizada neste trabalho.

Não foram aqui quantificados os benefícios da redução da carga térmica das edificações, nem os ambientais, decorrentes da conservação de energia, que favorecem ainda mais a opção por alternativas de menor consumo energético. É possível estimar que a redução de 6,8 TWh no consumo de energia elétrica com iluminação, possibilite a redução de aproximadamente 2,9 TWh¹⁵, com o condicionamento de ar das mesmas edificações, para o ano 2010. Essa conseqüente economia de energia elétrica com o condicionamento ambiental intensifica as vantagens, decorrentes da redução de consumo dos sistemas de iluminação.

A conservação de energia é, portanto, uma tarefa de todos, Governo, Sociedade e Empresariado. Os equipamentos e condições para se alcançarem as metas existem e estão disponíveis; o que falta é uma melhor divulgação, um trabalho de marketing que deve ser feito por todos, uma vez que conservar energia é uma daquelas oportunidades raras de bom negócio, onde todos os parceiros ganham e quem perde é o desperdício, que hoje existe.

¹⁵Utilização de ar condicionado central com resfriador de água e compressor recíproco, onde para uma carga térmica de 7 MW são necessários a potência elétrica de 3 MW.

BIBLIOGRAFIA

- Aburas, R. (1989). Energy conservation policies in Jordan. Energy Policy, 6, Vol. 17, 591-598.
- Anandalingam, G. (1985). Energy conservation in the industrial sector of developing countries. Energy Policy, 4, Vol.13, 335-339.
- Andrade, A., G. Furst e outros (1989). Metas de conservação de energia elétrica- metodologia e projeções. I Congresso Brasileiro de Planejamento Energético, 403-417.
- Barnett, R.R. (1986). An economic appraisal of local energy conservation schemes. Energy Policy, 5, Vol.14, 425-436.
- Bird, P.J.W.N. (1985). The economics of energy conservation through top-up loft insulation. Energy Policy, 2, Vol. 13, 179-187.
- Camozzato, I. (1990). Telex DNAE de 08.08.90.
- CESP (1988 a). Ficha técnica do reator eletrônico. Divisão de Desenvolvimento Tecnológico e Pesquisas Energéticas. São Paulo.
- CESP (1988 b). Ficha técnica da luminária reflexiva. Divisão de Desenvolvimento Tecnológico e Pesquisas Energéticas. São Paulo.
- CESP. (1990). Manual de cargos e salários. Divisão de Administração de Cargos e Salários. São Paulo.
- CESP. (1991). Metodologia e aplicação para a demanda de energia do Estado de São Paulo-2000-MEDEE/C. Divisão de Análise Energética. São Paulo.
- Cheshire, J. (1986). An energy-efficient future. Energy Police, 5, Vol. 14, 395-412.
- COELBA, (1985). Os sistemas a vapor de sódio na iluminação pública. Eletricidade Moderna, 09/85, 17-22.
- Contador, C.R. (1988). Avaliação Social de Projetos. Atlas (Ed.). São Paulo.
- Corum, K. R. e J. V. Dyke (1983). Stimulating energy conservation in commercial buildings. Energy Policy, 1, Vol.11, 52-62.
- Costa, E.C. (1974). Física Aplicada à Construção; Conforto térmico, Blücher (Ed.), 3.ed., São Paulo.

Dectron, (1990). Comunicação pessoal.

ELETROBRÁS (1987). Plano nacional de energia elétrica 1987/2010. Rio de Janeiro, RJ.

ELETROBRÁS (1989). Revisão das metas de conservação de energia elétrica. Rio de Janeiro, RJ.

Eletrobrás. (1990). Fax 0055021 enviado pelo Sr. Ademir de Andrade. Divisão de Conservação de Energia. Rio de Janeiro, RJ.

Ferreira, M.M. (1984). Iluminação pública. Anais Seminário Conservação de Energia em Iluminação, 31-37.

Ferreira, M.M. (1989). Economia de energia em iluminação para fins comerciais. I Simpósio Brasileiro de Conservação de Energia em Iluminação. Iluminação Brasil, 17, 27-30.

Fleischer, G.A. (1973). Teoria da Aplicação do Capital: Um Estudo das Decisões de Investimento. Blucher (Ed.). São Paulo.

Fontes, A.J.A. (1988a). Sódio na iluminação industrial. Iluminação Brasil, 7, 19-25.

Fontes, A.J.A. (1988b). Fontes de luz que conservam energia em iluminação de escritórios. I Expolux.

Fontes, A.J.A. (1988c). Manutenção em grupo. Eletricidade Moderna, 175.

Ford, A., M. Bull, R.F. Naill (1987). Bonneville's conservation policy analysis models. Energy Policy, 2, Vol.15, 109-124.

Gadgil, A., e G. De M. Jannuzzi (1989). The costs of conserving electricity with more efficient technology an application to compact fluorescent lamps in Brazil. Anais do I Congresso Brasileiro de Planejamento Energético, Vol. 2, 419-431.

Geller, H.S. (1990). Electricity Conservation in Brazil: Status Report and Analysis. Relatório técnico.

Goldemberg, J. (1985). Uma estratégia energética para a América Latina orientada para os usos finais. Anais do Seminário Alternativas para uma Política Energética.

Goldemberg, J. e outros (1985). Energy for a Sustainable World. Princeton, CEES (Ed.), 2 vols.

Hekli, E.L. (1989). Nova iluminação da avenida Presidente Wilson- Santos. Eletricidade Moderna, 186, 42-43.

Holms, R.N. (1980). Illumination engineering for energy efficient luminous environments. University of Colorado, Prentice-Hall (Ed.), Inc. Englewood Cliffs, NJ 07632.

International Commission on Illumination-CIE (1986). Guide on Interior Lighting, 29.2, 16.

Jannuzzi, G. De M. (1990). The government's perception of the role of energy and its implications towards conservation: the brazilian case. "Bergen Energy Conference: Market Based Energy Planning for Developing Countries" Bergen, Norway 23-24/08/90.

Jannuzzi, G. De M. e A.L.R.S. Reche (1990). Curva do suprimento do potencial de conservação de energia elétrica em sistemas de iluminação do setor terciário. I Seminário Internacional de Distribuição de Energia Elétrica.

Jorge Wilhelm Consultores Associados (1988). Consumo de energia nos setores de comércio e serviços. Relatório técnico.

Kahn, E., C. Pignone e outros (1987). The effect of conservation programmes on electric utility earnings. Energy Policy, 3, Vol.15, 249-261.

Kowalczyk, D. (1985). Commercial sector energy efficiency improvements. Energy Policy, 2, Vol.13, 169-178.

Krause, F. e outros (1988). Final report: Analysis of Michigan's demand-side electricity resources in the residential sector. Lawrence Berkeley Laboratory - Applied Science Division.

Krôner, W. (1989). Mercedes-Benz: Conservação como política permanente. Eletricidade Moderna, 186, 48-51.

Marques, R. (1984). A experiência da IBM em conservação de energia elétrica. Anais Seminário de Conservação de Energia em Iluminação, 51-55.

Meier, A., J. Wright e A.H. Rosenfeld (1983). The potencial for conservation in California's residential sector. Supplying Energy Through Greater Efficiency. University of California.

Ministério das Minas e Energia (1988). Balanco Energético Nacional. Brasília, DF.

- Monteiro, A., A. Grecu e outros. (1980). Energia: lições de conservação para as luzes da cidade. Eletricidade Moderna, 09/80, 20-30.
- Moreira, A.C.M. e outros (1989a). Uma oportunidade para conservação de energia no setor de iluminação pública. I Congresso Brasileiro de Planejamento Energético, 389-401.
- Moreira, J.R. (1989b). USP vai comprar cinco mil luminárias reflexivas. Eletricidade Moderna, 186.
- Moreira, J.R. (1989c). Iluminação e tecnologia. I Simpósio Brasileiro de Conservação de Energia em Iluminação. Iluminação Brasil, 17, 35-37.
- Moreira, V.A. (1984). Luminárias. Anais Seminário de Conservação de Energia em Iluminação, 39-44.
- Motamen, H. e D. MacGee (1986). Energy conservation in low-energy intensive firms in the UK. Energy Policy, 2, Vol.14, 117-132.
- Penteado Filho, J.R.W. (1976). Previsão de vendas. Atlas S.A (Ed.), 2.ed., São Paulo.
- Pereira, D. (1986). Aplicação das lâmpadas fluorescentes miniatura. Eletricidade Moderna, 09/86, 16-19.
- Philips (1975). Manual de Iluminação. Philips Lighting Division.
- Philips (1984). History of light and lighting. Correspondence Course Lighting Application, Vol. 2.
- Philips (1987). Fluorescent lamps. Correspondence Course Lighting Application, Vol. 9.
- Philips e outros (1991). Catálogos de equipamentos.
- PROCEL (1988). Manual de conservação de energia elétrica em prédios comerciais e públicos. Anexo a portaria 3265 da secretaria de Administração Pública da Presidência da República, em 01.12.88.
- Reiderer, C.A., J.A. Latrônico Filho, C.A.G. Baumann (1989). Conservação de energia em ferrovia. I Congresso Brasileiro de Planejamento Energético, 319-331.
- Roizenblatt, I. (1988). A luz e o ambiente. I Expolux. Iluminação Brasil, 9, 3-5.
- Roizenblatt, I. (1990). Comunicação pessoal.

- Rollin, P. e J. Beyea (1985). US appliance efficiency standards. Energy Policy, 5, Vol.13, 425-436.
- Santos, J.B.E. (1989). Iluminação industrial: um projeto eficiente. Iluminação Brasil, 12.
- Sawyer, S.W. (1985). Federal-state conservation programmes. Energy Policy, 2, Vol.13, 156-168.
- Silva, E.V. e R.G. Davis (1986). Almojarifados: como ilumina-los com eficiência. Eletriciade Moderna, 09/86, 8-14.
- Simpson, D. e J. Walker (1987). Extending cost-benefit analysis for energy investment choices. Energy Policy, 3, Vol.15, 217-227.
- Smit, L. (1990). Comunicação pessoal.
- Starosta, J. (1989a). O programa de conservação do Banco Itaú. Eletriciade Moderna, 186, 44-77.
- Starosta, J. e outros (1989b). Iluminação comercial: um prêmio pela economia. Iluminação Brasil, 15-16.
- Torres, M.B. (1989). Comutador fotoeletrônico no comando da iluminação publica. Eletricidade Moderna, 186, 37-41.
- Vaz de Campos, E.F.P. (1990). Engenharia Econômica. Apostila de curso técnico.
- Valle, F.L. (1989). Iluminação rumo a conservação de energia elétrica. I Simpósio Brasileiro de Conservação de Energia em Iluminação.
- Warren, A. (1987). Saving megabucks by saving megawatts. Energy Policy, 6, Vol.15, 522-528.
- Weinberg, A. (1984). A conjunção do projeto de iluminação com os demais sistemas energéticos. Anais Seminário de Conservação de Energia na Iluminação, 27-30.
- Wirtshafter, R.M. (1985). Non-participants in utility energy conservation programmes. Energy Policy, 2, Vol.13, 143-155.

ANEXOS

Anexo 1 - NBR 5413: Iluminância de interiores

	ILUMINÂNCIA DE INTERIORES Especificação	PROJETO DE REVISÃO 3:340.02-001 MAIO/1990
--	--	--

1. OBJETIVO

Esta Norma estabelece os valores de iluminâncias mínimas em serviço para iluminação artificial, em interiores, onde se realizem atividades de comércio, indústria, ensino, esporte e outras.

2. NORMAS COMPLEMENTARES

Na aplicação desta Norma é necessário consultar:

NBR 5382 - Verificação da iluminância de interiores - Método de ensaio

NBR 5461 - Iluminação - Terminologia

3. DEFINIÇÕES

Para os efeitos desta Norma são adotadas as definições de 3.1 e 3.2, complementadas pelos termos definidos na NBR 5461.

3.1 Iluminância

Límite da razão do fluxo luminoso recebido pela superfície em torno de um ponto considerado para a área da superfície quando esta tende para zero.

Nota: A iluminância em serviço é determinada segundo a NBR 5382.

3.2 Campo de trabalho

Região do espaço onde, para qualquer superfície nela situada, exigem-se condições de iluminância apropriadas ao trabalho visual a ser realizado.

19 Projeto de Revisão da NBR 5413/82

CB-3 - Comitê Brasileiro de Eletricidade

CE-340.02 - Comissão de Estudos de Iluminação Interna

3:340.02-001 - Interior Lighting - Specification

SISTEMA NACIONAL DE METROLOGIA, NORMALIZAÇÃO E QUALIDADE INDUSTRIAL	ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS
Palavras-chave: iluminância. interior.	

4 CONDIÇÕES GERAIS

4.1 A iluminância deve ser medida no campo de trabalho. Quando este não for de finido, entende-se o nível referente a um plano horizontal a 0,75 m do piso.

4.2 No caso em que seja necessária uma elevada iluminância em um limitado campo de trabalho, este pode ser conseguido com iluminação suplementar.

4.3 A iluminância no restante do ambiente não deve ser inferior a 1/10 do valor adotado para o campo de trabalho, mesmo que a iluminância recomendada para o restante do ambiente seja menor.

4.4 Recomenda-se que a iluminância em qualquer ponto do campo de trabalho não seja inferior a 70% da iluminância média determinada segundo a NBR 5382.

5 TABELAS DE ILUMINÂNCIAS

5.1 *Iluminâncias, por classe de tarefas visuais*

Ver Tabela 1.

/TABELA 1

TABELA 1- Iluminâncias para cada grupo de tarefas visuais.

Faixa	Iluminância (lux)	Tipo de atividade
A	20	Áreas públicas com arredores escuros
	30	
	50	Orientação simples para permanência curta
	75	
	100	Recintos não usados para trabalho contínuo; depósitos
	150	
Iluminação geral para áreas usadas intermitentemente ou com tarefas visuais simples	200	
	300	Tarefas com requisitos visuais limitados, trabalho bruto de maquinaria, auditórios
	500	
	750	Tarefas com requisitos visuais normais, trabalho médio de maquinaria, escritórios
B	1000	
	1500	Tarefas com requisitos especiais, gravação manual, inspeção, indústria de roupas
	2000	
	3000	Tarefas visuais exatas e prolongadas, eletrônica de tamanho pequeno
C	5000	
	7500	Tarefas visuais muito exatas, montagem de micro-eletrônica
	10000	
	15000	Tarefas visuais muito especiais, cirurgia
Iluminação adicional para tarefas visuais difíceis	20000	

Nota: A amplitude das faixas, bem como dos tipos de atividades, não são rígidas quanto às iluminâncias limites recomendadas, ficando a critério do projetista avançar ou não nos valores das faixas/tipos de atividades adjacentes, dependendo das características do local/tarefa.

5.2 Seleção de iluminância

Para determinação da iluminância conveniente é recomendável considerar os procedimentos de 5.2.1 a 5.2.7.

5.2.1 Na Tabela 1 constam os valores de iluminâncias para cada grupo de tarefas visuais. O uso adequado de iluminância específica é determinado por três fatores, de acordo com a Tabela 2.

/TABELA 2

TABELA 2- Fatores determinantes da iluminância adequada

Características da tarefa e do observador	Peso		
	-1	0	+1
Idade	Inferior a 40 anos	40 a 55 anos	Superior a 55 anos
Velocidade e precisão	Sem impor- tância	Importante	Crítica
Refletância do fundo da tarefa	Superior a 70%	30 a 70%	Inferior a 30%

5.2.2 O procedimento é o seguinte:

- analisar cada características para determinar o seu peso (-1, 0 ou +1);
- somar os três valores encontrados algebricamente, considerando o si
nal;
- quando o valor total é igual a -2 ou -3 usa-se a iluminância mais bai
xa do grupo; usa-se a iluminância superior quando a soma for +2 ou +3;
nos outros casos utiliza-se o valor médio.

P. ex.: Como exemplo de precisão podemos mencionar a leitura simples de um jour
nal versus a leitura de uma receita médica, sendo a primeira sem impor
tância e a segunda crítica.

5.2.3 É óbvio que a maioria das tarefas visuais pelo menos apresentam uma mé
dia precisão.

5.2.4 Em 5.3, para cada tipo de local ou atividade, um grupo de 3 iluminâncias
é indicado, sendo a seleção do valor recomendado feita da seguinte maneira:

5.2.5 O valor do meio, de cada grupo, representa a iluminância recomendada de
vendo ser utilizado em todos os casos, em geral.

