

# UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

Programa Interunidades de Pós-Graduação em Energia  
EP / FEA / IEE / IF

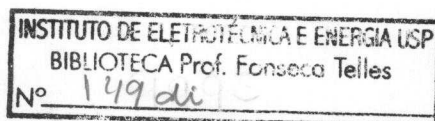
## CONTRIBUIÇÃO PARA UMA ILUMINAÇÃO EFICIENTE

Isac Roizenblatt

Dissertação apresentada ao Programa de Interunidades de Pós Graduação em Energia. Instituto de Eletrotécnica e Energia / Escola Politécnica / Faculdade de Economia, Administração e Ciências Contábeis / Instituto de Física da Universidade de São Paulo, para a concorrer ao Título de Mestre, pelo curso de Pós Graduação em Energia.

São Paulo

2003



# **UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO**

**Programa Interunidades de Pós-Graduação em Energia  
EP / FEA / IEE / IF**

## **CONTRIBUIÇÃO PARA UMA ILUMINAÇÃO EFICIENTE**

Isac Roizenblatt

Dissertação apresentada ao Programa de Interunidades de Pós Graduação em Energia. Instituto de Eletrotécnica e Energia / Escola Politécnica / Faculdade de Economia, Administração e Ciências Contábeis / Instituto de Física da Universidade de São Paulo, para a concorrer ao Título de Mestre, pelo curso de Pós Graduação em Energia.

Orientador: Prof. Dr. José Roberto Moreira

**São Paulo**

**2003**



Roizenblatt, Isac

Contribuição para uma Iluminação Eficiente. São Paulo, 2003.  
113p.

Dissertação (Mestrado) – Programa Interunidades de Pós-Graduação  
em Energia (EP, FEA, IEE, IF) da Universidade de São Paulo, 2003.  
Orientador: Prof. Dr. José Roberto Moreira.

1. Iluminação Eficiente. 2. Lâmpadas. 3. Reatores. 4. Luminárias.  
5. Conservação em Iluminação. 6. Densidade de Potência I.Titulo

## DEDICATÓRIA

Aos meus queridos pais Boris e Pessa, de saudosa memória, a minha querida esposa Rodica por todo o seu apoio, aos meus filhos Claudia e Roberto que são o orgulho e a alegria da minha vida e as minhas netinhas Priscila e Carolina que são motivo de estímulo e continuidade.

## AGRADECIMENTOS

Dirijo os meus agradecimentos ao estimado amigo e orientador Prof. José Roberto Moreira por toda sua contribuição e estímulo a realização desta dissertação.

Agradeço aos Profs. Roberto Zilles e Edmilson Moutinho dos Santos por me aceitarem como aluno do curso após a entrevista inicial, ao Prof. Ildo Luis Sauer por sua constante motivação e em nome destes à todos os Professores por suas maravilhosas aulas.

Agradeço aos amigos Elvo Calixto Burini, Howard Geller, Oscar de Lima e Silva, Frederico Peiró, Alvacyr Resende, Gilberto José Corrêa da Costa, Sergio Francisco de Ângelo, Antonio Yoshiaki Sakaguti, Hamilton Pollis, Marcelo Suiter, Harry Verhaar, Reinaldo Castro Souza, Vicente Fatte, Paulo Roberto Magalhães e Ladislao Pedro Szabo que me ajudaram de alguma forma na elaboração deste trabalho.

A todos os demais amigos.

Agradeço a DEUS.

## SUMÁRIO

<b>LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS .....</b>	<b>9</b>
<b>LISTA DE SÍMBOLOS .....</b>	<b>11</b>
<b>RESUMO .....</b>	<b>12</b>
<b>1- Introdução.....</b>	<b>14</b>
<b>2- Alguns aspectos históricos sobre conservação de energia em iluminação.....</b>	<b>16</b>
2.1- Introdução de algumas lâmpadas eficientes no país.....	16
2.2- Introdução da conservação de energia em reatores .....	18
2.3- Introdução da conservação em sistemas de iluminação - luminárias .....	19
<b>3- Barreiras à iluminação eficiente .....</b>	<b>20</b>
3.1- Inovação tecnológica .....	20
3.2 - Preços .....	31
3.3 - Financiamento .....	32
3.4 - Negócios e o ambiente .....	34
3.5- Estrutura de mercado e funcionamento.....	38
3.7- Provisão de informações.....	47
3.8- Aspectos sociais, culturais, normas de comportamento e aspirações. ....	49
<b>4- Aspectos relevantes dos atores na economia de energia em iluminação.....</b>	<b>52</b>
4.1- Investimentos em conservação de energia em iluminação .....	52
4.2- O consumidor tem vantagem em economizar energia .....	53
4.3- Há vantagem para a indústria de iluminação em vender produtos energeticamente eficientes .....	55
4.4- A indústria de iluminação dispõe de produtos eficientes .....	55
4.5- A indústria de iluminação está mobilizada para conscientizar, fabricar e vender estes produtos. ....	58
4.6- As geradoras e distribuidoras de energia têm interesse em conservar energia .....	59
4.7- A sociedade e o governo têm interesse em conservar energia em iluminação.....	60
<b>5- Cenários e propostas .....</b>	<b>61</b>
5.1- Cenário e propostas para lâmpadas fluorescentes compactas .....	61
5.2- O espaço das lâmpadas halógenas .....	67
5.3- O caminho das lâmpadas fluorescentes.....	68
5.4- A iluminação pública e suas possibilidades de conservação de energia .....	69
5.5- O limitado espaço das lâmpadas de luz mista .....	69
5.6- Perspectivas das lâmpadas a vapor de mercúrio e a sua substituição por lâmpadas a vapor de sódio e vapores metálicos .....	71
5.7- Estado da arte de algumas lâmpadas .....	73
5.8- Uma proposta para luminárias .....	80
<b>6- Acordos de transição e outros caminhos .....</b>	<b>84</b>
6.1- Acordos de transição para adoção de selos e normas de eficiência energética .....	84
6.2- Densidade de Potência na Iluminação Pública. ....	89
6.3- Eficiência em Lâmpadas e Fator de Eficácia em Reatores. ....	90
6.4- A reflexão do asfalto .....	95
6.5- Modernização no código de obras.....	96
6.6- Norma de iluminâncias.....	97
6.7- Densidade da Potência na Iluminação de Interiores .....	98
<b>7 - Conclusão.....</b>	<b>107</b>
<b>Referências Bibliográficas .....</b>	<b>109</b>

## LISTA DE FIGURAS

Figura 3.1 - Potenciais Teórico, Tecnológico, Econômico e de Tendência de Mercado da Eficiência Energética.....	39
Figura 5.1 - Princípio da lâmpada de indução.....	74
Figura 5.2 – Alguns modelos de lâmpadas a vapor metálico em tubo cerâmico...76	
Figura 5.3 - Foto da lâmpada a vapor de enxofre ao lado de uma a vapor metálico e espectro relativo de radiação luminosa.....	78
Figura 5.4 - Tubo de luz com lâmpada a vapor de enxofre na extremidade. ....	78
Figura 5.5 - Aumento da eficiência das fontes de luz e os LEDs.....	79
Figura 5.6 - Esquema de LEDs combinados e LED coberto com fósforo. ....	80
Figura 6.1 - Transformações no mercado com normas e etiquetagem.....	84
Figura 6.2 - Modelos de selo americano, europeu e australiano. ....	87
Figura 6.3 - Patamares de eficiência de algumas lâmpadas .....	91