5.2.6 O valor mais alto, de cada grupo, deve ser utilizado quando:

- a tarefa se apresenta com refletâncias e contrastes bastante baixos;
- erros são de difícil correção;
- o trabalho visual é crítico;
- alta produtividade ou precisão são de grande importância;
- a capacidade visual do observador está abaixo da média.

5.2.7 O valor mais baixo de cada grupo pode ser usado quando:

- a) refletâncias ou contrastes são relativamente altos;
- b) a velocidade e/ou precisão não são importantes;
- c) a tarefa é executada ocasionalmente.

5.3 Iluminâncias em lux, por tipos de atividades (valores médios em serviço)

5.3.1 Acondicionamento

- engradamento, encaixotamento e empacotamento100 - 150 - 200

5.3.2 Auditórios e anfiteatros

- tribuna.....300 - 500 - 750
 - platéia.....100 - 150 - 200
 - sala de espera.....100 - 150 - 200
 - bilheterias.....300 - 150 - 750

5.3.3 Bancos

- atendimento ao público.....300 - 500 - 750
 - máquinas de contabilidade.....300 - 500 - 750
 - estatística e contabilidade.....300 - 500 - 750
 - salas de datilógrafas.....300 - 500 - 750
 - salas de gerentes.....300 - 500 - 750
 - salas de recepção.....100 - 150 - 200
 - salas de conferências.....150 - 200 - 300
 - guichês.....300 - 500 - 750
 - arquivos (incluindo acomodações para trabalhos de menor importância).....200 - 300 - 500
 - arquivos.....200 - 300 - 500
 - saguão.....100 - 150 - 200
 - cantinas.....100 - 150 - 200

5.3.4 Barbearias

- geral.....150 - 200 - 300

5.3.5 Bibliotecas

- sala de leitura.....300 - 500 - 750
 - recinto das estantes.....200 - 300 - 500
 - fichário.....200 - 300 - 500

5.3.6 Centrais elétricas

- equipamento de ar condicionado, instalação de ventilação, condensadores de cinza, instalação ventiladora para fuligem e cinza.....100 - 150 - 200
 - ferramentas acessórias, como baterias acumuladoras, tubulações alimentadoras de caldeiras, compressores e jogos de instrumentos afins.....100 - 150 - 200
 - plataformas de caldeiras.....100 - 150 - 200
 - alimentação de combustível.....100 - 150 - 200
 - transportadores de carvão, trituradores e instalação para pó de carvão.....100 - 150 - 200

- embasamento da turbina.....	100	-	150	-	200
- sala da turbina.....	100	-	150	-	200
- instalações de hidrogênio e CO.....	100	-	150	-	200
- salas para amolecimento de água.....	100	-	150	-	200
- laboratório químico.....	300	-	500	-	750
- salas de controle (quadro distribuidor) e salas grandes de controle centralizado.....	300	-	500	-	750
- salas pequenas de controle simples.....	200	-	300	-	500
- parte posterior dos quadros de distribuição (vertical).....	100	-	150	-	200
- salas de centros telefônicos automáticos.....	100	-	150	-	200

5.3.7 Cervejarias

- câmara de fermentação.....	100	-	150	-	200
- fervura e lavagem de barris.....	150	-	200	-	300
- enchimento (garrafas, latas, barris).....	150	-	200	-	300

5.3.8 Cinemas e teatros

- sala de espetáculos:					
durante o espetáculo (luz de guia).....			1		
durante o intervalo.....	30	-	50	-	75
- sala de espera, "foyer".....	100	-	100	-	200
- bilheterias.....	300	-	500	-	750

5.3.9 Consultórios médicos (ver hospitais)

5.3.10 Corredores e escadas

- geral.....	75	-	100	-	150
--------------	----	---	-----	---	-----

5.3.11 Correios e telégrafos (ver bancos)

5.3.12 Encadernação de livros

- dobraçem, montagem, colagem, etc.....	200	-	300	-	500
- corte, perfuração e costura.....	200	-	300	-	500
- gravação e inspeção.....	750	-	1000	-	1500

5.3.13 Escolas

- salas de aulas.....	200	-	300	-	500
- quadros negros.....	300	-	500	-	750
- salas de trabalhos manuais.....	200	-	300	-	500
- laboratórios:					
geral.....	150	-	200	-	300
local.....	300	-	500	-	750
- anfiteatros e auditórios:					
platêia.....	150	-	200	-	300
tribuna.....	300	-	500	-	750
- sala de desenho.....	300	-	500	-	750
- salão de reuniões.....	150	-	200	-	300
- salas de educação física.....	100	-	150	-	200
- costuras e atividades semelhantes.....	300	-	500	-	750
- artes culinárias.....	150	-	200	-	300

5.3.14 Escritórios

- escritórios de:			
registros, cartografia, etc.....	750	- 1000	- 1500
desenho, engenharia mecânica e arquitetura.....	750	- 1000	- 1500
desenho decorativo e esboço.....	300	- 500	- 750

5.3.15 Para as atividades mencionadas a seguir

Bancos: máquinas de contabilidade, estatística e contabilidade, salas de datilógrafas, salas de gerentes, salas de recepção, salas de conferências, arquivos (incluindo acomodações para trabalhos de menor importância), saquão e cantinas.

5.3.16 Esportes (salão para)

- bilhares:			
geral.....	100	- 150	- 200
mesas.....	300	- 500	- 750
- bocha.....	150	- 200	- 300
- boliche:			
local de arremesso e pista.....	150	- 200	- 300
local dos pinos.....	300	- 500	- 750
- bola ao cesto e voleibol:			
local de jogos.....	150	- 200	- 300
- locais recreativos e de treinamento	100	- 150	- 200
- esgrima.....	300	- 500	- 750
- frontão.....	300	- 500	- 750
- ginástica.....	150	- 200	- 300
- hóquei:			
locais grandes.....	300	- 500	- 750
locais recreativos e de treinamento.....	150	- 200	- 300
- futebol de salão:			
quadra.....	150	- 200	- 300
locais recreativos e de treinamento.....	100	- 150	- 200
- tamborete:			
quadra.....	150	- 200	- 300
locais recreativos e de treinamento.....	100	- 150	- 200
- piscina (iluminação geral).....	100	- 150	- 200
- patinação:			
corridas.....	150	- 200	- 300
recreação.....	100	- 150	- 200
- pugilismo e luta livre:			
ringue.....	750	- 1000	- 1500
locais recreativos e de treinamento.....	150	- 200	- 300
- tênis:			
quadra de jogos.....	300	- 500	- 750
locais recreativos e de treinamento.....	150	- 200	- 300

5.3.17 Estações ferroviárias e rodoviárias

- sala de espera.....	100	- 150	- 200
- escritórios e quichês.....	300	- 500	- 750
- sala de refeições.....	100	- 150	- 200
- depósitos de bagagens.....	150	- 200	- 300
- plataformas.....	100	- 150	- 200
- lavatórios.....	100	- 150	- 200

5.3.18 Estações de tratamento de águas e esgotos

- operações químicas (laboratórios):			
geral.....	150	- 200	- 300
mesa de trabalho.....	300	- 500	- 750

5.3.19 Estaleiros

- salão de montagem.....	150	- 200	- 300
- modelagem.....	300	- 300	- 750
- oficina de solda.....	150	- 200	- 300
- rampa de lançamento:			
guindastes.....	100	- 150	- 200
zonas de trabalho.....	150	- 200	- 300
zonas de transporte.....	100	- 150	- 200

5.3.20 Farmácias e drogarias (ver hospitais)

5.3.21 Fundições

- área de carregamento e enchimento.....	100	- 150	- 200
- fabricação de moldes e machos (trabalho fino).....	300	- 500	- 750
- fabricação de moldes e machos (trabalho grosseiro).....	150	- 150	- 300
- moldagem grosseira.....	150	- 200	- 300
- fundição e classificação de peças fundidas.....	200	- 300	- 500
- limpeza e acabamento.....	150	- 200	- 300
- inspeção (material de precisão).....	750	- 1000	- 1500
- inspeção (material grosseiro).....	300	- 500	- 750

5.3.22 Funilaria

- bancada, prensa, tesoura, estampagem, máquinas para formar cilindros a frio, máquinas perfuradoras.....	200	- 300	- 500
- inspeção de chapas de metal estanhado e galvanizado, riscaçom de desenhos em chapas de metal.....	750	- 1000	- 1500

5.3.23 Gabinetes dentários (ver hospitais)

5.3.24 Galerias de artes (ver museus e lojas)

5.3.25 Galvanoplastia e operações similares

- banho.....	100	- 150	- 200
- polimento.....	150	- 200	- 300

5.3.26 Garagens

- oficinas.....	150	- 150	- 300
- bancadas.....	300	- 300	- 750
- áreas de lubrificação.....	100	- 100	- 200
- poços de lubrificação.....	150	- 200	- 300
- lavagem.....	150	- 200	- 300
- estacionamento interno.....	100	- 150	- 200
- loja.....	300	- 500	- 750

5.3.27 Hangares (ver também indústria de aviões)

- consertos e manutenção.....	300	- 500	- 750
- revisão de motores.....	300	- 500	- 750

5.3.28 Hospitais

- sala dos médicos ou enfermeiras:			
geral.....	100	- 150	- 200
mesa de trabalho.....	300	- 500	- 750
- quarto de preparação.....	150	- 200	- 300
- arquivo.....	100	- 150	- 200
- farmácia:			
geral.....	150	- 150	- 300
mesa de trabalho.....	300	- 500	- 750
- trabalho com radioisótopos:			
laboratório radioquímico.....	300	- 300	- 750
sala de medições.....	150	- 200	- 300
mesa de trabalho.....	300	- 500	- 750
- otorrinolaringologia:			
sala de exame.....	300	- 300	- 750
- autópsias:			
geral.....	300	- 500	- 750
depósitos de cadáveres.....	100	- 150	- 200
- terapia:			
física.....	150	- 200	- 300
aplicação.....	150	- 200	- 300
lavações.....	100	- 150	- 200
- raio X:			
radiografias, fluoroscopia e câmara.....	100	- 150	- 200
radioterapia profunda e superficial.....	100	- 150	- 200
exames de provas.....	150	- 200	- 300
arquivos de filmes relevados.....	150	- 200	- 300
estocagem de filmes sem revelações.....	100	- 150	- 200
- dispensário:			
geral.....	100	- 150	- 200
mesa.....	300	- 500	- 750
depósito de remédios.....	100	- 150	- 300
- banheiros:			
geral.....	100	- 150	- 200
espelhos (iluminação suplementar).....	200	- 200	- 500
.....	300	- 500	- 750
- biblioteca.....	300	- 500	- 750
- pronto socorro:			
geral.....	300	- 500	- 750
corredores e escadas.....	75	- 100	- 150
- escritórios (ver 5.3.14)			
.....	150	- 150	- 300
- cozinhas.....	150	- 150	- 300
- laboratórios de análises:			
sala de pesquisa.....	150	- 200	- 300
mesa de trabalho.....	300	- 500	- 750
- salas de diagnósticos e terapêuticas:			
geral.....	150	- 200	- 300
mesa de diagnóstico.....	300	- 500	- 750
- departamento cirúrgico:			
sala de operação (iluminação geral).....	300	- 500	- 750
sala de esterilização.....	300	- 500	- 750
- departamento dentário:			
sala de dentista (iluminação geral).....	150	- 200	- 300
.....	100	- 150	- 200
- lavatórios.....	100	- 150	- 200
- departamento de maternidade:			
sala de partos (iluminação geral).....	150	- 200	- 300
berçário.....	75	- 100	- 150
sala de atendimento ao berçário.....	150	- 200	- 300
- lavanderia (ver 5.3.56)			

- quartos particulares para pacientes:			
geral.....	100	- 150	- 200
cama.....	150	- 150	- 300

5.3.29 Hotéis e restaurantes

- banheiros.....	100	- 150	- 200
- espelhos (iluminação suplementar).....	200	- 300	- 500
- corrimões e escadas.....	75	- 100	- 150
- lavanderia: (ver 5.3.56)			
- sala de leitura:			
geral.....	100	- 150	- 200
mesa.....	200	- 300	- 500
- cozinha:			
geral.....	150	- 200	- 300
local.....	300	- 500	- 750
- quartos:			
geral.....	100	- 150	- 200
cama (iluminação suplementar).....	150	- 200	- 300
escrivaninha.....	200	- 300	- 500
penteadeiras.....	200	- 300	- 500
- salão de reuniões:			
salão de conferências.....	100	- 150	- 200
tablados.....	300	- 150	- 750
- exposições e demonstrações.....	200	- 300	- 500
- sala de reuniões de hóspedes.....	100	- 150	- 200
- restaurantes.....	100	- 150	- 200
- lanchonetes.....	150	- 200	- 300
- auto serviço.....	150	- 200	- 300
- portaria e recepção.....	150	- 200	- 300
- centro telefônico.....	150	- 200	- 300

5.3.30 Igrejas e templos

- nave, entrada, auditórios, sem ofício.....	30	- 50	- 75
- nave, entrada, auditórios, com ofício.....	100	- 150	- 200
- púlpito com ofício.....	200	- 300	- 500

5.3.31 Indústrias alimentícias

- seleção de refugos.....	150	- 200	- 300
- limpeza e lavagem.....	150	- 200	- 300
- classificação pela cor (sala de cortes).....	750	- 1000	- 1500
- cortes e remoção de caroços e sementes.....	150	- 200	- 300
- enlatamento:			
mecânico (correia transportadora).....	150	- 200	- 300
manual.....	200	- 300	- 500
inspeção de latas cheias (amostras para testes).....	750	- 1000	- 1500
- trabalho com latas:			
inspeção.....	750	- 1000	- 1500
selagem das latas.....	150	- 200	- 300
<i>analis</i> acabamento de latas e acondicionamento em caixas de papelão.....	100	- 150	- 200

5.3.32 Indústria de artigos de ourivesaria e joalheria

- geral.....	750	- 1000	- 1500
- local.....	1500	- 2000	- 3000

5.3.33 Indústria de automóveis

- construção de carrocerias e chassis, montagem das partes componentes.....200 - 300 - 500
- linha de montagem dos chassis.....300 - 500 - 750
- montagem de carrocerias.....200 - 300 - 500
- acabamento e inspeção.....750 - 1000 - 1500

5.3.34 Indústrias de aviões

- fabricação:
 - perfuração, rebitagem e pivotagem.....200 - 200 - 500
 - cabines de pulverização.....300 - 500 - 750
 - riscagem de chapas de alumínio, fabricação de gabaritos ou modelos de braçadeiras, parte da fuselagem, peças das asas etc.....300 - 500 - 750
- solda:
 - iluminação geral.....150 - 200 - 300
 - iluminação suplementar sobre o trabalho.....1500 - 2000 - 3000
- montagem:
 - trem de aterrissagem, montagens, peças das asas, casco de fuselagem e outras peças grandes.....300 - 500 - 750
- montagem final:
 - colocação dos motores, peças das asas, trem de aterrissagem, etc.....300 - 500 - 750
 - inspeção da fuselagem completa e equipamentos.....300 - 500 - 750
 - consertos das máquinas ferramenta.....300 - 500 - 750

5.3.35 Indústrias de borrachas

- processamento de matérias primas:
 - trituração, vulcanização.....100 - 150 - 200
 - calandragem.....150 - 200 - 300
- outras operações:
 - máquinas para pneumáticos de veículos, mangueiras de borracha, moldagem por compressão, moldagem por extrusão, refinacão.....150 - 200 - 300
- inspeção final.....750 - 1000 - 1500

5.3.36 Indústrias de calçados

- couros:
 - riscagem de modelos, cortes, costuras, formação de pares e classificação.....750 - 1000 - 1500
 - pregação com tachas, colocação de solas prequeação colocação nas formas, colocação de vira, enrijecimento, limpeza, tingimento e polimento.....750 - 1000 - 1500
- borracha:
 - lavagem, tratamento de composto de borracha, confecção de lençóis de borracha.....100 - 150 - 200
 - envernizamento, vulcanização, calandragem, corte da parte superior e solas.....150 - 200 - 300
 - rolamentos de solas, colagem do revestimento interno montagem e acabamento.....300 - 500 - 750

5.3.37 Indústrias de cerâmicas

- trituração, filtração e prensa, secagem.....	100	-	150	-	200
- moldagem, acabamentos e limpeza.....	100	-	150	-	200
- coloração e vitrificação (grosseira).....	300	-	500	-	750
- coloração e vitrificação (delicada).....	750	-	1000	-	1500
- decoração manual.....	750	-	1000	-	1500

5.3.38 Indústrias de chapéus

- tingimento, impermeabilização, limpeza e refinação.....	300	-	500	-	750
- formação, dimensionamento, perfuração, confecção de aba, acabamento e passagem a ferro.....	750	-	1000	-	1500
- costuras e guarnecimento.....	1500	-	2000	-	3000

5.3.39 Indústrias de cimentos

- moagem, fornos.....	100	-	150	-	200
- ensacamento.....	100	-	150	-	200
- escadas, painéis e instrumentos.....	300	-	500	-	750

5.3.40 Indústrias de confeitos

- seção de chocolates: quebra, seleção, extração de gordura, alisamento e purifi- cação transporte.....	150	-	200	-	300
- fabricação de balas.....	300	-	500	-	750
- recheios: mistura, fervura, amassamento.....	150	-	200	-	300
decoração manual.....	300	-	500	-	750
- confeitos consistentes: mistura, fervura, amassamento.....	150	-	200	-	300
corte, classificação e acondicionamento.....	300	-	500	-	750

5.3.41 Indústrias de conservas de carnes

- abate de gado.....	100	-	150	-	200
- limpeza e corte.....	300	-	500	-	750
- cozimento, moagem, enlatamento e acondicionamento.....	150	-	200	-	300

5.3.42 Indústrias de couros

- tanques.....	100	-	150	-	200
- limpeza, curtimento, estriagem, tingimento.....	100	-	150	-	200
- divisão, descarnamento e preparação.....	150	-	200	-	300
- acabamento e inspeção.....	300	-	500	-	750

5.3.43 Indústria de fumos

- secagem, ragamento, corte e mistura.....	150	-	200	-	300
- preparação de melados, essências e goma.....	150	-	200	-	300
- inspeção e classificação.....	750	-	1000	-	1500
- máquinas para cigarros, charutos e filtros.....	300	-	500	-	750
- encarteiramento e empacotamento.....	300	-	500	-	750

5.3.44 Indústrias de gelo.....150 - 200 - 300**5.3.45 Indústrias de gravação de desenhos e
dizeres.....1500 - 2000 - 3000**

5.3.46 Indústrias de luvas

- cortes, prensagem, perfuração.....750 - 1000 - 1500
- confecção de mainas, classificação.....300 - 500 - 750
- costuras, guarnecimento, inspeção.....1500 - 2000 - 3000

5.3.47 Indústrias de materiais elétricos e telecomunicações

- impregnação.....150 - 200 - 300
- isolamento.....300 - 500 - 750
- enrolamento, bobinagem.....300 - 500 - 750
- ensaios, inspeção.....300 - 500 - 750
- trabalhos mecânicos e de montagem (veja indústrias de automóveis)

5.3.48 Indústrias metalúrgicas

- usinagem grosseira e trabalhos de ajustador.....150 - 200 - 300
- usinagem média e trabalhos de ajustador, trabalhos grosseiros de plainas, tornos e polimento.....300 - 500 - 750
- usinagem de precisão de trabalhos de ajustador, máquinas de precisão automática, plainamente, tornos de precisão e polimento de alta qualidade.....750 - 1000 - 1500
- usinagem de alta precisão e trabalhos de ajustador.....1500 - 2000 - 3000

5.3.49 Indústrias de papéis

- abertura e trituração, calandragem.....150 - 200 - 300
- máquinas de papel, cortes, usinagem e refinação.....150 - 200 - 300
- máquinas de papel - lado úmido.....150 - 200 - 300
- máquinas de papel - lado seco, inspeção, laboratório.....300 - 500 - 750

5.3.50 Indústrias químicas

- fornos de operação manual, secadores estacionários, caldeiras e tanques de cristalização.....150 - 200 - 300
- fornos mecânicos e tanques de cristalização, vasos de evaporação, filtração, alveamento.....150 - 200 - 300
- caldeiras de engrossamento, extração, filtração e equipamento de filtração, eletrólise.....150 - 200 - 300
- indústria e reparação de relógios, cronômetros e equipamento de precisão:
 - geral.....1500 - 2000 - 3000

5.3.50.1 Indústrias de sabão

- fervura, cortes, fabricação de pó e flocos.....150 - 200 - 300
- prensagem, acondicionamento e embalagem, enchimento das caixas de papelão com sabão em pó e acondicionamento das caixas.....150 - 200 - 300

5.3.51 Indústrias têxteis

- algodão:
 - abertura de fardos, batecores, misturas, classificação....150 - 200 - 300
 - cardação, estiragem, engomagem, enrolamento de bobinas e carretéis, fiadação.....200 - 300 - 500
 - espuiagem, classificação, urdimento.....300 - 500 - 750
 - preparação dos rolos de urdume.....300 - 500 - 750

tecelagem.....	.....300 - 500 - 750
inspeção (peças estacionárias).....	.....300 - 500 - 750
inspeção (peças em movimento rápido).....	.....750 - 1000 - 1500
engrupagem automática..	.....750 - 1000 - 1500
engrupagem manual.....	.....300 - 500 - 750
- sedas e fibras sintéticas	
desenrolagem, tingimento	.....150 - 200 - 300
enrolamento de bobinas	retêis, retorção.....150 - 200 - 300
urdimento, fiação....	.....300 - 500 - 750
tecelagem.....	.....300 - 500 - 750
- lã:	
abertura de fardos,	s. misturas, classificação....150 - 200 - 300
lavagem, massarocagem	.....150 - 200 - 300
mistura.....	.....150 - 200 - 300
inspeção.....	.....300 - 500 - 750
cardação, estiragem	em, retorção, enrolamento de
espumas.....	.....150 - 200 - 300
fiação (branca)....	.....150 - 200 - 300
fiação (colorida)..	.....300 - 500 - 750
tecelagem (branca).	.....300 - 500 - 750
tecelagem (colorida)	.....750 - 1000 - 1500
urdimento.....	.....300 - 500 - 750
engrupagem.....	.....150 - 200 - 300
5.3.52 Fabricação de tapetes ou similares (manual).....	.....300 - 500 - 750
5.3.53 Indústrias de tintas	
- geral.....	.....150 - 200 - 300
- igualação de cores de acordo com os padrões (localmente na fábrica).....	.....750 - 1000 - 1500
5.3.54 Indústrias de vestuário	
- inspeção do material.....	.....1500 - 2000 - 3000
- corte e passagem.....	.....750 - 1000 - 1500
- costura e guarnecimento.....	.....750 - 1000 - 1500
5.3.55 Indústrias de vidros	
- salas de mistura e salões de fornos, moldagem e pressão, refrigeração e sopramento à máquina.....	.....150 - 200 - 300
- esmerilhamento, corte dimensional, prateamento.....	.....300 - 500 - 750
- esmerilhamento fino, polimento, chanframento.....	.....300 - 500 - 750
- oravação, polimento e inspeção.....	.....750 - 1000 - 1500
5.3.56 Lavanderias	
- lavagem de roupas.....	.....150 - 200 - 300
- passagem de peças a ferro, pesagem, contagem e marcação....	.....150 - 200 - 300
- calandragem, classificação.....	.....150 - 200 - 300
- passagem manual a ferro de peças delicadas (saias e golas de vestidos).....	.....300 - 500 - 750
5.2.57 Lavatórios	
- geral.....	.....100 - 150 - 200
- espelho.....	.....200 - 300 - 500

5.3.58 Locais de armazenamento

- armazens gerais (não usados frequentemente).....	75	-	100	-	150
- armazens de fábricas (usados frequentemente):					
armazenamento de volumes grandes.....	150	-	200	-	300
armazenamento de volumes pequenos.....	150	-	200	-	300
armazenamento de volumes muito pequenos.....	200	-	300	-	500

5.3.59 Lojas

- vitrinas e balcões (centros comerciais de grandes cidades):					
geral.....	750	-	1000	-	1500
iluminação suplementar com fecho concentrado.....	3000	-	5000	-	7500
- vitrinas e balcões (outros locais fora dos centros comerciais):					
geral.....	300	-	500	-	750
iluminação suplementar com fecho concentrado.....	1000	-	1500	-	2000
- interior de:					
loja de artigos diversos.....	300	-	500	-	750
centros comerciais.....	300	-	500	-	750
outros locais.....	300	-	300	-	750

5.3.60 Marcenaria e carpintaria

- serraçagem e aparelhamento, trabalho grosseiro.....	150	-	200	-	300
- dimensionamento, plainagem, lixamento grosso, aparelhamento semi-preciso, colaçom, folheamento e montagem.....	200	-	300	-	500
- aparelhamento de precisão, lixamento fino e acabamento....	300	-	500	-	750

5.3.61 Moinhos de farinhas

- moagem, peneiramento, purificação.....	150	-	200	-	300
- embalagem.....	150	-	200	-	300
- inspeção do produto.....	300	-	500	-	750
- limpeza de peneiras, passagem, inspeção de tanques.....	150	-	200	-	300

5.3.62 Museus

- geral.....	75	-	100	-	150
- quadro (iluminação suplementar).....	150	-	200	-	300
- esculturas e outros objetos.....	300	-	500	-	750

5.3.63 Padarias

- sala de mistura.....	150	-	200	-	300
- porta-massa (iluminação vertical).....	100	-	150	-	200
- sala de fermentação.....	100	-	150	-	200
- sala de preparação.....	150	-	200	-	300
- espaço de forno.....	150	-	200	-	300
- decoração de moicagem.....	200	-	300	-	500
- sala de embalagem.....	150	-	200	-	300

5.3.64 Pinturas

- imersão, pulverização, remoção de camadas antigas, lixamento, pintura e acabamento.....	200	-	300	-	500
- pintura e acabamento de alta qualidade.....	300	-	500	-	750
- pintura e acabamento de qualidade superior (automóvel, piano, etc).....	750	-	1000	-	1500
- polimento e brunimento.....	200	-	300	-	500

5.3.65 Produtos de papel (caixas de papelão)

- sala de fabricação.....	200	-	300	-	500
- armazenamento.....	100	-	150	-	200

5.3.66 Residências

- salas de estar:					
geral.....	100	-	150	-	200
local (leitura, escrita, bordado, etc...).....	300	-	500	-	750
- cozinhas:					
geral.....	100	-	150	-	200
local (fogão, pia, mesa).....	200	-	300	-	500
- quartos de dormir:					
geral.....	100	-	150	-	200
local (espelho, penteadeira, cama).....	200	-	300	-	500
- hall, escadas, despensas, garagens:					
geral.....	75	-	100	-	150
local.....	200	-	300	-	500
- banheiros:					
geral.....	100	-	150	-	200
local (espelhos).....	200	-	300	-	500

5.3.67 Restaurantes (ver hotéis)**5.3.68 Siderúrgicas**

- depósitos de matérias primas.....	100	-	150	-	200
- áreas de carregamento.....	150	-	200	-	300
- enchimento de fornos:					
poço de resíduos.....	150	-	200	-	300
aberturas para inspeções.....	150	-	200	-	300
- fundição de lingotes.....	150	-	200	-	300
- depósitos de lingotes.....	150	-	200	-	300
- conserto de portas do forno e material refratário.....	150	-	200	-	300
- depósito de refugo.....	150	-	200	-	300
- fabricação de aço.....	150	-	200	-	300
- compartimento de trituração.....	150	-	200	-	300

5.3.69 Soldas

- iluminação geral.....	150	-	200	-	300
- solda de arco de precisão (manual).....	1500	-	2000	-	3000

5.3.70 Tapeçarias

- estofamento de móveis.....	300	-	500	-	750
------------------------------	-----	---	-----	---	-----

5.3.71 Tinturarias

- marcação, classificação, lavagem e limpeza.....	150	-	200	-	300
- inspeção e remoção de manchas.....	1500	-	2000	-	3000
- passagem de roupas (a máquina ou manual).....	300	-	500	-	750
- consertos e modificações.....	750	-	1000	-	1500

5.3.72 Tipografias

- fundição de tipos:					
confeccção de matrizes.....	300	-	500	-	750
fundição de tipos (mecânica ou manual), classificação.....	200	-	300	-	500
- oficinas tipográficas:					

inspeção de cores.....	750	- 1000	- 1500
montagem de tipos na máquina, saída para montagem manual de tipos.....	200	- 500	- 750
impressão.....	200	- 300	- 500
mesas de formas.....	300	- 500	- 750
revisão.....	300	- 500	- 750
- seção eletroquímica:			
gravação, retocagem e acabamento de matrizes.....	300	- 500	- 750
esteriotipagem.....	200	- 300	- 500
- litografia:			
gravação, tiragem de provas.....	200	- 300	- 500
retocagem e inspeção.....	300	- 500	- 750
preparação de cores.....	300	- 500	- 750
cobrimento (máscaras).....	300	- 500	- 750

5.3.73 Trabalhos com couros

- prensagem, enroliamento e polimento.....	750	- 1000	- 1500
- inspeção, classificação, corte e costura.....	750	- 1000	- 1500

5.3.74 Tratamento de carvão

- trituração, peneiramento, lavagem.....	150	- 200	- 300
- classificação (correia transportadora).....	200	- 300	- 500

5.3.75 Usinas de aço

- forjas.....	150	- 200	- 300
- laminação:			
1ª fase de laminação, laminação a quente de tiras, laminação a frio de tiras e chapas.....	150	- 200	- 300
trefilação de tubos, vargalhões e fios.....	150	- 200	- 300
- fabricação de chapas:			
estanhagens, galvanização, laminação a frio.....	150	- 200	- 300
- salas de máquinas.....	150	- 200	- 300
- inspeção:			
chapas pretas, chapas laminadas.....	300	- 500	- 750
chapas estanhadas e outras superfícies claras.....	300	- 500	- 750

5.3.76 Usinas de açúcar

- moagem, mistura, fervura, transporte.....	150	- 200	- 300
- usinagem centrifuga, purificação, peneiramento.....	300	- 500	- 750
- inspeção de cor.....	750	- 500	- 750
- armazenamento.....	100	- 150	- 200

5.3.77 Usinas de leite

- sala de esterilização, armazenamento de garrafas, instalações de lavagem de latas para leite, instalações de resfriamento, salão de resfriamento, pasteurização e separação de cremes.....	150	- 200	- 300
- classificação de garrafas.....	150	- 200	- 300
- inspeção na máquina de lavar.....	300	- 500	- 750
- inspeção durante o enchimento.....	300	- 500	- 750
- sala de pesagens.....	100	- 150	- 200
- balanças.....	150	- 200	- 300
- laboratórios.....	300	- 500	- 750

**Anexo 2 - Evolução cronológica dos equipamentos de
iluminação**

Evolução Histórica dos Equipamentos

O "invento" da lâmpada, tanto da incandescente como os outros tipos não é um fato isolado, que teria acontecido em 1881, mas sim o resultado de muitos anos de pesquisas de sistemas e materiais por grande número de pesquisadores. Um resumo das principais fases de desenvolvimento, mostra o longo caminho para se chegar aos produtos atuais.