## LISTA DE TABELAS

Quadro 3.1 - comparativo de lâmpadas incandescentes e fluorescentes compactas do ano 2000 .....	20
Quadro 3.2 - comparativo de lâmpadas incandescentes e fluorescentes compactas do ano 2002 .....	21
Quadro 3.3 – Comparativo entre lâmpadas fluorescentes com pós tri-fósforo e o total de fluorescentes (ano 2002).....	23
Quadro 3.4 – Comparativo entre as lâmpadas fluorescentes com diâmetros T8 e T5 (ano 2000).....	25
Quadro 3.5 – Comparativo entre lâmpadas a vapor metálico (MH) e a vapor de sódio (SON) (2002).....	26
Quadro 3.6 – Energia Primária / GDP – Países em Desenvolvimento.....	44
Quadro 5.1 – Tipos de lâmpadas nos principais cômodos .....	66
Quadro 5.2 – Estimativa de posse média nos domicílios .....	66
Quadro 6.1 - Densidade de Potência de Iluminação utilizando o Método da Área do Edifício.....	100
Quadro 6.2 - Densidade de Potência de Iluminação utilizando o Método do Espaço Individualizado .....	102
Quadro 6.2 - Densidade de Potência de Iluminação utilizando o Método do Espaço Individualizado (continuação).....	103
Quadro 6.3 - Densidade de Potência de Iluminação adicional para funções específicas .....	104
Quadro 6.4 - Densidade de Potência de Iluminação para exteriores de edifícios .....	104

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

- ABILUX – Associação Brasileira da Indústria de Iluminação  
ABINEE – Associação Brasileira da Indústria Eletroeletrônica  
ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas  
ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas  
ALCA – Área de Livre Comércio das Américas  
ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica  
APAS – Associação Paulista de Supermercados  
BID – Banco Interamericano de Desenvolvimento  
BNDES – Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social  
CBD – Companhia Brasileira de Distribuição  
CEMIG – Cia. Energética de Minas Gerais  
CENELEC – European Committee for Electrotechnical Standardization  
CEPEL – Centro de Pesquisas de Energia Elétrica  
CFL – Lâmpada Fluorescente Compacta (Compact Fluorescent Lamp)  
CLASP – Collaborative Labeling and Appliance Standard Program  
COFINS – Contribuição Social para o Financiamento da Seguridade Social  
CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente  
COPEL – Companhia Paranaense de Eletricidade  
CPFL – Cia. Paulista de Força e Luz  
CPMF – Contribuição Provisória sobre Movimentação Financeira  
DOE – Department of Energy  
DSM – Demand Side Management  
EC – European Community  
ELETROBRÁS – Centrais Elétricas Brasileiras S/A  
EPA – Environmental Protection Agency  
ESCO – Empresa de Serviço de Conservação de Energia  
EU – União Européia  
EUA – Estados Unidos da América  
FIESP – Federação das Indústrias do Estado de São Paulo  
GDP – Gross Development Product  
HID – Lâmpada de Descarga em Alta Intensidade  
IBRE – Instituto Brasileiro de Economia da FGV

IEA – Instituto de Estudos Avançados da USP  
IEC – International Electrotechnical Committee  
IEE/USP – Instituto de Eletrotécnica e Energia da USP  
IESNA – Illuminating Engineering Society of North America  
IPCC – Intergovernmental Panel on Climate Change  
IPEA – Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada  
IPI – Imposto sobre Produtos Industrializados  
LED – Light Emitting Diode  
MDIC – Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio  
MH – Lâmpada a Vapor Metálico (Metal Halide)  
NCM – Nomenclatura Comum do Mercosul  
NEMA – National Electrical Manufacturers Association  
ONG – Organização não Governamental  
OTA – Office of Technology Assessment  
PASEP – Programa de Formação de Patrimônio do Servidor Público  
PIS – Programa de Integração Social  
PMSP – Prefeitura Municipal de São Paulo  
PPP – Poder Aquisitivo Paritário (Purchasing Power Parity)  
PROCEL – Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica  
PUC/RJ – Pontifícia Universidade Católica – Rio de Janeiro  
RELUZ – Programa Nacional de Iluminação Pública Eficiente  
SAVE – Alliance to Save Energy  
SEBRAE – Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas  
SECEX – Secretaria de Comércio Exterior  
SON – Lâmpada a Vapor de Sódio  
T5, T8, T10, T12 – Diâmetros de Lâmpadas Fluorescentes (ex:5/8 de polegada)  
THD – Distorção Harmônica Total  
UNDP – United Nations Development Program  
WEA – World Energy Assessment



## LISTA DE SÍMBOLOS

K – Kelvin

W – watts

lm – lumens

MW – Megawatts

nm – nanômetro

PJ – Petajoules

## RESUMO

A dissertação visou cobrir vários aspectos da iluminação, começando com alguns pontos históricos não comumente documentados e posteriormente estudou-se algumas das barreiras ao desenvolvimento das novas tecnologias em seus aspectos técnicos e mercadológicos. Foram descritos potenciais de economia de energia em iluminação. Algumas lâmpadas foram examinadas dentro do contexto de sua aplicação e suas eventuais perspectivas de descontinuidade, quando de baixa eficiência e de desenvolvimento, quando eficientes. O mesmo enfoque foi dado para os reatores e luminárias. Segue uma discussão dos aspectos de investimento e vantagens na economia de energia sob o ponto de vista do consumidor, da indústria e das companhias de energia.

Apesar da viabilidade técnica e econômica sabe-se que barreiras de origem institucional e sócio-econômicas impedem a penetração no mercado de produtos eficientes. Por isso uma parte considerável desse estudo é dedicada a apresentação e discussão de políticas capazes de ampliar a utilização de produtos energeticamente eficientes. Nos capítulos 5 e 6 apresentamos possíveis políticas ligadas a alterações nos códigos de construção civil, no aperfeiçoamento de normas de iluminação para ambientes internos e externos e na definição de legislação capaz de provocar transformação de mercado desses produtos.

Estudando e observando ações e medidas locais e de outros países foram feitas algumas sugestões como contribuição para a iluminação eficiente.

mem  
792

## ABSTRACT

This dissertation aimed to cover several aspects of lighting, beginning with some non-documented historical facts and then studying some barriers to the development of new technologies and their technical and commercial aspects. Next, it was described the energy saving potentials in lighting. Some lamps were discussed in the context of their application and their possible perspectives of discontinuity, when of low efficiency and of development, when efficient. The same focus was held for ballasts and luminaries.

Further, there is a discussion of the aspects of investment and advantages of saving energy from the point of view of the consumer, of the industry and of the utilities.

Despite the technical and economic viability, it is known that barriers of institutional and social-economic origin obstruct the penetration of efficient products in the market. That is why a great part of this study was dedicated to the introduction and discussion of policies able to enlarge the usage of energy efficient products. In chapters 5 and 6 we introduced possible policies related to changes not only in the codes of civil building, but also in the improvement of lighting standards for indoor and outdoor environments, as well as in the definition of the legislation, in order to cause changes in the market of these products.

Studying and observing actions and measures taken locally and abroad, some suggestions were made as a contribution to efficient lighting.

## 1- Introdução

Este trabalho busca dar continuidade aos estudos, processos e ações desenvolvidos no país para uma iluminação eficiente, observando alguns resultados de legislações, programas e iniciativas, avaliando modelos, discutindo novos caminhos e tecendo algumas sugestões para o seu aperfeiçoamento.

Muitos processos adotados dentro dos Programas de Conservação de Energia, consagrados pela sua experimentação no exterior e em algumas ações regionais ou independentes poderiam ser acelerados através de mecanismos estruturais mais agressivos, conforme sugerido por Jannuzzi (1993).

A crise de energia elétrica que foi vivenciada em 2001 proporcionou um aprendizado. Algumas iniciativas, cujos resultados causaram forte impacto para a conservação de energia, sugerem seu aproveitamento para novas ações de mesmo teor.

A dimensão do mercado local, a posição estratégica da indústria brasileira no continente, o gradual aumento das vias de transporte e das comunicações na região com sua inerente condição logística e os acordos de mercado existentes e em andamento permitem também tecer uma proposta para uma política de inovação pela interação e cooperação entre as universidades e as empresas (Buainain, 2003), dirigida à conservação de energia em iluminação, com a geração de empregos e divisas.

A proposição visa constituir-se em mais um incentivo à mobilização, ação e obtenção de resultados programados, quantificados e qualificados.

Uma visão da tecnologia em uso e as possibilidades tecnológicas disponíveis permitem inferir uma redução de mais de 50% do consumo nacional de energia elétrica em iluminação que hoje está estimada em torno de 20% (Eletrobrás, 1997) do consumo nacional de energia elétrica. Tal número é uma estimativa conservadora em vista das tecnologias que passaram a estar efetivamente

disponíveis nos últimos dez anos e a visão de um melhor aproveitamento da luz natural nos edifícios.