- 20.000 anos passados - lâmpadas à óleo
- 1783 - primeiras lâmpadas à gás
- 1830 - lâmpada à óleo vegetal e animal
- 1870 - fim do desenvolvimento da lâmpada à óleo
- 1881 - Thomas Alva Edison
lâmpada de alta resistência, filamento muito fino e alto vácuo
- 1891-1900 - lâmpada de filamento de carbono
lâmpada de carbono metalizado
lâmpada de filamento de tungstênio extrudado
- 1907-1920 - lâmpada de neon
lâmpada à vácuo de filamento trefilado
lâmpada à vácuo de filamento espiralado simples
lâmpada à vácuo de filamento espiralado com enchimento de gás
lâmpada vela
lâmpada indicadora de neon
lâmpada de neon com emblemas
- 1920-1925 - lâmpada de filamento para vitrines
lâmpada para mesa telefônica
lâmpada para farol de automóvel
lâmpada para trazeira de automóvel
neon para publicidade
lâmpada miniatura
lâmpada para árvore de natal
- 1925-1936 - lâmpada para magnetização de banda de filme
lâmpada para projeção de cinema
lâmpada para estúdio fotográfico
lâmpada para filmagem
lâmpada para farol marítimo
lâmpada tubular para máquina de costura
lâmpada decorativa opalizada

lâmpada para câmara escura
 lâmpada para projeção filamento linear
 "Photoflood" lâmpada refletora para fotografia
 lâmpada de filamento duplo-espiralado
 lâmpada concentrada para refletor de aviões
 lâmpada a vapor de sódio
 lâmpada tubular decorativa
 lâmpada de mercúrio luz negra para análise
 lâmpada "flash" para fotos

- 1936-1951 - lâmpada vela miniatura
 lâmpada refletora para sancas
 lâmpada mista de mercúrio
 lâmpada à vapor de mercúrio
 lâmpada para estúdio de filmagem (2 pinos)
 lâmpada infravermelha
 lâmpada de filamento duplo espiralado
 (revestido)
 lâmpada refletora concentrada
 lâmpada mista ultravioleta e infravermelho
 lâmpada de bulbo prateado
 lâmpada espectral
 lâmpada germicida
 lâmpada fluorescente tubular
 lâmpada à vapor de mercúrio para impressão
 lâmpada à vapor de mercúrio para reprodução
 lâmpada para flash miniatura
 lâmpada à vapor de mercúrio tubular
 lâmpada de mercúrio super alta pressão com
 resfriamento forçado

- 1951-1964 - lâmpada de projeção para estúdios e televisão
 lâmpada linear tipo flash
 lâmpada fluorescente circular
 lâmpada "flash" para fotos (sem base)
 lâmpada para projeção de filmes(8V 50W)
 lâmpada refletora de bulbo prensado
 lâmpada de neon para sinalização
 lâmpada com filamento duplo espiralado com
 cobertura interna e parte frontal fosqueada
 lâmpada à vapor de mercúrio refletora
 lâmpada à vapor de mercúrio com pó
 fluorescente
 lâmpada à vapor de sódio com envólucro
 integral
 lâmpada refletora para estúdio fotográfico
 lâmpada assimétrica para farol de automóvel
 lâmpada flash circular
 lâmpada infravermelho

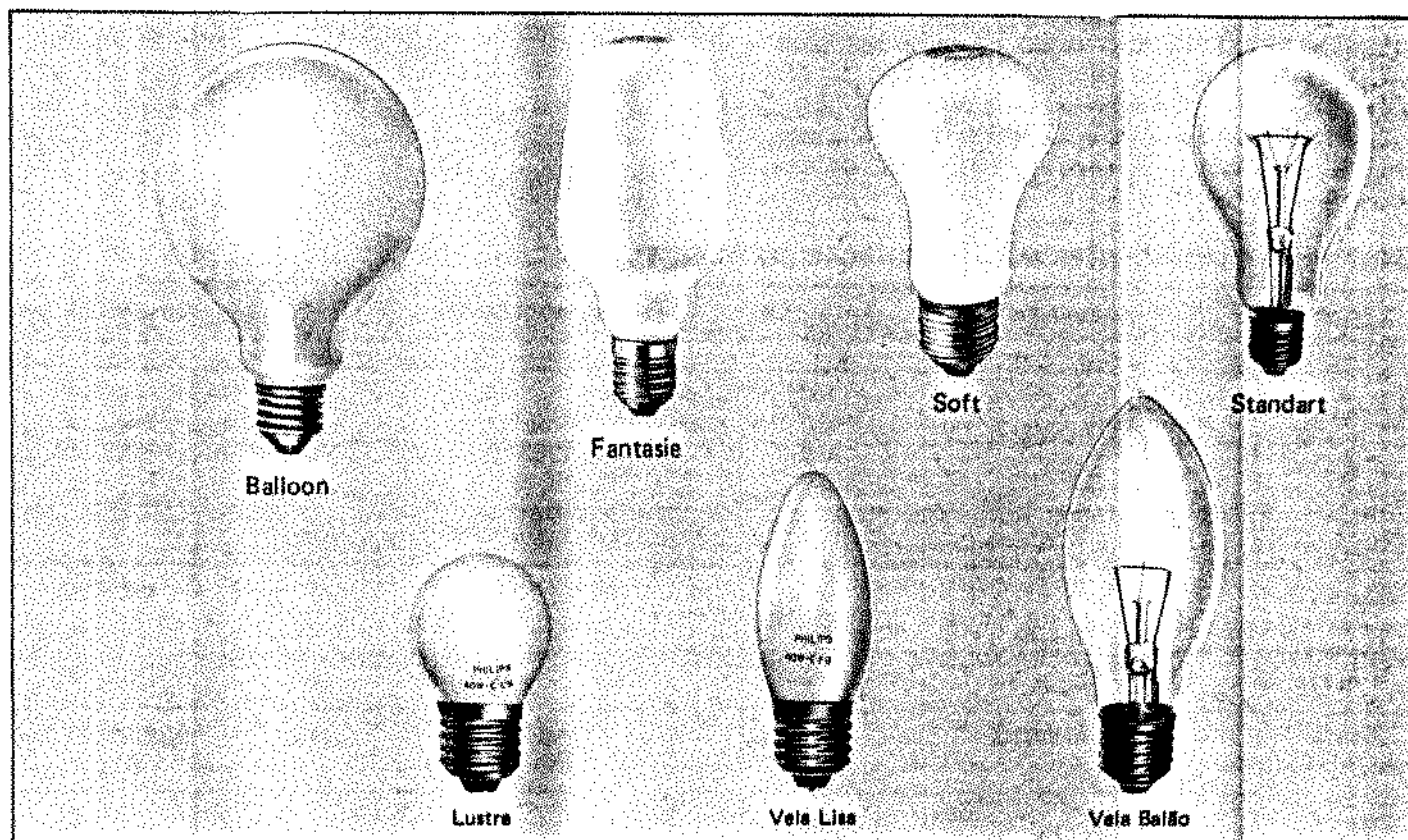
- 1964-1977 - lâmpada à vapor metálico
- lâmpada à vapor de sódio a alta pressão
- lâmpada xenon compacta
- lâmpada à vapor de mercúrio compacta
- lâmpada halogênio para retro projetor
- lâmpada halogênio para projetor de diapositivos
- lâmpada de bulbo prensado fecho "frio"
- lâmpada refletora para projeção
- lâmpada halogênio para projetores
- lâmpada fluorescente com amálgama de índio
- lâmpada à vapor de sódio baixa pressão
- lâmpada halogênio para iluminação de estúdios
- lâmpada halogênio para automóveis
- lâmpada halogênio assimétrica para automóveis
- lâmpada luminescente retangular
- unidade de flash -4 peças
- unidade de flash -8 peças
- lâmpada refletora miniatura
- lâmpada para iluminação de emergência noturna
- lâmpada fluorescente com 3 faixas espectrais limitadas

- 1977-1982 - lâmpada fluorescente com bulbo de 26mm (TLD)
- lâmpada fluorescente compacta (PL)
- lâmpada SL

Anexo 3 - Equipamentos utilizados neste trabalho

LAMPADAS

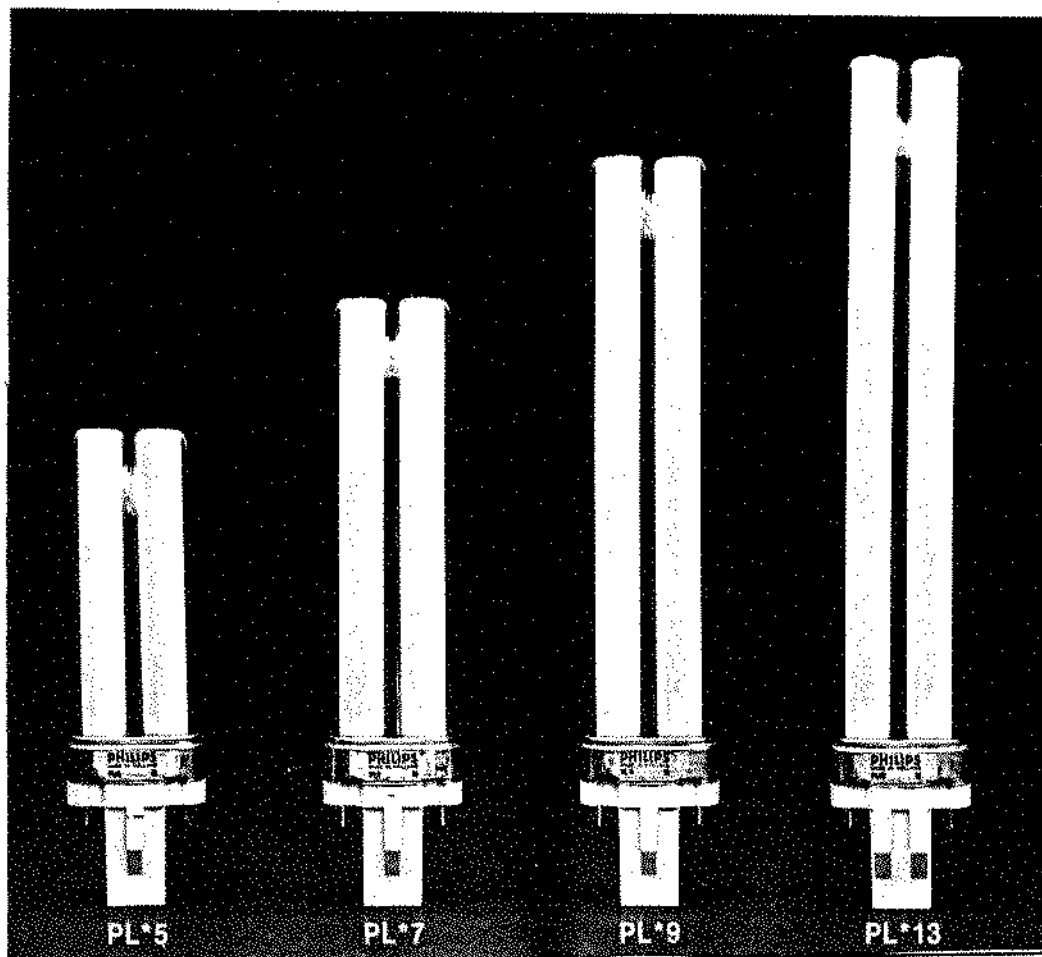
LAMPADA INCANDESCENTE



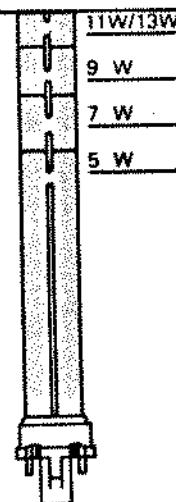
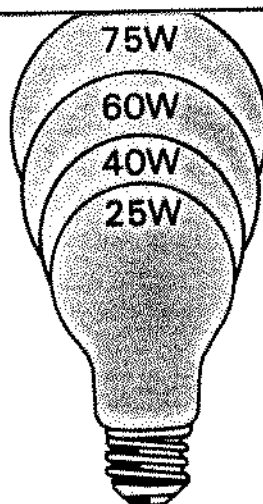
Lâmpadas Incandescentes GLS

Código comercial	Acabamento	Potência (W)	Fluxo Luminoso (lm)			Fig.	Dimensões (mm)	
			115V	127V	220V		Compr.	Diam.
Iluminação Geral — Poupluz — para poupar 10% de energia (base E-27)								
Soft Poupluz	Argenta	22	200	200	-	1	100	60
		36	410	390	320	1	100	60
		54	710	690	590	1	100	60
		67	950	930	840	1	100	60
		90	1.320	1.290	1.160	1	100	60
Iluminação Geral								
Soft	Argenta	25	250	210	200	1	100	60
		40	450	440	400	1	100	60
		60	740	740	650	1	100	60
		75	1.015	1.000	900	1	100	60
		100	1.400	1.380	1.220	1	100	60
Standard	Argenta	150	2.300	2.200	2.050	1	126	75
		25	270	260	220	2	103	60
		40	500	490	430	2	103	60
		60	840	820	730	2	103	60
		100	1.580	1.540	1.360	2	103	60
		150	2.500	2.410	2.220	2	117	85
		200	3.480	3.420	3.140	2	145	80
300	-	5.220	5.040	2	175	90		

LAMPADA FLUORESCENTE COMPACTA

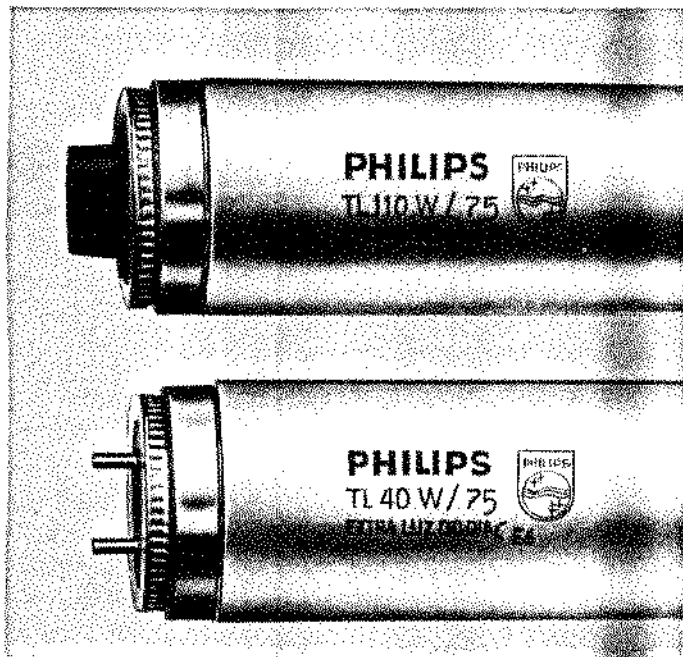


Código comercial	Potência (W)	Tensão da lâmpada (V)	Corrente da lâmpada (A)	Base	Fluxo luminoso (lm)	Eficiência luminosa da lâmpada (lm/w)	Período de partida (Seg)
PL*5	5	33	0,182	G.23	250	50	≥ 2
PL*7	7	45	0,180	G.23	400	57	≥ 2
PL*9	9	59	0,180	G.23	600	67	≥ 2
PL*13	13	60	0,300	GX23	900	69	≥ 2



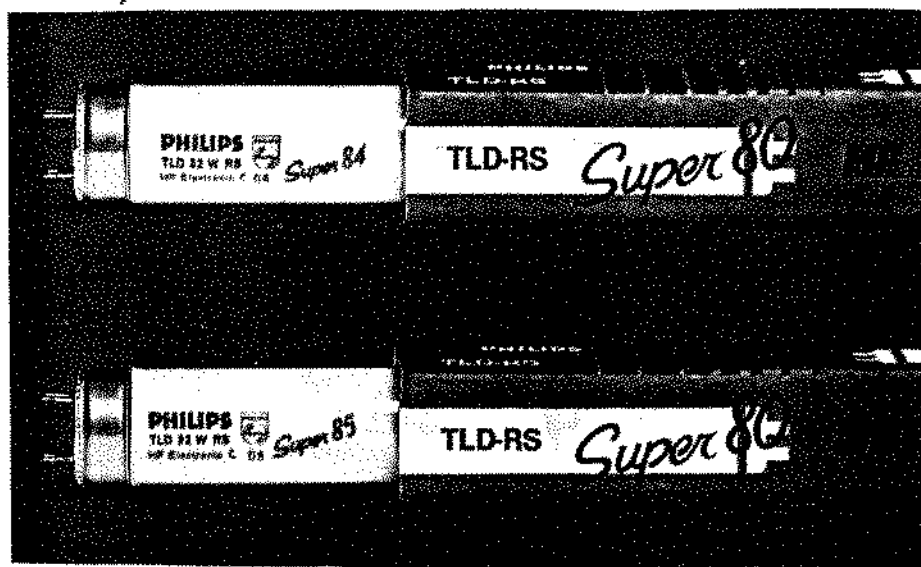
Luz de 25W	Consumo de apenas 5W
Luz de 40W	Consumo de apenas 7W
Luz de 60W	Consumo de apenas 9W
Luz de 75W	Consumo de apenas 11W (220V) ou 13W (127V)

LAMPADA FLUORESCENTE CONVENCIONAL



CÓDIGO COMERCIAL	POTÊNCIA (W)	CORRENTE NA LÂMPADA (A)	BASE	COR	Nº	FLUXO LUMINOSO (lm)**	DIMENSÕES (mm)						
							COMPR. NOMINAL*	DIÂMETRO NOMINAL	A MÁX.	B MÁX.	B MIN.	C MÁX.	D MÁX.
TLD 15	15	0,31	Bipino	Extra Luz do Dia	75	840	450	28	437,4	444,5	442,1	451,6	28,0
TLD 30	30	0,36	Bipino	Extra Luz do Dia	75	2.000	900	26	894,6	901,7	899,3	908,8	28,0
TLRS 20	20	0,37	Bipino	Extra Luz do Dia	75	1.060	600	38	589,8	596,9	594,4	604,0	40,5
TLRS 40	40	0,43	Bipino	Extra Luz do Dia	75	2.700	1.200	38	1199,4	1206,5	1204,1	1213,4	40,5
TLRS 65	65	0,67	Bipino	Extra Luz do Dia	75	4.500	1.500	38	1500,0	1507,1	1504,7	1514,7	40,5
TLRS 110	110	0,80	Duplo Embutido	Extra Luz do Dia	75	8.300	2.380	38	2374,9	2382,0	2379,7	2385,3	40,5

LAMPADA FLUORESCENTE NOVA GERAÇÃO



CÓDIGO COMERCIAL	POTÊNCIA (W)	TENSÃO DA LÂMPADA (V)	CORRENTE NA LÂMPADA (A)	BASE	TONALIDADE DE COR Nº	FLUXO LUMINOSO (lm)	IRC	TEMPERATURA DE COR (°K)
TLDRS 16/84	16	74	0,265	Bipino	84	1250	85	4.000
TLDRS 16/85	16	74	0,265	Bipino	85	1150	85	5.000
TLDRS 32/84	32	135	0,265	Bipino	84	2900	85	4.000
TLDRS 32/85	32	135	0,265	Bipino	85	2750	85	5.000

REATORES

Reatores para Lâmpadas Fluorescentes - RTL

Reatores Série Ouro

Reatores para Lâmpadas Fluorescentes

Código comercial	Reator	Partida	Lâmpada quantidade x Watts	Tensão da rede 60hz(V)	Corrente da linha (A)	Starter a ser usado	Dimensões(mm)			Peso (kg)
							Compr.	Larg.	Alt.	
RTL 20B16		Convenc	1x20	118	0,38	S-2	80	47,6	33,0	0,32
RTL20B126		Convenc	1x20	127	0,38	S-2	80	47,6	33,0	0,32
RTL20B26		Convenc	1x20	220	0,38	S-2	96	47,6	38,5	0,55
RTL20B16PR		Rápida	1x20	118	0,80	*	128	63,8	48,5	1,24
RTL20B126PR		Rápida	1x20	127	0,74	*	128	63,8	48,5	1,24
RTL20B26PR		Rápida	1x20	220	0,48	*	150	63,8	48,5	1,35
RTL40B16	Simple	Convenc	1x40	118	0,97	S-10	128	63,8	48,5	1,24
RTL40B126		Convenc	1x40	127	0,95	S-10	128	63,8	48,5	1,24
RTL40B26		Convenc	1x40	220	0,43	S-10	96	47,6	38,5	0,55
RTL40B16PR		Rápida	1x40	118	0,95	*	128	63,8	48,5	1,24
RTL40B126PR		Rápida	1x40	127	0,86	*	128	63,8	48,5	1,24
RTL40B26PR		Rápida	1x40	220	0,60	*	150	63,8	48,5	1,35
RTL65B16		Convenc	1x65	118	1,65	S-10	202	63,8	48,5	2,50
RTL65B26		Convenc	1x65	220	0,67	S-10	105	63,8	43,0	0,95
RTL110A26PR		Rápida	1x110	220	0,61	*	202	63,8	48,5	2,20
RTL220A16PR		Rápida	2x20	118	0,47	*	202	63,8	43,0	1,50
RTL220A126PR		Rápida	2x20	127	0,45	*	202	63,8	43,0	1,50
RTL220A26PR		Rápida	2x20	220	0,26	*	202	63,8	43,0	1,50
RTL240A26		Convenc	2x40	220	0,47	2xS-10	202	63,8	43,0	1,50
RTL240A16PR	Duplo	Rápida	2x40	118	0,87	*	202	63,8	43,0	1,50
RTL240A126PR		Rápida	2x40	127	0,80	*	202	63,8	43,0	1,50
RTL240A26PR		Rápida	2x40	220	0,51	*	202	63,8	43,0	1,50
RTL265A26		Convenc	2x65	220	0,72	2xS-10	285	63,8	43,5	2,31
RTL265A16		Convenc	2x65	118	1,50	*	253	63,8	48,5	2,60
RTL2110A26PR		Rápida	2x110	220	1,30	*	285	79,5	65,5	4,31

Reatores para Lâmpadas TLDHF Electronic

RTL16B16PR		Rápida	1x16	118	0,70	*	128	63,8	48,5	1,35
RTL16B126PR		Rápida	1x16	127	0,60	*	128	63,8	48,5	1,35
RTL16B26PR		Rápida	1x16	220	0,45	*	150	63,8	48,5	1,61
RTL32B16PR	Simple	Rápida	1x32	118	0,63	*	128	63,8	48,5	1,35
RTL32B126PR		Rápida	1x32	127	0,55	*	128	63,8	48,5	1,35
RTL32B26PR		Rápida	1x32	220	0,46	*	150	63,8	48,5	1,61
RTL216A16PR		Rápida	2x16	118	0,45	*	202	63,8	43,0	1,60
RTL216A126PR		Rápida	2x16	127	0,40	*	202	63,8	43,0	1,60
RTL216A26PR		Rápida	2x16	220	0,23	*	202	63,8	43,0	1,63
RTL232A16PR	Duplo	Rápida	2x32	118	0,75	*	202	63,8	43,0	1,50
RTL232A126PR		Rápida	2x32	127	0,70	*	202	63,8	43,0	1,50
RTL232A26PR		Rápida	2x32	220	0,42	*	202	63,8	43,0	1,50

Reatores para Lâmpadas PL*

RPL5B16		Convenc	1x5	118	0,18	—	80	47,6	33,0	0,32
RPL5B26		Convenc	1x5	220	0,18	—	80	47,6	41,5	0,32
RPL7/9B 16		Convenc	1x7	118	0,18	—	80	47,6	33,0	0,32
			1x9		0,18	—	80	47,6	41,5	0,55
RPL7/9/11B26		Convenc	1x7	220	0,18	—	80	47,6	33,0	0,32
			1x9		0,18	—	80	47,6	41,5	0,55
RPL13B16		Convenc	1x13	118	0,30	—	80	47,6	33,0	0,32

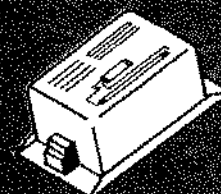
*Os reatores de partida rápida (PR) não necessitam de starters

Reatores Série Bronze

Reatores para Lâmpadas Fluorescentes

SC20B16		Convenc	1x200	118	0,37	S-2	80	47,6	33,0	0,32
SC20B126		Convenc	1x20	127	0,37	S-2	80	47,6	33,0	0,32
SC20B26		Convenc	1x20	220	0,37	S-2	96	47,6	38,5	0,55
SC40B16		Convenc	1x40	119	0,94	S-2	128	63,8	48,5	1,24
SC40B126		Convenc	1x40	127	0,92	S-10	128	63,8	48,5	1,24
SC40B26		Convenc	1x40	220	0,42	S-10	96	47,6	38,5	0,55
SR20B16		Rápida	1x20	118	0,75	*	128	63,8	48,5	1,24
SR20B126	Simple	Rápida	1x20	127	0,66	*	128	63,8	48,5	1,24
SR20B26		Rápida	1x20	220	0,47	*	150	63,8	48,5	1,35
SR40B16		Rápida	1x40	118	0,93	*	128	63,8	48,5	1,24
SR40B126		Rápida	1x40	127	0,80	*	128	63,8	48,5	1,24
SR40B26		Rápida	1x40	220	0,55	*	150	63,8	48,5	1,35
SR110A26		Rápida	1x110	220	0,51	*	202	63,8	48,0	1,85
DR20A16		Rápida	2x20	118	0,45	*	202	63,8	43,0	1,50
DR20A126		Rápida	2x20	127	0,42	*	202	63,8	43,0	1,50
DR20A26		Rápida	2x20	220	0,24	*	202	63,8	43,0	1,50
DR40A16	Duplo	Rápida	2x40	118	0,85	*	202	63,8	43,0	1,50
DR40A126		Rápida	2x40	127	0,75	*	202	63,8	43,0	1,50
DR40A26		Rápida	2x40	220	0,45	*	202	63,8	43,0	1,50
DR110A26		Rápida	2x110	220	1,20	*	285	79,5	65,5	4,31

*Os reatores de partida rápida não necessitam de starters



**CONVERSORES ELETRÔNICOS PARA LÂMPADAS FLUORESCENTES
REATORES ELETRÔNICOS**

Os reatores eletrônicos substituem diretamente os reatores convencionais com maior eficiência lumens/watt, conseguida alimentando-se as lâmpadas com frequência elevada (cerca de 40 kHz) associada à maior eficiência alcançada pelo circuito eletrônico, atingindo um incremento na eficiência global da ordem de 30%.

Esta maior eficiência é obtida através do citado aumento da frequência de alimentação para 40 kHz, fazendo com que o plasma do gás da lâmpada emita a mesma quantidade de luz com menores perdas do que as obtidas com 60 Hz (frequência dos reatores convencionais).

Assim, se a 60 Hz são necessários 40 W para iluminação, em 40 kHz serão necessários 35 a 36 W para a mesma função. Soma-se a isto, uma maior eficiência no próprio consumo do reator, devido ao circuito eletrônico, o que reduz a demanda média de 16 W dos reatores convencionais para 4 W desta tecnologia mais avançada.

Outra vantagem em se utilizar reatores eletrônicos é a redução da carga térmica para ar condicionado em grandes instalações, além da redução da fiação de cobre em instalações elétricas, decorrente do menor consumo de energia elétrica.

Um atrativo adicional para instalações industriais com reatores eletrônicos se deve ao fato da ausência de efeito estroboscópico.

Nos modelos comerciais desenvolvidos (2 x 40 W), o seu custo é 3 vezes superior ao reator convencional, esperando-se com o aumento da produção a redução desta relação.

Apesar do custo inicial maior, a sua maior eficiência durante sua vida útil o torna competitivo com os reatores convencionais.

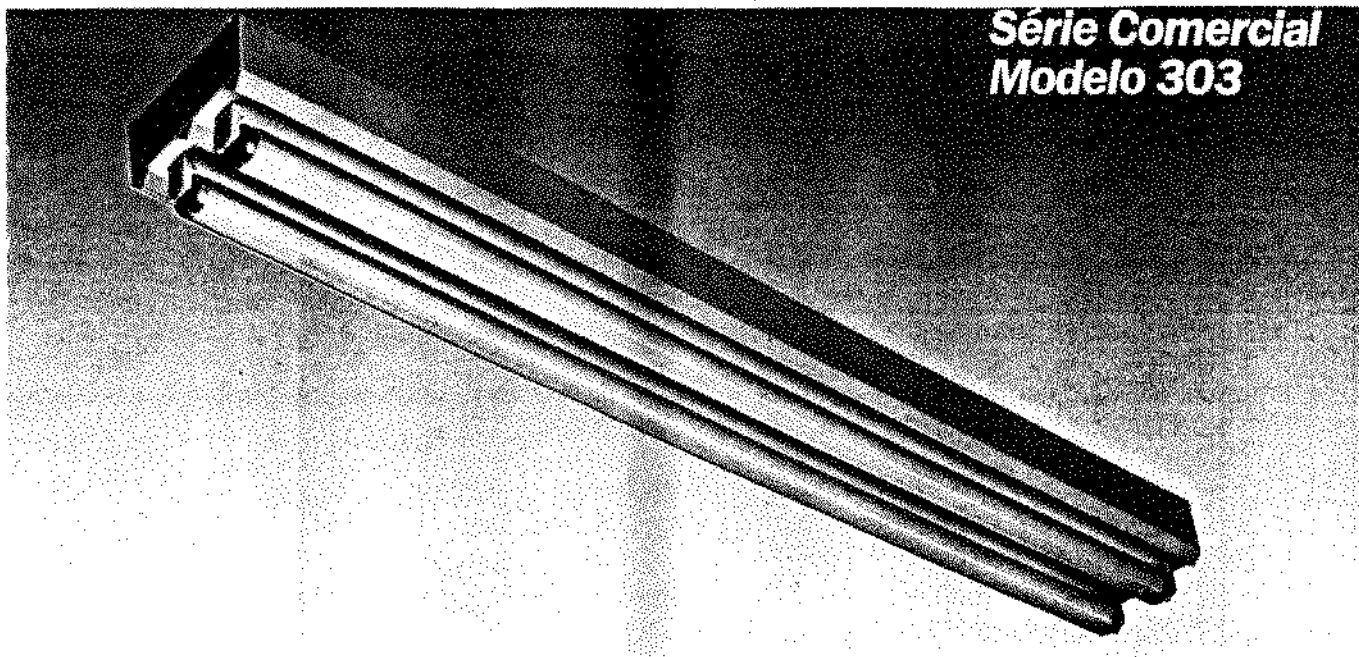
A Tabela em anexo, demonstra para comparação, os principais parâmetros entre reatores convencionais e reatores eletrônicos.

	Potência Absorv. (W)	Consumo Relativo %	Fator de Potência	Peso (kg)	Altura (mm)	Largura (mm)	Comp. (mm)
Convenc. Típico Reator 2x40 W 220 V	96	100	0,95	1,3	50	60	150
Reator Eletrônico CESP 2 x 40 W 220 V	74	77	0,95	0,3	40	40	170

Estima-se que em 1986 no Brasil, a iluminação de escritórios e prédios comerciais que utilizam lâmpadas fluorescentes consumia cerca de 5% do consumo total de energia elétrica ou cerca de 1700 MW, a adoção de reatores eletrônicos representaria um potencial de conservação de energia elétrica de 20% desse total ou cerca de 340 MW.

LUMINARIAS

LUMINARIA COMERCIAL - 3 X 40 W

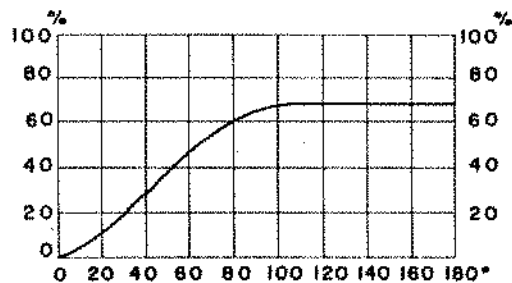


**Série Comercial
Modelo 303**

Aplicações: Luminária plafonier, estilo simples e decorativa, indicada para iluminação de ambientes como: salas aula, escritórios, galerias, corredores, lojas etc.

Características Técnicas: Projetada para 1, 2, 3 ou 4 lâmpadas fluorescentes de 20 e 40 watts ou 1 e 2 de 110 ts. Proporciona ótimo desempenho luminotécnico em função de sua característica construtiva. Construída originalmente em chapa de aço tratado quimicamente, assegurando alto padrão de qualidade.