O aproveitamento da luz natural nas edificações deve ser uma prioridade nacional em face de seu custo e benefícios (Lamberts, Dutra e Pereira, 1997), porém este trabalho dedica-se quase que essencialmente à iluminação artificial.

A justificativa para um trabalho de conservação de energia em iluminação decorre da importância do seu consumo na malha elétrica, seu potencial de conservação de energia, o menor custo no ciclo de vida das tecnologias modernas, sua visibilidade e seus benefícios na produtividade, educação, saúde, bem estar e conforto (IPCC, 2001).

## **2- Alguns aspectos históricos sobre conservação de energia em iluminação.**

### **2.1- Introdução de algumas lâmpadas eficientes no país.**

Quando o feito histórico de Edison completou 100 anos do início da industrialização das lâmpadas incandescentes, vimos surgir uma nova lâmpada a partir de tecnologias disponíveis à época e que foram agrupadas para a confecção de um novo produto, ou seja, as lâmpadas fluorescentes compactas em baixa pressão, resultado especialmente da utilização dos novos pós-fluorescentes que podiam admitir temperaturas de trabalho maiores que os pós-comuns com alta eficiência e reproduzindo cores naturais com um bom grau de fidelidade.

A eficiência das lâmpadas fluorescentes compactas já à época de seu lançamento era semelhante à atual a menos da aplicação dos circuitos eletrônicos que veio melhorar o seu desempenho e as suas possibilidades de aplicação. Uma redução de 70 a 80% no consumo de energia em relação as incandescentes, em um pacote dimensional da mesma ordem, mostrava que a mesma era uma substituta conveniente em muitas aplicações.

Com a nova fonte de luz, além da eficiência, veio associada uma série de outras qualidades que facilitou sua penetração no mercado de forma constante e significativa, apesar seu alto custo e grande diferença de custo em relação às incandescentes. Sua penetração inicial ocorreu apenas em mercados de alto poder aquisitivo e onde o retorno do capital era irrelevante. As primeiras fluorescentes compactas foram comercializadas no país em 1983, porém sua penetração no mercado foi muito lenta, pois o preço de comercialização era muito alto, da ordem de 30 a 50 vezes o valor de uma incandescente, ou seja, não justificava o investimento na sua aquisição independente da tarifa de energia que se adotasse, apesar de sua vida útil ser oito vezes maior que uma lâmpada incandescente e a eficácia quatro vezes maior.

As primeiras iniciativas de conservação de energia na iluminação pública ocorreram com as aplicações das lâmpadas a vapor de sódio em baixa pressão na década de 50 nos túneis da Avenida Nove de Julho e na década de 70 em um viaduto no município de Mauá e na Avenida Portuária que margeia o cais do porto de Santos, todas no Estado de São Paulo.

Tal fonte de luz não progrediu, apesar da altíssima eficiência das lâmpadas. Como barreiras podia-se identificar a dificuldade de importação, a falta de produção local, a falta de estoques locais e a necessidade da utilização de luminárias de grande dimensão e alto custo.

A primeira iniciativa de conservação de energia na iluminação pública com lâmpadas a vapor de sódio de alta pressão deu-se em 1969, na Avenida Agamenon Magalhães, em Recife. Esta tinha o objetivo de melhorar também o nível de iluminação nas vias públicas. Após a experiência de Recife, algumas companhias de energia passaram a utilizar em seus programas de iluminação pública as lâmpadas a vapor de sódio em alta pressão. Podemos destacar a COPEL, a CEMIG e a CPFL como companhias que tinham como perfil de seus técnicos e dirigentes buscar o aperfeiçoamento de suas instalações por meio de novas tecnologias.

Ainda que a conservação de energia estivesse inserida nos programas de conservação de energia desde os seus primórdios em 1986, já indicando a substituição das lâmpadas de mercúrio por lâmpadas de sódio, o andamento de sua aplicação foi muito lento e sua aplicação se restringiu a menos de 10% do total do número de pontos de luz até o ano de 1999 (Eletrobrás, 2000). Um novo impulso dado pelo PROCEL a partir de 1999 levou a aplicação de algo em torno de 20% do número de pontos de luz existentes (Eletrobrás, 2002).

Uma das razões pelas quais a conservação de energia não ocorreu de forma autônoma nos municípios pode ser ilustrada por uma história da qual o autor participou. Em conversa com um técnico responsável pela especificação da iluminação pública de uma grande capital no sul do país há cerca de quinze anos, o mesmo foi indagado sobre as razões pelas quais a prefeitura não aplicava, ao



menos como experiência, as lâmpadas a vapor de sódio de alta pressão. A resposta foi que como era necessário trocar a lâmpada e o reator, os benefícios econômicos com a nova iluminação só ocorreriam no terceiro ano, na vigência do próximo prefeito e ainda, que a conta mensal de energia era paga por outro departamento sendo sua obrigação apenas mostrar trabalhos com resultados políticos imediatos.

Podia-se inferir que de alguma forma o custo inicial mais alto para o sistema de sódio inibiu a sua aplicação e o setor público salvo exceções não tinha como o setor industrial, por exemplo, a iniciativa de calcular o custo total onde estavam incluídos os custos do investimento, operação, manutenção, administração de aquisição e estoques (custo no ciclo de vida).

As principais barreiras do período foram o baixo custo de energia elétrica para a iluminação pública (Eletrobrás, 2002) e o alto custo das lâmpadas, reatores e ignitores que resultavam em um retorno de investimento somente de longo prazo, a inflação, a falta de iniciativa do poder público e os recursos sempre escassos. As concessionárias de energia não tinham interesse na mudança das lâmpadas em face da perda de receita.

## **2.2- Introdução da conservação de energia em reatores**

Passando-se a vista no que ocorreu nos reatores magnéticos para lâmpadas de descarga, podemos indicar como principal fator decorrente para a conservação de energia a necessidade dos fabricantes competidores reduzirem seus custos otimizando projetos (De Ângelo, 2002). Muitos dos reatores hoje disponíveis no mercado têm metade quando não um terço da dimensão que possuíam há trinta ou vinte anos atrás. A redução de consumo deu-se com uma menor utilização de matérias primas e conseqüente redução de perdas operacionais num elemento passivo.

Uma iniciativa para diminuir as perdas nos reatores no final da década de 80 foi tomada em conjunto com o Procel que estudou na época a mudança do aço



utilizado em reatores por um de menor perda. Seu sucesso foi apenas parcial, dado que alguns fabricantes buscaram otimizar seus projetos em função das perdas, mas não houve uma troca do aço comum por aços com menores perdas. O fabricante que ousasse fazê-lo estaria com preços fora de competição no mercado dado que um aço de melhor especificação custava 60 a 80% mais. Havia então uma barreira estrutural.

### **2.3- Introdução da conservação em sistemas de iluminação - luminárias**

Com relação as luminárias em geral houve um gradativo aperfeiçoamento do projeto ao longo dos anos, pois vários empresários e técnicos do setor tiveram por hábito visitar feiras na Europa, em especial a Feira de Hannover para buscar novos desenvolvimentos, atualizando seus produtos no mercado local.

Em termos de sistemas ópticos para luminárias internas, o primeiro desenvolvimento para obtenção de luminárias com maior rendimento no Brasil foi realizado no IEE-USP por Moreira (1985) estudando sistemas ópticos com vários tipos de materiais e utilizando reatores eletrônicos e lâmpadas tri-fósforo, sendo a modernização para a conservação de energia no edifício da CESP uma das primeiras instalações de porte no país a dispor de um sistema eficiente de iluminação.

Na iluminação pública o desenvolvimento de sistemas ópticos e sua aplicação foram muito lentos e tal pode ser constatado hoje, pois a maioria dos sistemas ópticos fechados, ainda instalados, utilizam-se de refratores de vidro cujo desenvolvimento tem mais de 50 anos.