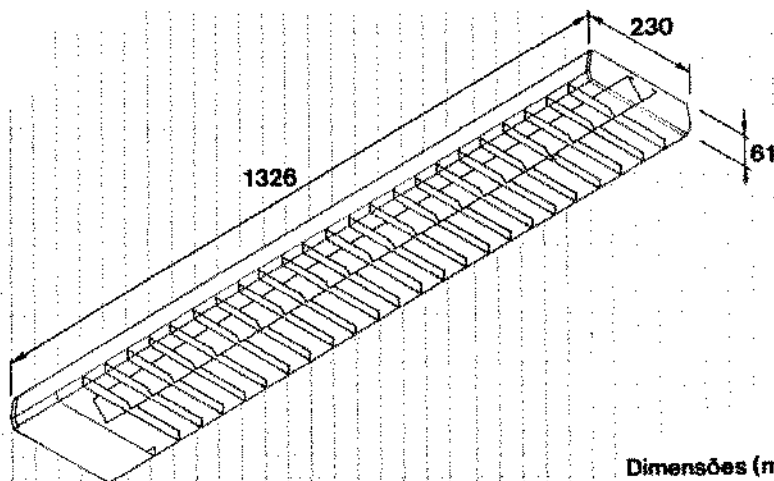
Curva Zonal



LUMINARIA COMERCIAL - 2 X 32 W

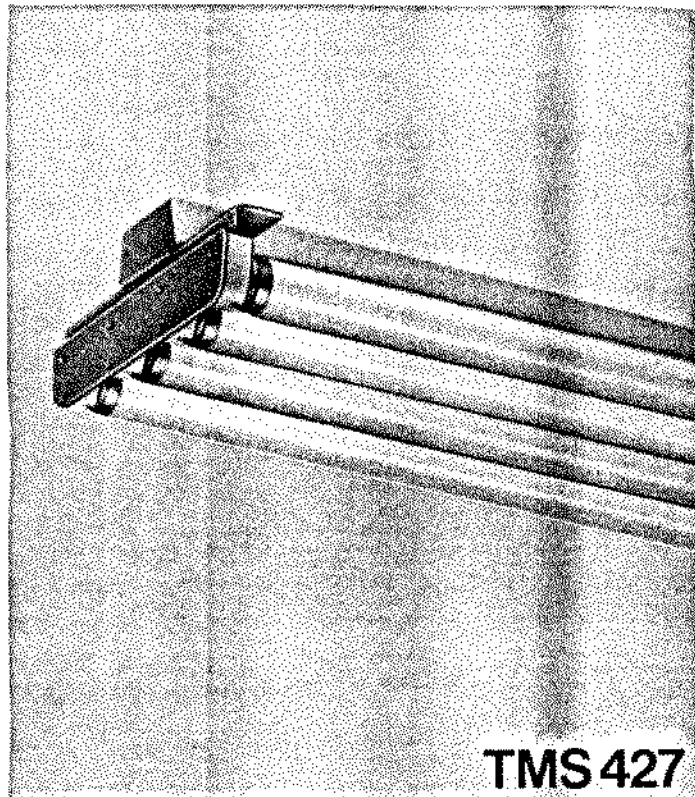
Luminária TCS 029

- Ótima distribuição de luz
- Design moderno
- Dimensões reduzidas
- Fácil manutenção
- Maior rendimento
- Porta-lâmpada menor
- Pintura especial
- Alta resistência mecânica



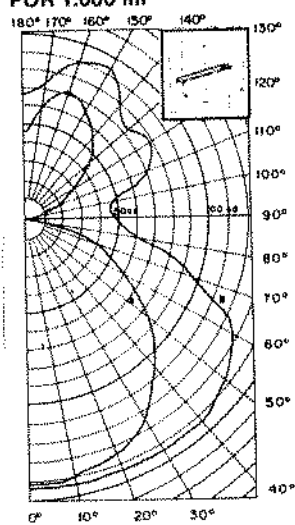
Dimensões (mm)

LUMINARIA TIPO "PORTA LAMPADA"

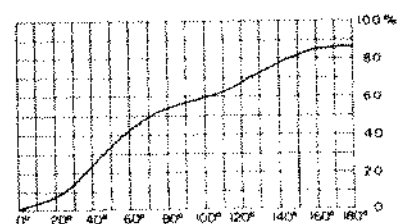


TMS 427

**CURVA DE DISTRIBUIÇÃO
POR 1.000 lm**

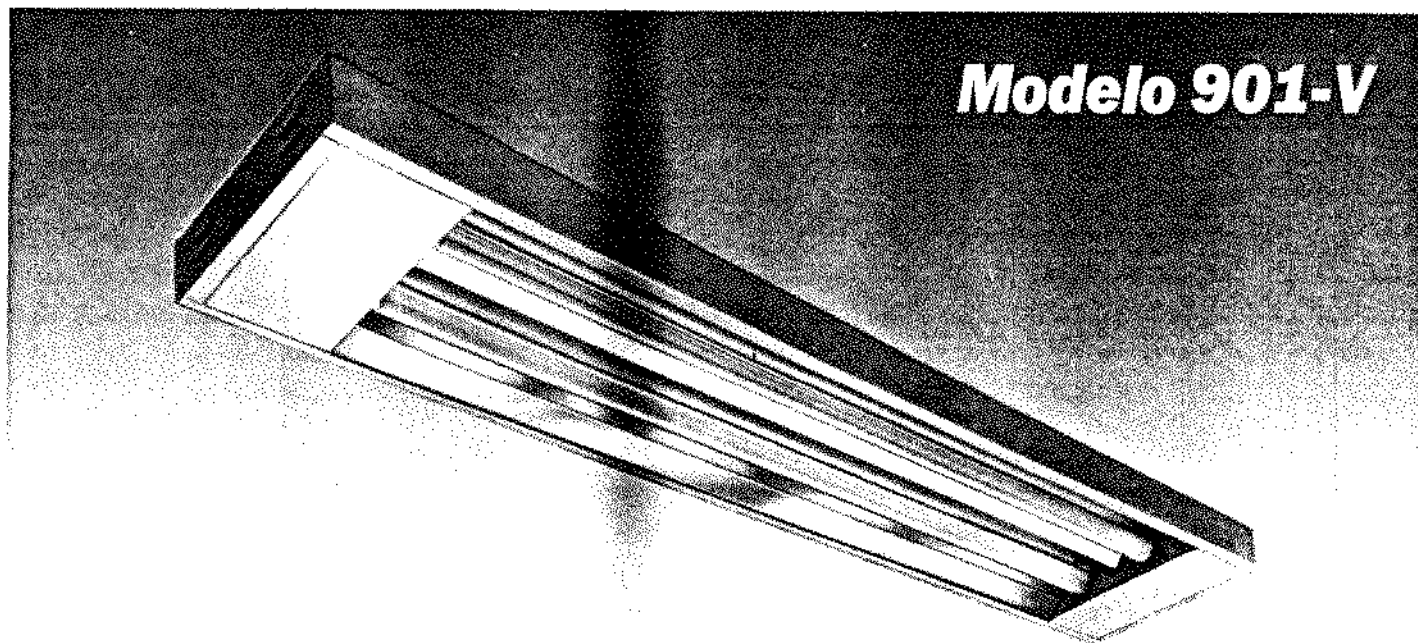


**CURVA ZONAL
TMS 427 c/ 4 lâmpadas de 65 W**



LUMINARIA REFLEXIVA

LUZ 50% MAIS BARATA.



Modelo 901-V

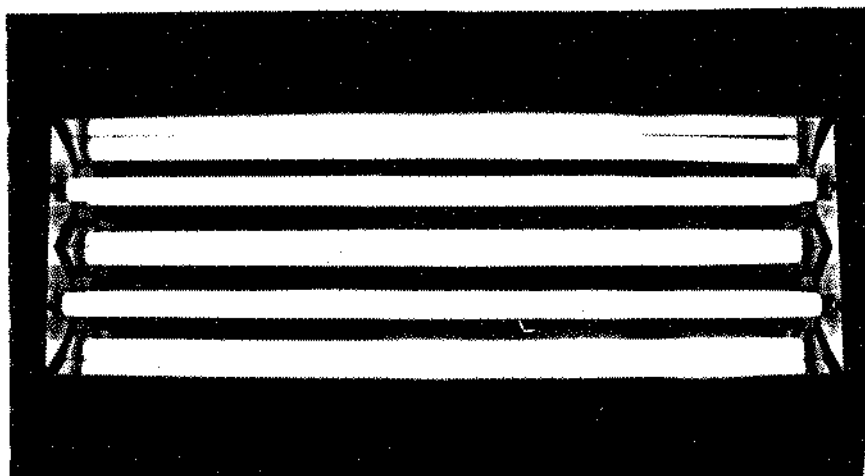
Nos dias de hoje notícia como esta não dá para acreditar.

Mas, para quem escolhe as Luminárias Reflexivas Itaim isso é um fato, pois vai logo descobrir que com elas será possível diminuir sensivelmente o consumo de luz e... driblar a inflação. É que as Luminárias Reflexivas Itaim têm um design ultra-avançado,

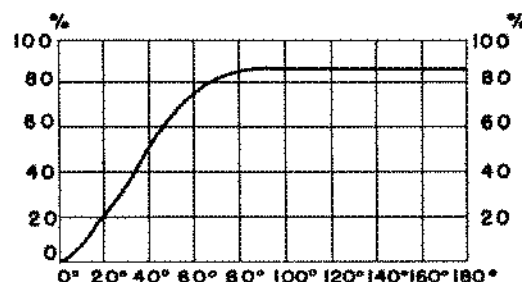
proporcionando mais luminosidade por kilowatt consumido.

E tem mais. Com as Luminárias Reflexivas Itaim até seu aparelho de ar-condicionado vai trabalhar menos e economizar, pois a carga térmica das mesmas é bem menor.

Exija a marca Itaim em suas luminárias. Certeza de qualidade e economia.



CURVA ZONAL



LUMINÁRIAS REFLEXIVAS

São luminárias para lâmpadas fluorescentes que utilizam superfícies reflexivas.

O seu formato, caracteriza-se pelo direcionamento dos raios luminosos para o plano de trabalho, evitando duas importantes ocorrências usuais:

- ofuscamento acentuado em ambientes maiores;
- reflexão pelas paredes responsáveis por grandes perdas do fluxo luminoso.

O revestimento reflexivo é constituído por espelhos de vidro de pequena espessura. A escolha do espelho deve-se à necessidade de substituição do material mais conveniente que seria o alumínio de excelente qualidade, não disponível no mercado nacional.

A utilização de espelhos delgados viabiliza luminárias leves e seguras.

Este tipo de luminária pode ser utilizado em uma ou duas lâmpadas fluorescentes, de 32 W ou 40 W.

Suas dimensões e pesos são compatíveis com as luminárias convencionais, podendo assim utilizar as mesmas instalações.

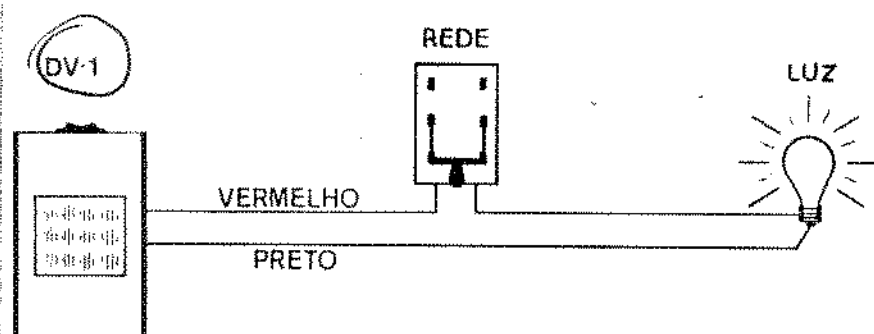
O rendimento dessas luminárias varia de 80% a 90% de acordo com o perfil das luminárias e o número de lâmpadas utilizadas.

A utilização de luminárias reflexivas reduz a quantidade de lâmpadas necessárias para um mesmo efeito de iluminação.

SENSOR DE PRESENÇA

SENSOR DE PRESENÇA PARA MÚLTIPLAS APLICAÇÕES

ESQUEMAS DE LIGAÇÃO



Especificações Técnicas:

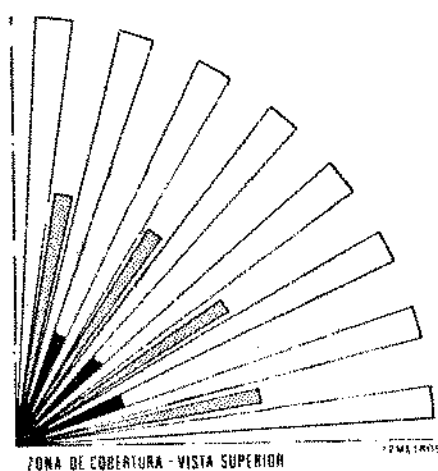
Tensão de alim.: 110/220 V. AC

Carga max. comut.: 400/800 watts

Consumo: 30/60 mA

DV-1: Sistemas de Iluminação

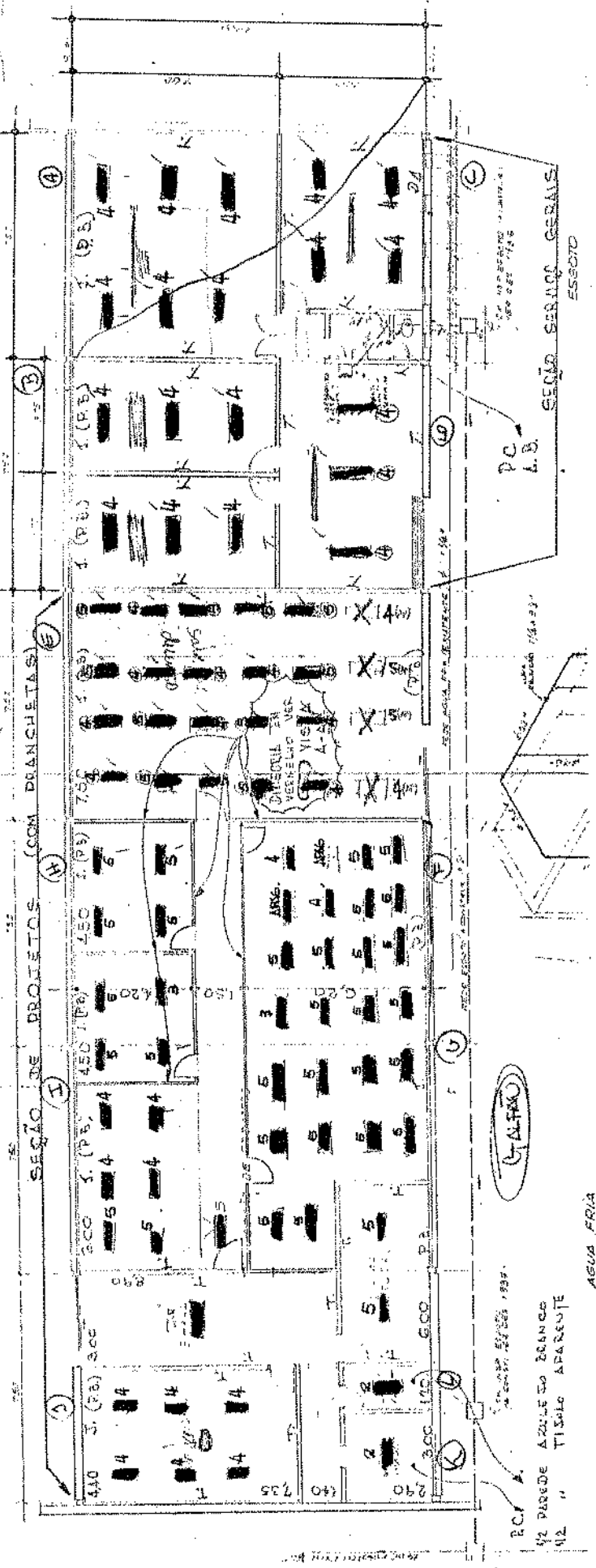
CAMPO DE VISÃO



Anexo 4 - Planta 1: Distribuição do sistema de iluminação e iluminâncias do estudo 1- "Torre Beta"

Anexo 5 - Planta 2: Edifício da Regional de Distribuição de
Rio Claro- estudo 2

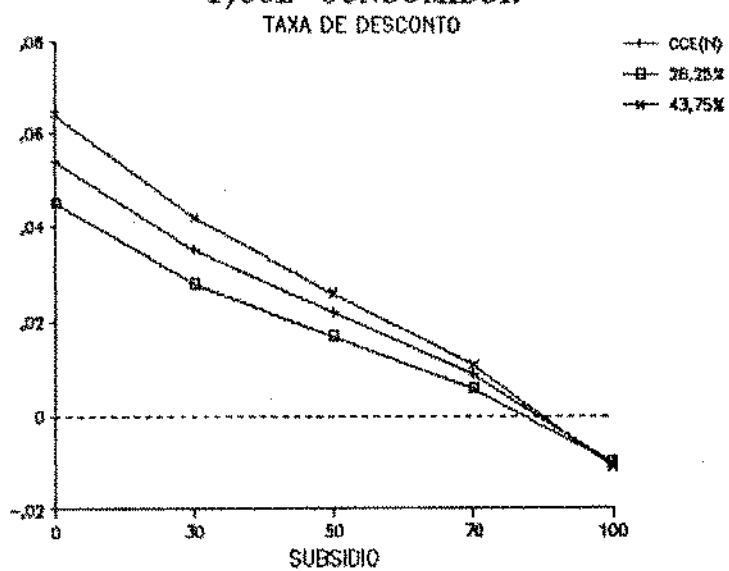
CORTE TIPOICO DAS JANELAS
VISTA A-A



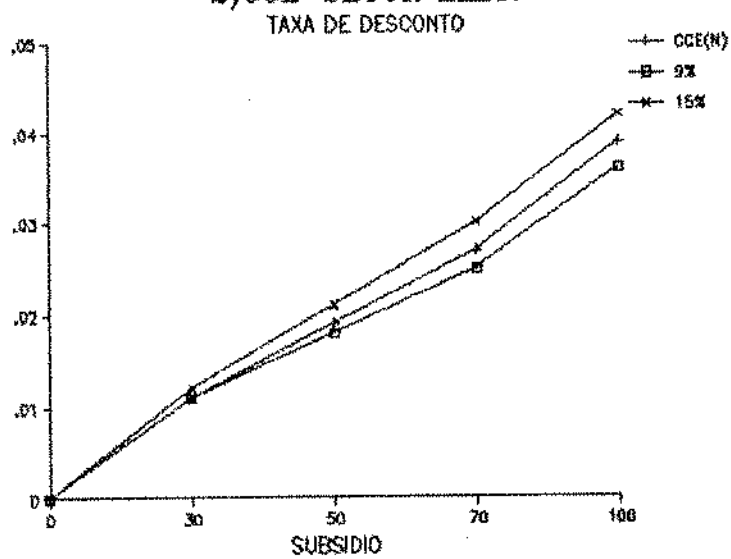
Anexo 6 - Planta 3: Edifício - estudo 3

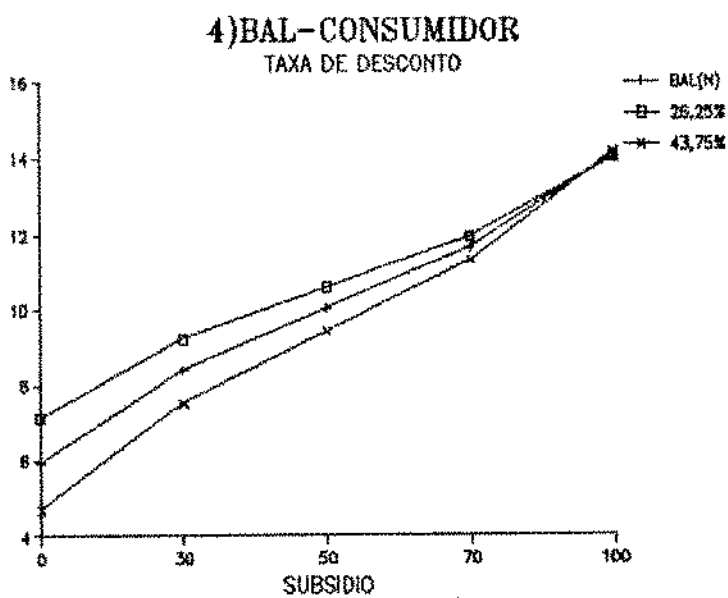
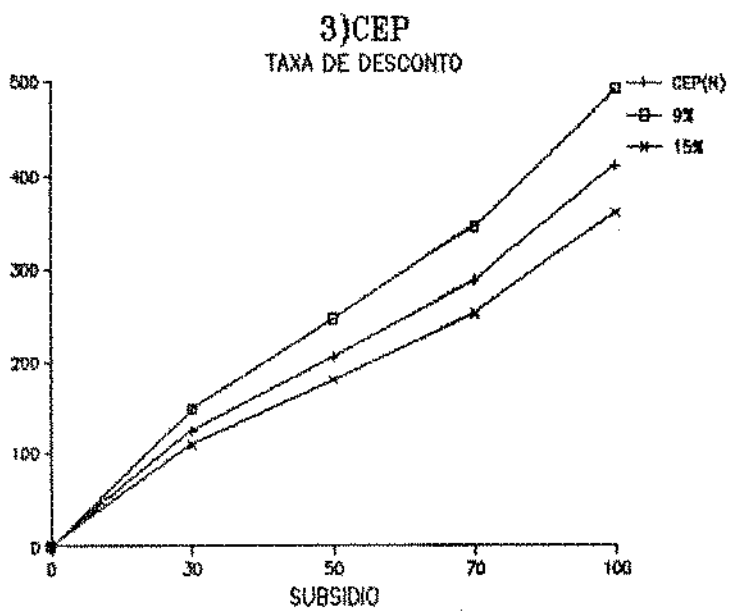
Anexo 7 - Análise de sensibilidade

1) CCE-CONSUMIDOR



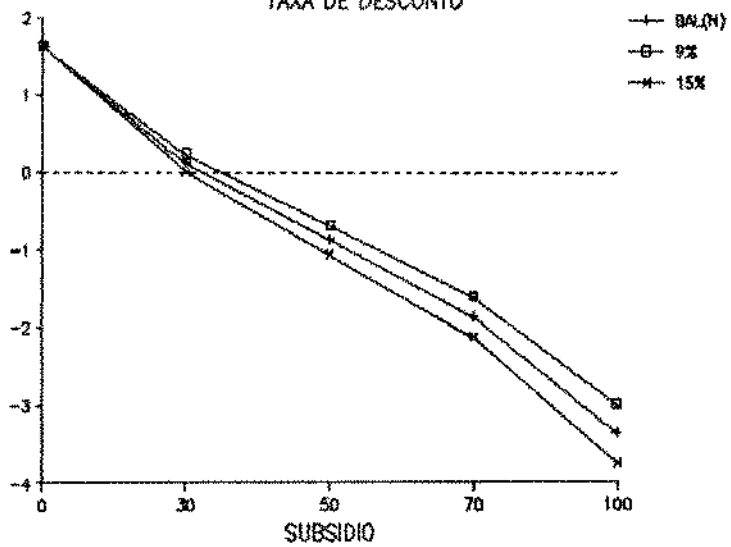
2) CCE-SETOR ELET.





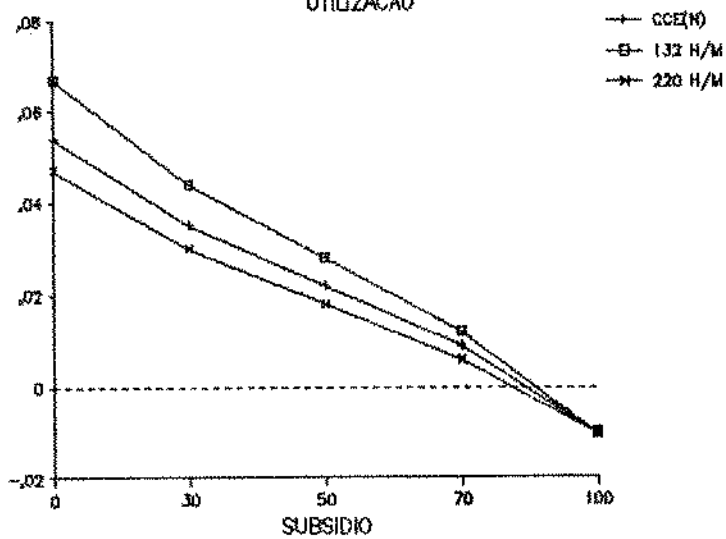
5) BAL-SETOR ELETRICO

TAXA DE DESCONTO



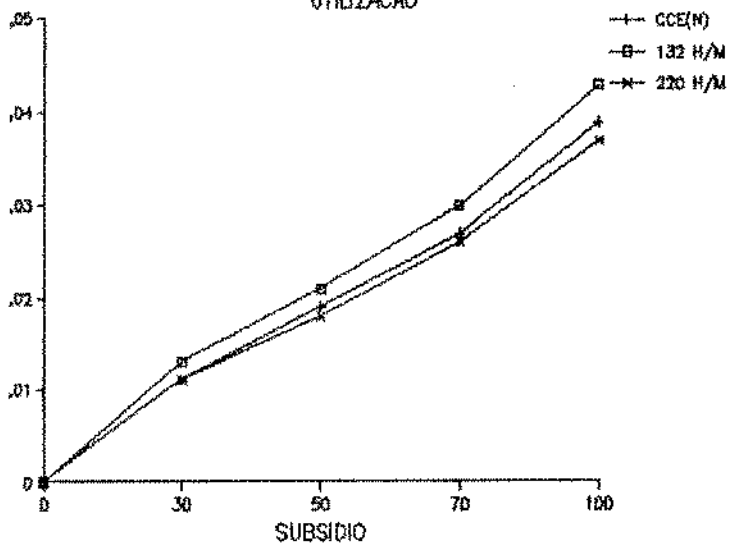
1) CCB-CONSUMIDOR

UTILIZACAO



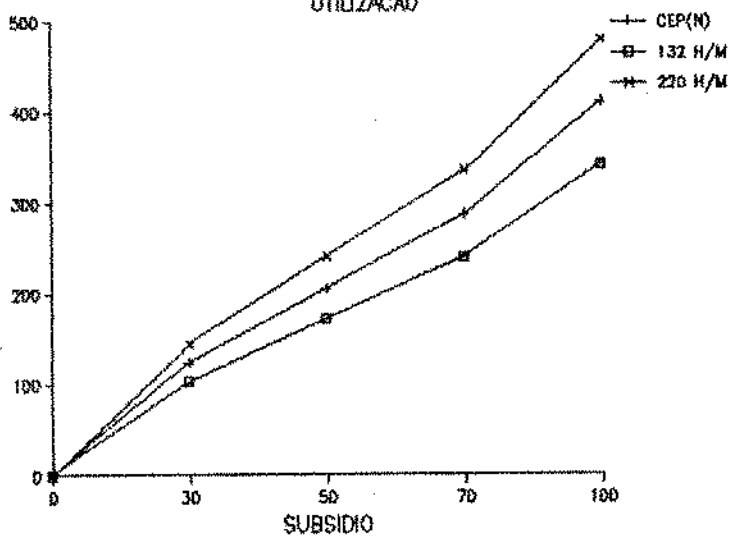
2) CCE-SETOR ELET.

UTILIZACAO

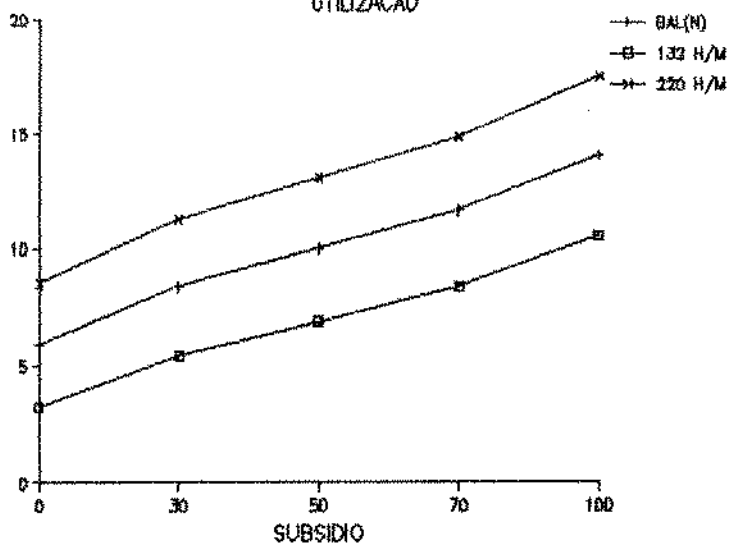


3) CEP

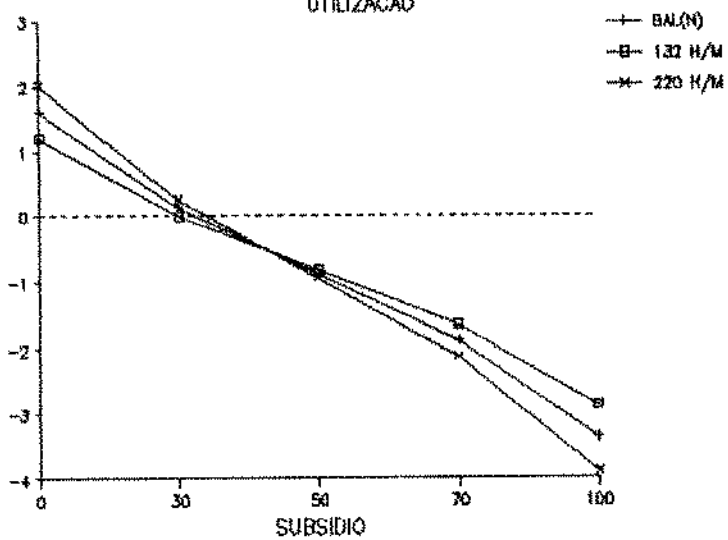
UTILIZACAO



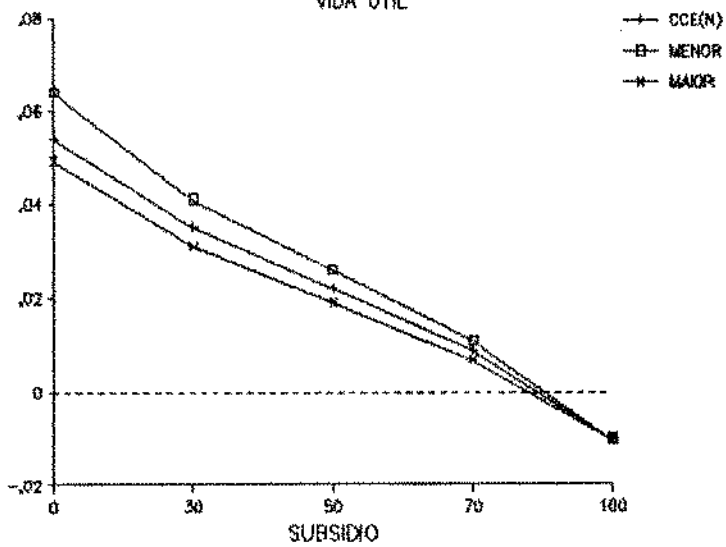
4) BAL-CONSUMIDOR UTILIZACAO



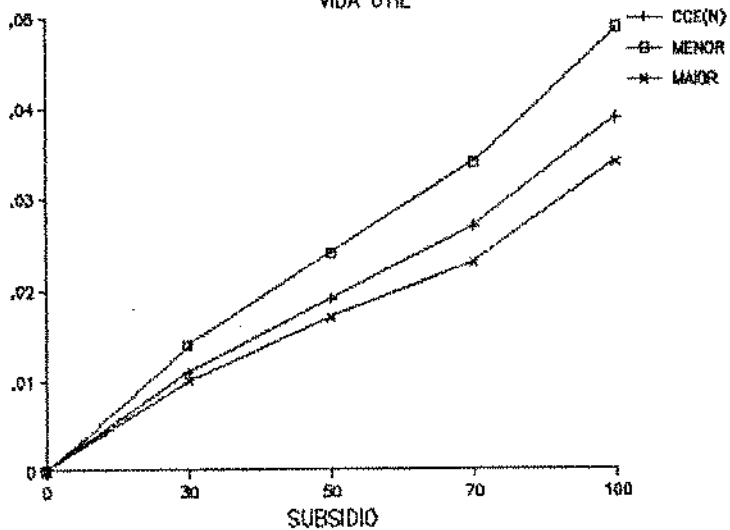
5) BAL-SETOR ELETRICO UTILIZACAO

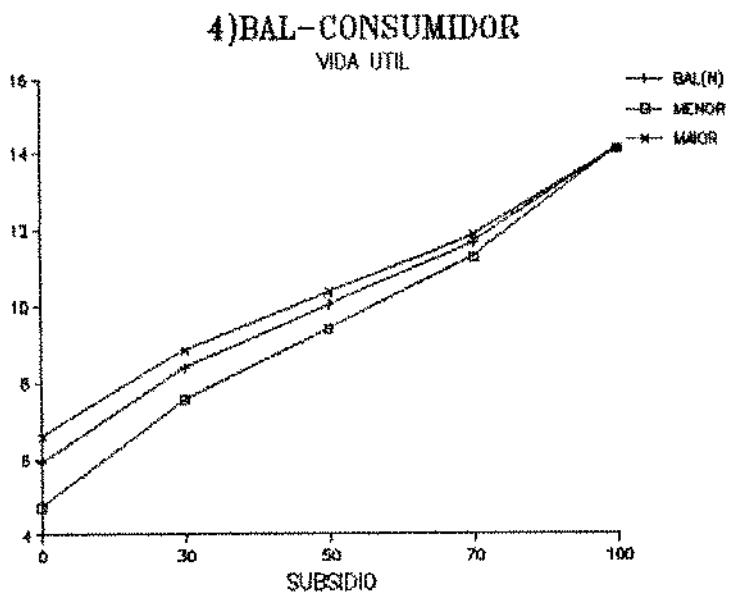
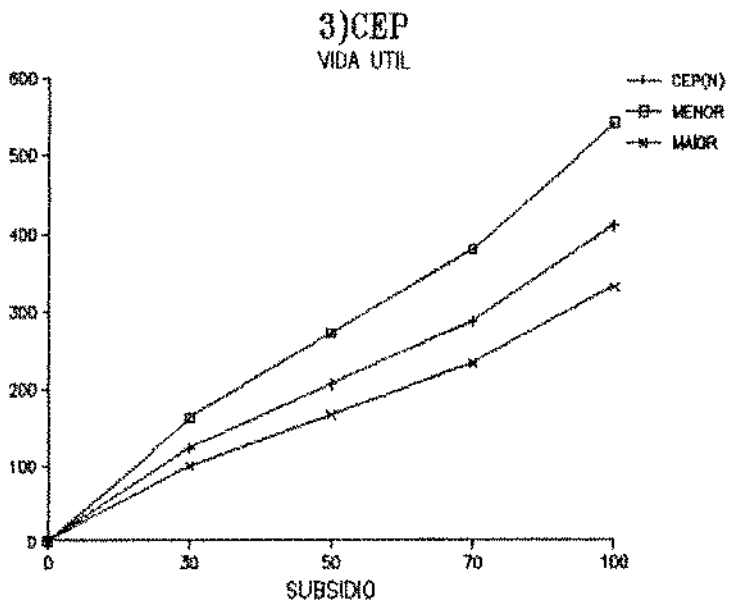