### 3- Barreiras à iluminação eficiente

#### 3.1- Inovação tecnológica

##### 3.1.1 - Participação comparada de lâmpadas eficientes de nova geração

##### 3.1.1.1 - Lâmpadas incandescentes X lâmpadas fluorescentes compactas

Tomamos como base de comparação seis países para avaliar o grau de mudança para tecnologias mais novas ocorridas nos vários continentes.

**Quadro 3.1 - comparativo de lâmpadas incandescentes e fluorescentes compactas do ano 2000**

Países	Índice de volume de mercado de Incand. (1)	Razão entre volumes de CFLs/Incand. (%) (2)
Alemanha	12	13
França	11	6
EUA	100	2
México	n.d.	n.d.
Índia	40	2
Brasil	19	4

Fontes: SECEX, China Export Statistics, informações de fabricantes e outros.

- (1) Índice de volume de mercado – Tomado o volume de mercado dos EUA como 100, em que proporções estão os outros mercados.
- (2) Razão entre os volumes das lâmpadas fluorescentes e incandescentes.

**Quadro 3.2 - comparativo de lâmpadas incandescentes e fluorescentes compactas do ano 2002**

Países	Índice de volume de mercado incand. (1)	Volume de CFLs/Incand. (%) (2)	Volume lâmp. CFLs/hab./ano (unidades)	Vol. lâmp. CFLs/ano/PPP $\times 10^{-6}$ (3)
Alemanha	13	15	0,52	20,3
França	12	7	0,29	11,4
EUA	100	2	0,17	4,8
México	14	3	0,10	11,4
Índia	40	4	0,03	12,2
Brasil	14	13	0,23	30,80

Fonte: Informações de fabricantes, China Export Statistics, SECEX e outros.

- (1) Índice de volume de mercado – Tomado o volume de mercado dos EUA como 100, em que proporções estão os outros mercados.
- (2) Razão entre os volumes das lâmpadas fluorescentes e incandescentes.
- (3) Poder Aquisitivo Paritário

No quadro 3.2 podemos ver que a Alemanha e o Brasil encontram-se num patamar quantitativo similar de substituição de lâmpadas incandescentes por fluorescentes compactas. Este avanço deu-se no Brasil devido ao “apagão”, pois o crescimento de mercado foi da ordem de 320% no ano de 2001 em relação a 2000. Ainda que depois, no ano de 2002, tenha ocorrido um retrocesso da ordem de 40%, o patamar denota uma mudança cultural para a economia de energia na substituição das incandescentes que nos coloca no mesmo nível da Alemanha. Enquanto a Índia duplicou a participação percentual de CFLs em 2002 em relação a 2000, o Brasil mais que triplicou este percentual.

O consumo anual de lâmpadas fluorescentes compactas no Brasil em 2002, da ordem de 40 milhões/ano, é da mesma magnitude que o consumo da Alemanha, EUA e Índia, todos num patamar, da ordem de 40 a 50 milhões de lâmpadas ano.

Antes da crise energética o crescimento do mercado das lâmpadas fluorescentes compactas era relativamente lento em função de uma proporção de preços bem

maior que no período durante e pós “apagão” quando, devido principalmente a redução de impostos e aos volumes importados, o produto teve uma redução de preços ao consumidor. Um dos problemas decorrentes no período foi a entrada de uma grande quantidade de lâmpadas de baixa qualidade. O CEPEL reprovou mais de 75% das lâmpadas submetidas a testes pelos importadores interessados em participar dos programas das companhias de energia.

Numa comparação relativa à aquisição anual de lâmpadas por habitante, vê-se que em 2002 foram adquiridas per capita 35% mais lâmpadas no Brasil do que nos EUA, apesar do poder aquisitivo paritário 4,6 vezes maior. Ainda que haja uma tendência à redução de volume/ano no Brasil há um significado importante neste resultado.

Se olharmos sob o ponto de vista industrial, os EUA, México e Índia têm plantas de produção de CFLs e apesar disso o Brasil tem um consumo per capita de CFLs maior que os três. Antes do fenômeno da crise energética estávamos em um nível similar aos três países. Poderíamos intuir que a necessidade leva a economia de energia, mas quando observamos o caso da Alemanha podemos depreender que a conscientização da importância da conservação de energia, a consciência ambiental e a política energética também dão bons resultados. Se compararmos França e Alemanha com poder aquisitivo igual, a Alemanha consome per capita 80% mais CFLs. A França não é tão preocupada com a conservação de energia em face de ter sobra de energia elétrica.

Se sob o ponto de vista do uso final energético a mudança com o racionamento foi boa, sob o ponto de vista da indústria nacional e empregatício foi péssima, pois houve uma redução no ano de 2001 da ordem de 40% no consumo de lâmpadas incandescentes ou cerca de 180 milhões de lâmpadas, gerando ociosidade de produção e conseqüente desemprego.

Estas 40 milhões de lâmpadas/ano que entraram na substituição de incandescentes em 2002 representaram uma economia de aproximadamente 430 MW. Cumulativamente (1994-2002) devemos estar num nível de economia da ordem de 1300 MW. Dos cerca de 120 milhões de lâmpadas instaladas, cerca de

80% são aplicadas em residências, destas cerca de 37% são utilizadas nos pontos de maior uso e considerando que 30% das que estão ligadas no horário de ponta são CFLs, chega-se a uma média de uma CFL por residência em operação em horário de maior consumo (Pesquisa PUCRJ e Sumário Gerencial Eletropaulo, 2002). A este resultado somamos mais 10 milhões de lâmpadas aplicadas em áreas comerciais com um fator de diversidade de 100%. Esta é a base de cálculo da estimativa acima.

A estimativa de lâmpadas tem como fonte as importações de lâmpadas / tubos fluorescentes de catodo quente com a classificação NCM 8339.31.00 da SECEX e a estimativa de vida media. A quantidade estimada poderá ser ainda maior em vista de eventualmente haver contrabando para este tipo de produto e classificação alfandegária propositalmente errônea para diminuição de impostos de importação.

### 3.1.1.2 - Lâmpadas fluorescentes "standard" X fluorescentes tri-fósforo

Os pós-fluorescentes tri-fósforo ou fosfatos ativados por terras raras, que entre outros benefícios aumentam a eficiência das lâmpadas da ordem de 20%, tem gradativamente substituído as lâmpadas com pós-standard ou halofosfatos. Nos Estados Unidos, por exemplo, a fabricação para comercialização no território americano é compulsória para a grande maioria das lâmpadas fluorescentes.

**Quadro 3.3 – Comparativo entre lâmpadas fluorescentes com pós tri-fósforo e o total de fluorescentes (ano 2002).**

Países	Volume de lâmp. flúor. tri-fósforo/ total fluorescentes (%)	Volume lâmp. tri-fósforo/hab. /ano (unidades)	Volume de lâmp. tri-fósforo/hab./ano/PPP x10 <sup>-6</sup>
Alemanha	56	0,53	20,7
França	56	0,49	19,3
EUA	13	0,20	5,7
México	12	0,04	4,5
Índia	2	0,003	1,2
Brasil	9	0,03	4,0

Fonte: Informações de fabricantes, SECEX e Outros.

A penetração de lâmpadas fluorescentes com pós de maior eficiência deu-se quase que exclusivamente em instalações novas no Brasil, diferentemente de países da Europa como, por exemplo, na Alemanha e na França onde o percentual de mercado para lâmpadas fluorescentes tri-fósforo é da ordem de 56% (Quadro 3.3) e onde uma grande parte das instalações foi renovada com lâmpadas de pós mais eficientes. Nestes países os motivos da forte conversão foram: (1) a menor diferença de preço entre as lâmpadas com pós-comuns e o tri-fósforo; (2) a conversibilidade das instalações para lâmpadas T8 (26 mm de diâmetro) sem a troca do equipamento auxiliar, em virtude de ignitarem e operarem nas mesmas características elétricas; (3) maior consciência sobre a importância do uso racional de energia e os conseqüentes reflexos na redução dos custos operacionais; (4) a importância dada à qualidade da iluminação onde o pós-tri-fósforo permitem uma qualidade de reprodução de cor superior e (5) o maior poder aquisitivo destes países.

Ao se observar a penetração dos pós-tri-fósforo nos países europeus, percebe-se que há um longo caminho a percorrer. Nos EUA até poucos anos atrás a penetração de lâmpadas fluorescentes tri-fósforo era semelhante a do Brasil, porém em função da legislação que proíbe o uso de lâmpadas de "baixa eficiência" com potência igual ou superior a 32W, essa condição tem mudado drasticamente. Um outro ganho associado além da redução do consumo de energia, que é considerado no projeto de iluminação, seja para uma instalação nova ou na reforma, é a menor depreciação (\*) do fluxo luminoso das lâmpadas tri-fósforo (IES Lighting Handbook, 2000). Como o sistema de iluminação projetado é para iluminâncias médias ou "mantidas" (\*\*), a menor depreciação pode reduzir o número de conjuntos instalados (luminárias, lâmpadas e reatores). É possível afirmar que se cada 10 milhões de lâmpadas com pós-standard instaladas fossem substituídas por lâmpadas com pós-fluorescentes tri-fósforo reduzindo o número de lâmpadas em função de sua maior eficiência, poder-se-ia economizar cerca de 80 MW. Estima-se que há um total de 120 milhões de lâmpadas instaladas, ou seja, há um potencial de economia de quase 1000 MW (estimativa do autor).

(\*) redução do fluxo luminoso ao longo da vida em função de fatores intrínsecos e extrínsecos a lâmpada.

(\*\*) iluminância a 70% do fluxo inicial.



### 3.1.1.3 - Lâmpadas fluorescentes T12/T10 X lâmpadas fluorescentes T8/T5.

Uma outra forma de analisar a conversão de lâmpadas fluorescentes para as de maior eficiência pode ser vista pela redução de seu diâmetro, pois os menores diâmetros estão associados em sua maior parte a maior eficiência devido ao pó de cobertura. Cerca de 50% das lâmpadas T8, são fluorescentes tri-fósforo e no caso dos tipos T5 todas tem cobertura com pós tri-fósforo. A geração das T12/T10 representam as lâmpadas mais antigas e são cobertas em sua maioria, com pós-fluorescentes comuns.

**Quadro 3.4 – Comparativo entre as lâmpadas fluorescentes com diâmetros T8 e T5 (ano 2000).**

Países	Volume de lâmp. T8+T5/Total (%)	Volume de lâmp. T8+T5/hab. /ano (unidades)	Volume de lâmp. T8+T5/hab./ano/PPP $\times 10^{-6}$
Alemanha	96	0,82	32,1
França	97	0,84	33,2
EUA	37	0,65	18,6
México	10	0,03	3,4
Índia	13	0,02	8,1
Brasil	20	0,06	8,0

Fonte: Informações de fabricantes e outros

Observa-se que enquanto na Alemanha e na França, praticamente a totalidade das lâmpadas tem diâmetros menores, no Brasil apenas 20% das lâmpadas tem diâmetros menores. Isto mais uma vez deve-se aos mesmos fatores que inibem a menor penetração das lâmpadas fluorescentes com tri-fósforo.

O ganho energético das lâmpadas T8 tri-fósforo é de cerca de 20% e das lâmpadas T5 tri-fósforo é de cerca de 30% comparadas às lâmpadas T12/T10 de pós-comuns, somadas os ganhos dos pós-tri-fósforo, depreciação e operação com reatores eletrônicos (catalogo dos fabricantes Philips, Osram, GE e Sylvania). O diâmetro não trás ganhos em si, mas sim os sistemas.

### 3.1.1.4 - Lâmpadas a vapor de mercúrio e de luz mistas X lâmpadas a vapores metálicos e a vapor de sódio em alta pressão

O potencial de economia de energia em lâmpadas de descarga de alta intensidade também pode ser significativo, uma vez que podemos substituir na aplicação de maior uso, que é a iluminação pública, lâmpadas com eficiência de cerca de 25 e 50 lumens/watt por lâmpadas com eficiência de aproximadamente 100 e 120 lumens/watt.

O tipo de lâmpada mais utilizado na substituição de lâmpadas de descarga de alta intensidade na iluminação pública é a lâmpada a vapor de sódio em alta pressão.

**Quadro 3.5 – Comparativo entre lâmpadas a vapor metálico (MH) e a vapor de sódio (SON) (2002).**

Países	Volume de lâmp. MH+SON / vol. total de HID (%)	Volume de lâmp. MH+SON/hab/ano (%)	Volume de lâmp. MH+SON/hab./ano/PPP x10 <sup>-6</sup>
Alemanha	48	0,03	1,1
França	62	0,05	1,9
EUA	92	0,11	3,1
México	71	0,02	2,2
Índia	66	0,002	0,8
Brasil	39	0,02	2,6

Fonte: Informações de fabricantes e outros.

Observa-se no Quadro 3.5 que apesar dos esforços do PROCEL desde 1985 e mais recentemente da criação de um programa dedicado à iluminação pública como o RELUZ, a participação de lâmpadas eficientes na iluminação pública, industrial e em outros setores, é no Brasil, ainda inferior a dos demais países. Um progresso significativo houve especialmente nos últimos dois anos, pois o consumo das lâmpadas HID de alta eficiência quase que dobrou enquanto o mercado total das mesmas HID caiu quase pela metade (Fonte: entrevista com os fabricantes).



Pode se atribuir o crescimento do mercado das lâmpadas a vapor de sódio em alta pressão na iluminação pública especialmente ao RELUZ e na indústria aos programas voltados à redução de custos de investimento e operacionais.

Dos relatos obtidos, junto às prefeituras, concessionárias de energia, fabricantes de equipamentos e instituições públicas conclui-se que a menor evolução tecnológica frente aos demais países pode ser atribuída a vários fatores como:

- Facilidade de aplicação das lâmpadas de luz mista nas oficinas, depósitos e na iluminação pública ornamental,
- Menos custo dos sistemas com luz mista e mercúrio,
- Liberação de verbas para iluminação pública com bases políticas,
- Inadimplência das municipalidades em relação às companhias distribuidoras de energia,
- Propriedade do acervo da iluminação com as municipalidades,
- Falta de capacitação técnica das prefeituras,
- Padronização da iluminação pública muitas vezes em modelos ultrapassados.

A crise energética afetou consideravelmente a iluminação pública uma vez que no período do racionamento um terço das instalações permaneceu desligada.

Como sugestões de medidas a serem adotadas em termos de lâmpadas na iluminação pública temos:

- Proibir qualquer instalação nova com lâmpadas de luz mista ou de lâmpadas a vapor de mercúrio.
- Proibir a manutenção de pontos onde um dos componentes do sistema queime (lâmpada, reator, capacitor ou outro) com lâmpadas de luz mista ou a vapor de mercúrio. Neste caso os componentes ainda em operação seriam aproveitados apenas em situações de emergência.

### 3.1.2 - Pesquisa e desenvolvimento de lâmpadas

O Brasil não dispõe de centros de pesquisa e desenvolvimento de lâmpadas. Não há cooperação e interação entre a indústria e as universidades para a pesquisa e/ou o desenvolvimento de novas fontes de luz, aperfeiçoamento de tecnologias existentes, seus componentes ou matérias primas. Pesquisas nessa área exigem maciços investimentos em novas tecnologias capazes de obter sucesso na sua introdução no mercado. Salvo algumas exceções, os laboratórios de pesquisa e desenvolvimento são de propriedade de grandes fabricantes, todos localizados fora do país.

Um caso que vale a pena ser examinado é o do desenvolvimento das lâmpadas fluorescentes compactas pela China. Este tipo de lâmpada havia sido desenvolvido em laboratórios da Holanda em 1979 com a utilização de pós-fluorescentes resistentes a maiores temperaturas de trabalho, a miniaturização de circuitos eletrônicos que puderam ser incorporados à base das lâmpadas e a reengenharia dos tubos de descarga e seus eletrodos para modelos compactos e com várias dobras. Depois se seguiram os desenvolvimentos nos laboratórios da Alemanha e dos EUA. Mas nos últimos dez anos foi a China que assumiu não só uma significativa parcela da produção mundial devido aos seus baixos custos de produção, mas também do desenvolvimento bastante criativo de novas versões e mais recentemente de um avanço na miniaturização. Estes desenvolvimentos foram gerados por uma política do governo chinês incentivando o trabalho associado entre empresários independentes e universidades.