1) CCE-CONSUMIDOR
VIDA UTIL



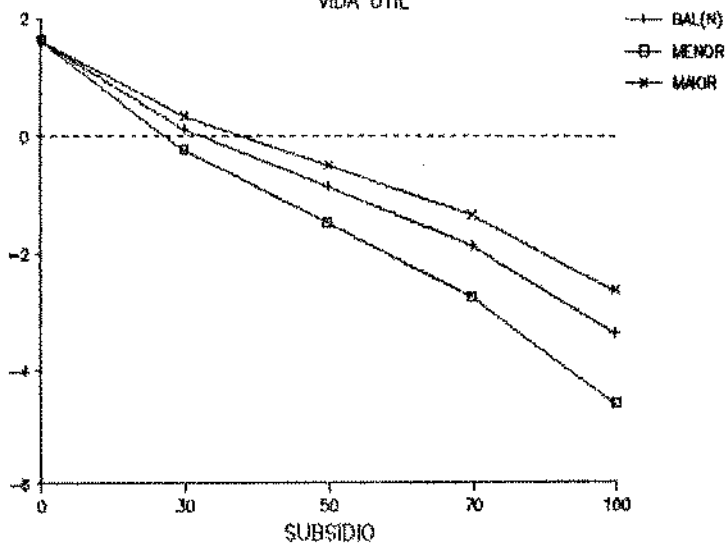
2) CCE-SETOR ELET.
VIDA UTIL





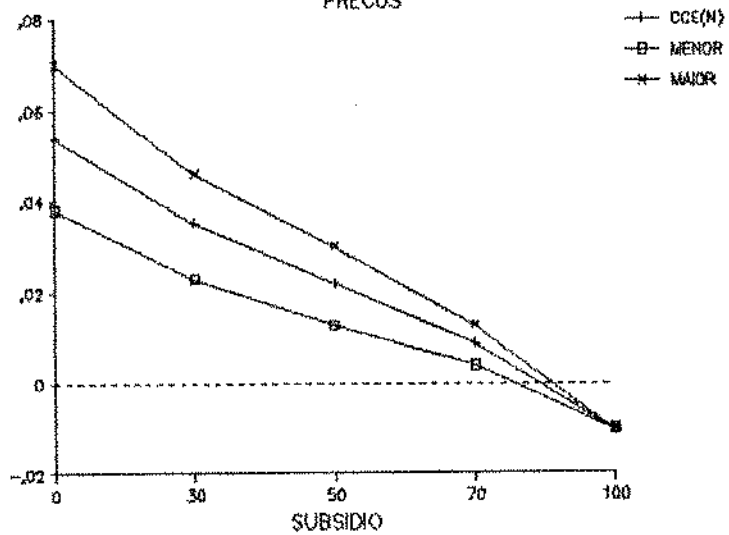
5) BAL-SETOR ELETRICO

VIDA UTIL



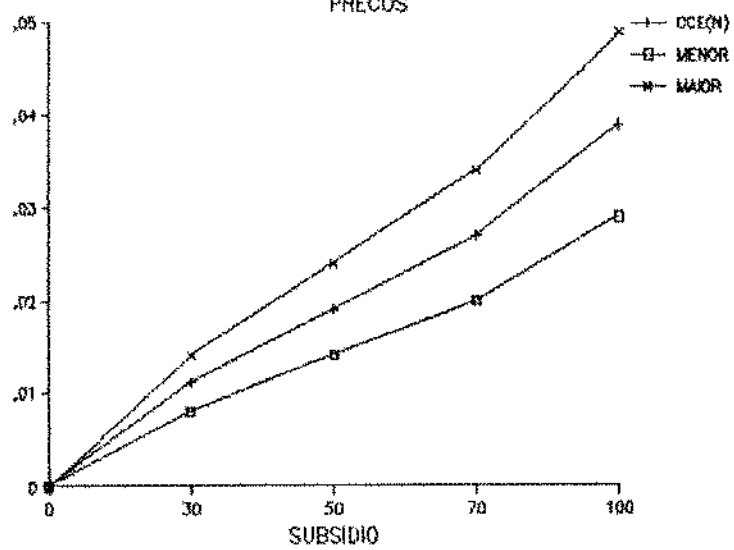
1) CCE-CONSUMIDOR

PREÇOS



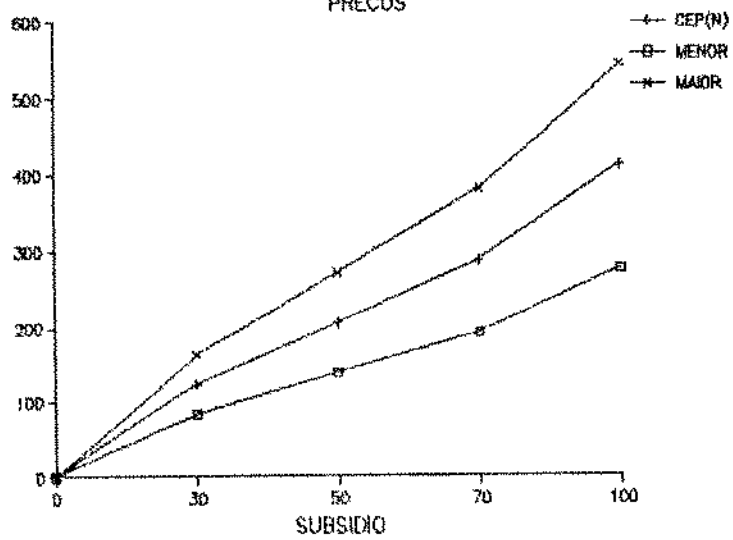
2)CCE-SETOR ELET.

PREÇOS

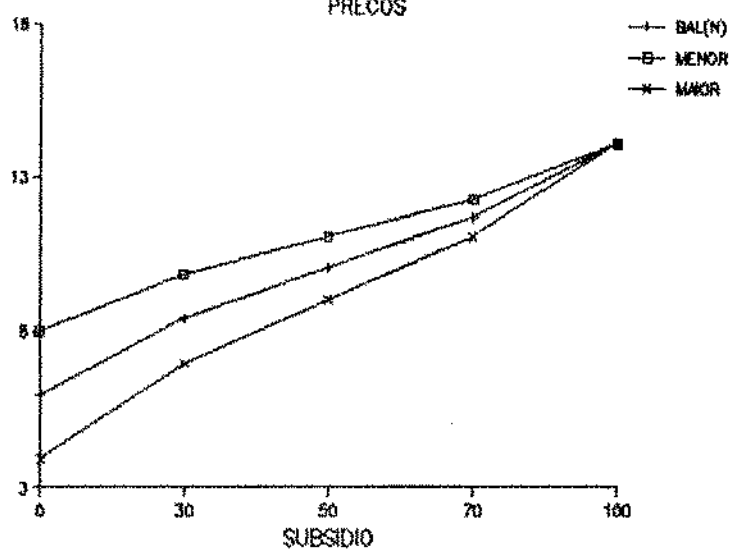


3)CEP

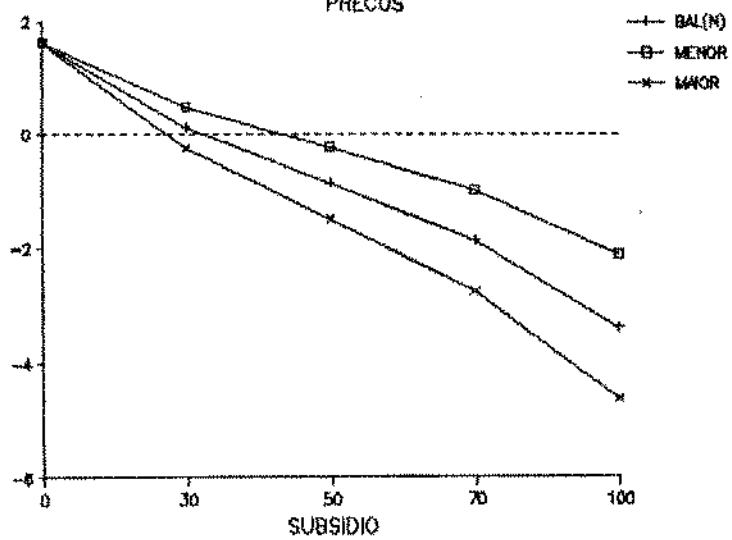
PREÇOS



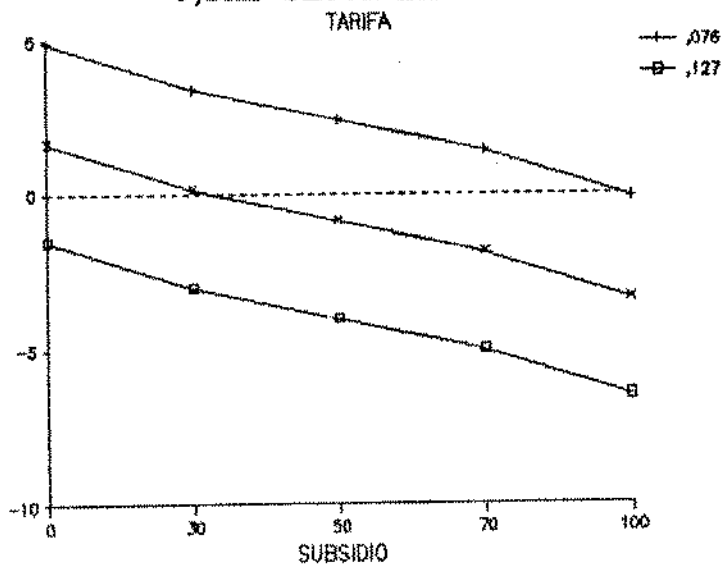
4) BAL-CONSUMIDOR PREÇOS



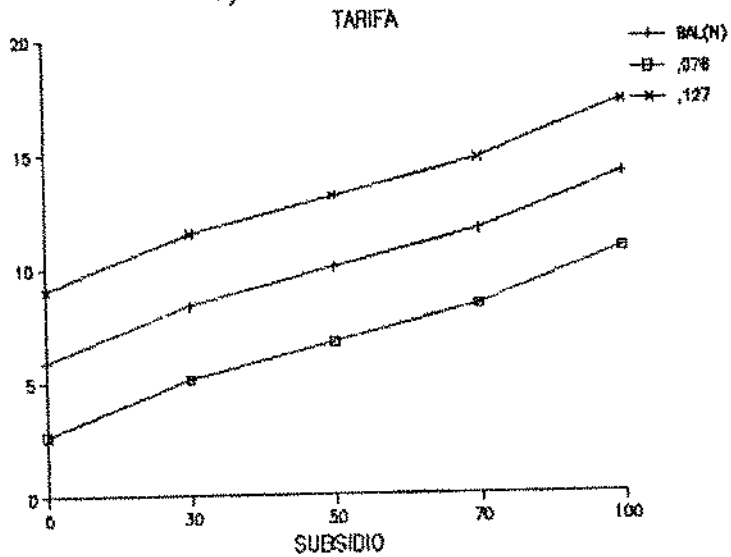
5) BAL-SETOR ELETRICO PREÇOS



5) BAL-SETOR ELETRICO



4) BAL-CONSUMIDOR



Anexo 8 - Análise Econômica

ANALISE ECONOMICA

1) CCE: CUSTO DA ENERGIA CONSERVADA

$$CCE = \frac{(I \times r) + Q}{E} \text{ (US\$/kWh)}$$

I= INVESTIMENTO

r= TAXA DE RECUPERACAO DE CAPITAL

Q= INCREMENTO DE CUSTOS DE OPERACAO E MANUTENCAO.

E= ENERGIA CONSERVADA

$$r = \frac{d}{(1 - (1+d)^{-n})}$$

i=TX. DE DESCONTO E n= NUM. PERIODOS

2) CEP: CUSTO DA CAPACIDADE EVITADA
NO HORARIO DE PICO (US\$/kW)

$$CEP = \frac{UPL(\text{INVEST.} + \text{CUSTO OPER. E MANUT.})}{\text{CAPACIDADE INSTALADA POUPADA}}$$

CALCULA-SE SOMENTE NA PERSPECTIVA DO SETOR ELETRICO, DURANTE A VIDA DE UMA USINA (50 ANOS).

3) BAL: BENEFICIO ANUAL LIQUIDO

$$BAL = \text{RECEITA} - \text{CUSTO} , \text{ US\$}$$

CONTABILIZA TODOS OS CUSTOS E BENEFICIOS, COMO REDUCAO NA CONTA DE E.E, PERDA DE RECEITA, INVESTIMENTOS , ETC. UTILIZA-SE PARA O CONSUM. E S. ELETRICO

CALCULO DO CCE

CONSUMIDOR: CCE= $\frac{(I2 \times r \times \%S) - (I1 \times r)}{\text{energia conservada}}$

SETOR ELET: CCE= $\frac{(I2 \times r \times \%S)}{\text{energia conservada}}$

SENDO: I1= INU. CONVENCIONAL

I2= INU. EFICIENTE

r = FATOR DE RECUP. CAPITAL

%S= % DE INCENTIVOS

CALCULO DO CEP

$$\text{CEP} = \frac{\text{UPL}(\text{INU}) \times \% S}{\text{POT. EVITADA}}$$

$$\text{UPL} = \frac{\text{INU.} \times (1+i)^n - 1}{(1+i)^n \times i} + \text{INU}$$

$$\text{UPL}(\text{INU}) = \text{UPL}(\text{ATUAL}) - \text{UPL}(\text{ANTERIOR})$$

$$\text{POTENCIA PTO GERACAO} = \frac{\text{POT} \times 1,1764}{0,9}$$

50 ANOS, CONSIDERANDO TODAS AS SUBSTITUICOES DURANTE O PERIODO.

CALCULO DO BAL

1=CONVENCIONAL

2=EFICIENTE

CONSUMIDOR: BAL= CUSTOS 1 - CUSTOS 2

CUSTOS 1= (INU. 1 x r) + CONTA E. E. (1)

CUSTOS 2= (INU. 2 x r x %S) + CONTA (2)

SETOR ELET: BAL= CUSTOS 1 - CUSTOS 2

CUSTOS 1= RECEITA 1

CUSTOS 2= (INU. 2 x r x %S) + RECEITA 2

A RECEITA PODE SER LUCRO OU PREJUIZO,
DEPENDE DA TARIFA E CUSTO MARGINAL.

ANALISE DE VIABILIDADE

CONSUMIDOR: O CCE DEVE SER INFERIOR A
TARIFA DE E.E.

0,102 US\$/kWh

SETOR ELETRICO: O CCE DEVE SER INFE-
RIOR AO CUSTO MARGI-
NAL DO kWh.

0,115 US\$/kWh

O CEP DEVE SER INFE-
RIOR AO CUSTO DE EX-
PANSAO DO SISTEMA.

2.500 US\$/kW

BAL: QUANTO MAIOR, MELHOR.