Um programa incentivando a pesquisa e o desenvolvimento local por meio de um modelo similar poderia ser seguido pelo Brasil, concentrando esforços em algumas áreas estrategicamente convenientes como as fontes de luz de alta eficiência.

A posição peculiar do Brasil na América Latina com uma condição logística favorável, a perspectiva da ALCA, a mão de obra local relativamente barata, mais a disponibilidade de bons engenheiros, físicos e químicos pode num bom plano

estratégico industrial em conjunção com as indústrias já instaladas e outras, criar um centro de primeiro mundo para um produto que está em todo lugar.

Entre as fontes de luz que valeriam investir estão:

- Os diodos emissores de luz conhecidos como LEDs, que tem já hoje uma perspectiva de chegar a uma eficiência de 100 lumens por watt,
- As lâmpadas CFLs que vieram para ficar e substituir uma boa parte das lâmpadas incandescentes,
- As lâmpadas HID com descarga de metais em tubos cerâmicos, que vão ocupar um espaço cada vez maior onde houver necessidade de fontes de luz de alta intensidade concentrada em um foco.

Entre as matérias primas que poderiam receber atenção dos pesquisadores estão:

- Pós-fluorescentes que são utilizados nas lâmpadas de mesmo nome em suas várias versões,
- O tungstênio que está presente em todas as lâmpadas e o nióbio que encontra-se em uma parcela importante das mesmas e ainda onde o Brasil possui grandes reservas desses materiais e os comercializa ao exterior sem beneficiá-los,
- As cerâmicas com base em óxidos de alumínio, translúcidas e transparentes resistentes a altas temperaturas e pressões bem como a corrosão de alguns elementos de composição da descarga.

### 3.1.3 - Pesquisa e desenvolvimento de reatores

Os primeiros reatores eletrônicos no mercado brasileiro foram adaptados em função da tensão de alimentação ser diferenciada dos grandes centros de desenvolvimento e das significativas sub tensões e flutuações da rede.

A mais importante característica dos reatores eletrônicos é a redução no consumo de energia, da ordem de 70%, em relação aos reatores convencionais de ferro e cobre (eletro-magnético).

O reator eletromagnético de maior penetração no mercado é o reator duplo para lâmpadas fluorescentes de 40W. Este tipo de reator apresenta perdas da ordem de 20 a 24W conforme o projeto de fabricante, ou uma perda média da ordem de 22 W. O mesmo reator eletrônico tem um consumo próprio (perda) da ordem de 7W.

Os reatores eletrônicos reguláveis ("dimerizáveis") com acionamento manual, ou automático, acoplados a fotocélulas e a sensores de presença podem aumentar ainda mais a economia de energia das instalações, justificando o seu uso pela economia de energia proporcionada.

De fato não há inovação tecnológica desenvolvida no país, mas há um mérito a se destacar, que é a competitividade das indústrias locais, ainda que com produtos adaptados a partir de produtos de outras origens. Neste particular observa-se que os engenheiros e técnicos tem conhecimento ("know how") que poderia ser ampliado se aplicado à inovação tecnológica. Hoje, pode-se contar nos dedos de uma só mão as pesquisas isoladas para o desenvolvimento de reatores realizadas em universidades publicas por alguns abnegados pesquisadores.

A barreira mais uma vez está na falta de políticas de pesquisa e desenvolvimento industrial que estimulem o trabalho conjunto universidade – empresa. Nesta área onde participam muitas indústrias nacionais com necessidade de apoio técnico,

há uma maior possibilidade para investimentos em pesquisas e desenvolvimentos, pois as decisões são de empresários locais que podem buscar conhecimento junto as universidades.

### 3.2 - Preços

A cadeia de impostos no país causa danos às iniciativas de conservação de energia em iluminação. Como exemplo, podemos citar o IPI sobre reatores eletrônicos que é de 5%, porém quando o mesmo é incorporado à luminária passa a ser de 15%, que é o IPI de luminárias. No caso, o fato ocorre com qualquer reator, mas a sua eventual não incorporação na produção pode ensejar que o comerciante ou instalador, ao montar luminárias, o façam com reatores de maiores perdas.

Na comercialização, produtos diferenciados como, por exemplo, lâmpadas fluorescentes com pós-tri-fósforo raramente são encontradas no comércio. Assim os comerciantes que as estocam procuram realizar uma margem de lucro maior do que a usual, inibindo conseqüentemente a compra do produto mais eficiente por seu diferencial de preço eventualmente exagerado.

Pode-se antever uma possível barreira com a entrada da legislação e regulamentação para o descarte de resíduos sólidos (CONAMA, 2002). O custo do descarte vai onerar especialmente as lâmpadas que contenham resíduos perigosos como o mercúrio e dependendo como este custo esteja inserido na composição de custo final, poderá ajudar ou prejudicar os objetivos de conservação de energia. Assim, caso o descarte de uma lâmpada fluorescente tenha o custo de um real e este real esteja inserido no preço de custo do produto, ele vira aproximadamente quatro reais no preço de venda, considerada uma cadeia simples de comercialização e impostos em cascata. Uma lâmpada fluorescente compacta se distanciaria em preço ao consumidor, mais ainda, da ineficiente lâmpada incandescente.

Aonde os custos ambientais e sociais não são refletidos nos mercados, há varias maneiras pelas quais os governos podem internaliza-los por meio de regulamentos ambientais e taxas (IPCC, 2001).

Novas tecnologias tendem a entrar com preços relativamente altos no mercado, já que os investidores em pesquisa e desenvolvimento buscam recuperar os investimentos na venda ou no licenciamento a terceiros. Assim, tecnologias mais eficientes e eventualmente amigáveis ao meio ambiente podem ser inibidas, devido ao seu preço, prejudicando o desenvolvimento de um produto conveniente à economia de energia.

### **3.3 - Financiamento**

Créditos dedicados a projetos de eficiência energética para empresas de porte médio e pequeno não são encontrados no mercado financeiro.

O BNDES oferece dois produtos para apoio a investimentos em eficiência energética que poderiam ser usados na área de iluminação:

- BNDES Automático – Eficiência Energética para investimentos em projetos com equipamentos novos nacionais através de instituições financeiras credenciadas.
- FINAME – Eficiência Energética para a aquisição de máquinas e equipamentos novos, de fabricação nacional através de instituições financeiras credenciadas.

O custo financeiro, mais o spread básico e o “spread” do agente, podem tornar as operações interessantes. Porém, quando da negociação verifica-se que a montagem do financiamento com as garantias são próprias para infra-estrutura e maquinas, mas de difícil consecução em projetos de iluminação onde os equipamentos aplicados não servem como garantia e o retorno através da economia de energia projetada também não satisfaz o agente financiador credenciado que solicita uma garantia real.



Os bancos não têm interesse em financiar o setor porque o produto financiado perde o seu valor a partir de sua instalação, inviabilizando sua retomada numa eventual falta de pagamento, situação esta diferente de um imóvel ou de um automóvel. Uma iniciativa tomada há alguns anos atrás pela ABILUX junto ao UNIBANCO não foi à frente em termos de financiamento à conservação de energia em iluminação como consequência das garantias exigidas e da burocracia existente para obtenção de financiamento. As instituições de crédito vêem um alto risco quando desenvolvem seus produtos financeiros “verdes” (IPCC, 2001a). Empréstimos normais que poderiam ser tomados nos bancos, da mesma forma como praticados nos EUA, Europa e Japão, aqui são proibitivos em função dos altos juros.

A única fonte disponível de financiamento de tais projetos, é o 0,25% dos recursos operacionais líquidos das companhias distribuidoras de energia, em programas avalizados pelo PROCEL e ANEEL para iluminação pública, industrial e predial com várias aplicações.

Financiamentos do Banco Mundial, também ocorrem apenas via companhias de energia, com uma grande burocracia e de preferência são canalizados para projetos de infra-estrutura.

Raras vezes as ESCOS investem capital próprio para financiar investimentos baseados em contratos com base em desempenho. Falta um fundo de aval dedicado que dê garantias reais aos bancos ou instituições de investimento em projetos de economia de energia em iluminação, bem como cubra os custos de construção e manutenção de tal fundo.

Geller (2002) sugere que para garantir os programas de eficiência energética e outras atividades de utilidade pública, a exemplo de alguns estados dos EUA, poderiam ser criados no Brasil “fundos de benefício do sistema” através de uma pequena sobretaxa cobrada sobre todos os kilowatts-hora distribuídos (Nadel e Kushler, 2000). Este fundo fiduciário nacional de benefícios de sistema ofereceria recursos correspondentes aos estados, para programas de eficiência energética, auxílio a famílias de baixa renda e ao desenvolvimento de energia renovável.

A Caixa Econômica Federal também tem linhas de crédito com repasses do BNDES e FINAME, o programa PROGER, o Giro CAIXA e o Crédito Especial Empresa que podem ser considerados dentro dos objetivos das empresas de conservação de energia. As dificuldades são similares a dos bancos privados.

O SEBRAE oferece financiamentos que poderiam eventualmente financiar o custo operacional de uma ESCO num projeto, já que a sua oferta é de micro créditos.

### **3.4 - Negócios e o ambiente**

#### **3.4.1 - Negócios**

As taxas de importação no país ainda causam danos à indústria de iluminação por não diferenciar adequadamente matérias primas e componentes dos produtos acabados. Quando a distância tarifária é reduzida, o “custo Brasil” se encarrega de tornar não competitiva a produção local. Assim, é importante que matérias primas e componentes para a indústria de iluminação recebam identificações em separado nas classificações aduaneiras e possam se diferenciar ao máximo dos produtos acabados. Considerando que as alíquotas para produtos acabados está em torno de 20%, as alíquotas para matérias primas e componentes deveriam estar em torno de 1 a 2%, para a maximização dos resultados industriais locais e aumentando assim sua competitividade no mercado internacional.

Com relação a carga tributária local é importante destacar alguns aspectos levantados pelo IBRE (2002) num estudo encomendado pela FIESP. Esse estudo menciona uma série de efeitos negativos, decorrentes da estrutura tributária, para o desenvolvimento competitivo do setor industrial e para a eficácia das negociações brasileiras visando sua integração nos blocos de comércio, como segue:

##### **3.4.1.1 - PIS/PASEP e COFINS**

Estes impostos incidem em cascata sobre a receita bruta de cada elo da cadeia produtiva, implicando que a carga tributária embutida em um produto passe a



depende da estrutura da cadeia produtiva, o que não ocorre no caso do imposto sobre o valor adicionado. Nesse caso, quanto maior o número de elos existentes para a produção dos bens intermediários, maior será o imposto embutido no produto. O imposto será maior, quanto maior for o número de elos no início da cadeia produtiva, ou seja, impostos sobre matérias primas, componentes e partes refletem de maneira mais expressiva no imposto final do produto.

Como o valor do imposto em cascata embutido no produto depende de sua estrutura de produção, a adoção dessa sistemática acarreta relevantes distorções alocativas. Essas distorções levam os agentes econômicos a adotar alternativas que desperdiçam recursos, com efeitos negativos à competitividade. Num Boletim Conjuntural do IPEA (2001), Varsano destaca três distorções alocativas dos impostos em cascata:

- A indução à verticalização da produção, em detrimento da especialização e da competitividade,
- A inibição da escolha, eventualmente mais eficiente, pela terceirização,
- O desestímulo aos investimentos em função do efeito dos impostos sobre os bens de capital.

#### **3.4.1.2 - Isonomia competitiva**

Outros fatores que valem destacar são os custos derivados das deficiências infra-estruturais, o peso dos encargos trabalhistas e o nível das taxas de juros, que afetam a capacidade de investimentos das empresas, seja em capital fixo ou de capital de giro.

Os impostos em cascata ferem a isonomia competitiva dos produtos brasileiros com relação as transações de comércio exterior.

#### **3.4.1.3 - CPMF**

Toda a transação bancária realizadas através de pagamento contra saque em conta está sujeita à CPMF, ou seja, lançamentos de depósitos, débitos de pagamentos, empréstimos, ou qualquer outra operação sofrem o desconto desta tributação. Esta tem como efeitos perversos incidir em cascata sobre o valor da produção das empresas, gerando um impacto similar ao do PIS/PASEP e COFINS.

O que tem que ser feito está todos os dias nos jornais e é uma ampla reforma tributaria. Mas tal não é levado à frente em face de interesses corporativos.

#### **3.4.2 - Transferência de tecnologia**

Como barreiras visíveis na área de iluminação à transferência tecnológica de produtos eficientes, podemos citar como exemplo as normas técnicas adotadas da ABNT para reatores eletrônicos NBR 14417/18 que seguem como padrões internacionais às normas IEC 60928/29 que por sua vez chama a norma 61.000-3-2 (1998), cuja segunda emenda, limita a distorção harmônica (THD). A implicação é ter reatores com alto fator de potência para valores acima de 25 watts. Tal, está indicado para potências acima de 60W na norma nacional. Luminárias públicas adotadas por algumas municipalidades e companhias de energia possuem as vezes um padrão local de baixa qualidade.

#### **3.4.3 - Ambiente**

Ainda que não haja uma evidência empírica na relação entre a comercialização de produtos e a legislação ambiental (Cropper e Oates, 1992; Raucher, 1999), há um certo impacto da comercialização no meio ambiente (van Beers e outros 1997). É pouco conhecida em teoria ou empiricamente as ligações entre a comercialização, o meio ambiente e as inovações (Carraro, 1994; Steininger, 1999). Também há pouca evidencia em favor da Hipótese de Porter de que uma legislação ambiental forte cria no longo termo uma vantagem tecnológica (Jaffe, 1995; Ulph, 1997). Este ponto é destacado porque a grande maioria das inovações na área de iluminação tem como um dos pontos importantes as vantagens da economia de energia.

A legislação relativa à Política de Resíduos Sólidos está ainda em trâmite no Congresso Nacional e a sua Regulamentação pelo CONAMA, relativa a lâmpadas, está em estudo pela Comissão Técnica de Lâmpadas. Dependendo do conteúdo dos textos finais a serem aprovados, poderá haver uma significativa influência no mercado, e em particular nos aspectos relativos à economia de energia com lâmpadas.

Quase que a totalidade das lâmpadas de descarga contém mercúrio e ainda não foi encontrado um substituto adequado a este metal. Estas lâmpadas têm uma eficiência luminosa três a seis vezes superior a das lâmpadas incandescentes, uma vida quatro a quinze vezes mais longa, podendo reduzir o consumo em até 80%. Assim lâmpadas contendo mercúrio, devido a sua maior eficiência e vida em relação as incandescentes geram menos resíduos e reduzem o consumo de recursos naturais para a geração de energia elétrica.

A entrada em vigor da Legislação de Resíduos Sólidos trará custo no descarte de lâmpadas, reatores e luminárias. Se os custos são agregados no final da cadeia, ou seja, arcados pelo usuário após o a depreciação e/ou queima do produto o custo do descarte é o mínimo, porém se tal ocorre no início da cadeia, com a agregação do custo por parte do fabricante, haverá uma perversa alteração no preço do produto para o consumidor em função da cadeia de distribuição e dos impostos em cascata. Considerado um custo nacional médio para a logística e o descarte de uma lâmpada fluorescente comum em torno de R\$ 1,00 (um real), este será o desembolso do consumidor quando pagar pelo descarte após o uso do produto. Caso este custo esteja no início da cadeia, o custo para o consumidor quadruplicará como se pode ver a seguir sem incorporar a CPMF:

$$\begin{aligned}
& \text{R\$ 1,00 (coleta + transporte + reciclagem)} \\
& \quad / 0,7 \text{ (30\% margem bruta do fabricante)} \\
& \quad \quad / 0,7835 \text{ (ICM 18\%; PIS-COFINS 3,65\%)} \\
& \quad \quad \quad x 1,15 \text{ (IPI 15\%)} \\
& \quad \quad \quad \quad x 1,025 \text{ (juros de venda)} \\
& \quad \quad \quad \quad \quad x 1,30 \text{ ("mark up" distribuidor)} \\
& \quad \quad \quad \quad \quad \quad x 1,40 \text{ ("mark up" varejista)} \\
& \quad \quad \quad \quad \quad \quad \quad = \text{R\$ 3,90}
\end{aligned}$$

Ou seja, a adição de um custo mal aplicado poderá incentivar o retorno aos tempos de Edison e a sua ineficiente lâmpada. Neste contexto o autor acredita que para não prejudicar a eficiência energética decorrente das lâmpadas de descarga que contém mercúrio e considerando o princípio pelo qual todas as lâmpadas que contém mercúrio devem ter um descarte ambientalmente correto e adequado, o sistema informal hoje em funcionamento para descarte, adotados por algumas empresas e municípios, deve ser ampliado de forma oficial.

Os geradores de resíduos de lâmpadas que contenham mercúrio, devem destiná-los para as recicladoras ou aterros licenciados. No caso dos grandes geradores, caberia a responsabilidade de contratar o descarte diretamente aos mesmos e no caso de pequenos geradores, como o descarte residencial urbano, há a necessidade da coleta seletiva municipal com custos incorporados aos impostos ou taxas. Adotado um caminho viável, poder-se-á proteger o meio ambiente, preservando a evolução das lâmpadas eficientes. O aperfeiçoamento desta iniciativa poderá seguir o modelo europeu recentemente aprovado (2003).

### 3.5- Estrutura de mercado e funcionamento

Considerada a penetração de lâmpadas e equipamentos de iluminação economizadores de energia, pode-se dizer que a transformação para uma iluminação eficiente e eficaz está em seu início e muito longe ainda do potencial de mercado.

Produtos eficientes e economicamente viáveis à maioria dos usuários, muitas vezes não são adquiridos devido às imperfeições de mercado (Geller 1983, Nadel e Geller 1991).

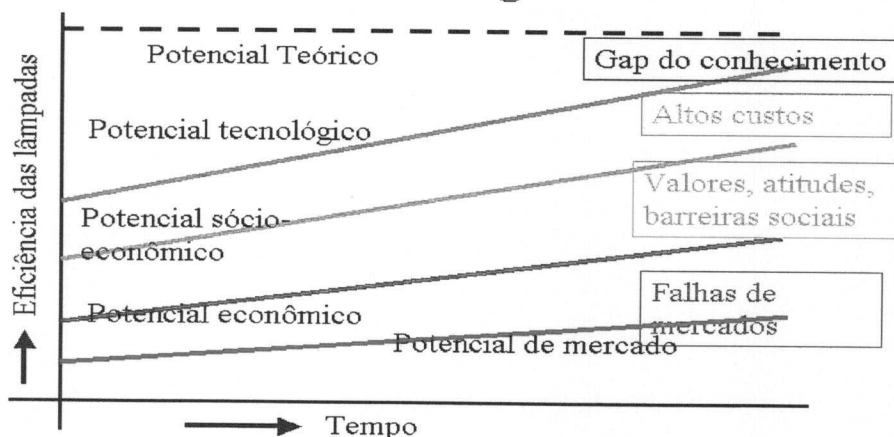
- Barreiras potenciais ao crescimento da eficiência energética.

O crescimento da eficiência energética depende das tecnologias conhecidas, da expectativa de custos, do comportamento do consumidor, das taxas de penetração no mercado e das ações políticas.

Uma forma de estimular os profissionais da área de iluminação a buscar uma maior eficiência energética em produtos e sistemas é visualizar os potenciais que ainda temos a alcançar e trabalhar com ferramentas adequadas para atingi-los.

Figura 3.1 - Potenciais Teórico, Tecnológico, Econômico e de Tendência de Mercado da Eficiência Energética.

### Barreiras para atingir o potencial das tecnologias



Fonte: IPCC, 2001

- O potencial da tendência ou expectativa de mercado projetado para um período determinado, representa o futuro desse mercado, sem que ocorram intervenções para alteração das condições, preços de energia, preferências dos consumidores e políticas energéticas. Para sair deste

potencial e atingir o potencial econômico é necessário superar as imperfeições do mercado. Pode se considerar, por exemplo, como caminho para tal aperfeiçoamento, a disponibilização ao mercado consumidor de produtos eficientes na rede varejista.

- O potencial econômico pode ser representado pela energia economizada num período determinado considerando todas as substituições, "retrofits", reparos, manutenção, controle sensível da operação e tendo os novos investimentos dirigidos para as tecnologias mais eficientes e economicamente viáveis, aos preços usuais de energia do mercado. Dados obtidos junto a bancos e supermercados mostram uma troca ("retrofit") por equipamentos mais atualizados da ordem de 5% ao ano, entretanto nas instalações em geral, tal troca nas instalações existentes é da ordem de 2% e um nível de investimentos em novas instalações da ordem de 1% segundo estimativa obtida da indústria de iluminação, ou seja, uma perspectiva otimista de 3% de crescimento em modernização. Portanto, pode-se extrapolar que cerca de 70% das instalações usam uma tecnologia com mais de dez anos de vida, ou em termos de potencial econômico, há um grande campo de desenvolvimento.
- O potencial social representa as economias viáveis quando consideradas as externalidades. Estas incluem os danos, ou danos evitados por impactos à saúde, poluição do ar, acidentes ocupacionais e eventuais outros impactos ecológicos. Nesta área há uma expectativa alta para os próximos dois anos, pois as Leis e Resoluções em trâmite nas áreas Federal, Estadual e Municipal provavelmente serão aprovadas, incorporando os custos de descarte aos produtos e impulsionando economias de ordem ecológica.

A referência a economias viáveis no sentido amplo, segundo a OTA (1993), é importante no sentido amplo da política energética e considera a segurança energética e a qualidade do meio ambiente.



- A política baseada em potenciais atingíveis representa as economias de energia que podem ser realizadas com vários instrumentos políticos situando-se entre o potencial da tendência natural de mercado e o potencial econômico.
- O potencial técnico representa as economias de energia atingíveis que resultam da implementação das tecnologias mais eficientes e prestes a serem comercialmente disponíveis, não importando os custos e os ciclos de re-investimento. Aqui pode-se ver a gradativa entrada dos LEDs com luz branca e dos reatores eletrônicos para lâmpadas de descarga em alta intensidade em aplicações onde o conteúdo técnico agregado é importante o suficiente para relegar para um segundo plano o retorno sobre o investimento. Nos dois casos haverá economia de energia.
- O potencial teórico representa as economias de energia atingíveis sob condições termodinâmicas teóricas e onde os serviços de energia são mantidos constantes com as perdas dos processos minimizadas, pela reutilização, por exemplo, de calor num processo e de materiais reciclados.

Os potenciais de economia de energia, pelo aumento da eficiência em iluminação com novas tecnologias, está estimado para o ano 2010, nos EUA em 10 a 18% para as áreas industriais, 53% para as áreas residenciais e 25% para as áreas comerciais e públicas, segundo levantamento realizado pelo Interlaboratory Working Group on Energy Efficient and Low Carbon Technologies (1997). Para Japão a estimativa até o ano de 2010 é de 20 a 75% na área residencial e para o sudeste da Ásia até o ano de 2020 de 20 a 60%, segundo Kaya et al, 1991; IIEC, 1995; ALGAS, 1998; Wanwacharakul, 1993. Para a Índia a estimativa até o ano de 2010 na área residencial é de 10 a 70%, segundo Terry 1997. O potencial de economia estimado para o Brasil até o ano 2010 na área residencial é de 30 a 80% segundo Jannuzzi (1998) e de 40% em áreas comerciais e públicas segundo Jannuzzi e outros (1991).

Para exemplificar porque estamos longe do potencial de tendência do mercado, o autor estima (Fonte: entrevista com fabricantes): que apenas 20 a 25% das



luminárias comercializadas no país para iluminação de interiores utilizam sistemas ópticos de alto rendimento e alta reflexão; que menos de 10% do mercado de reatores para lâmpadas fluorescentes é do tipo eletrônico com alta especificação (alto FP, baixo THD), ou seja, especificação em padrões e normas internacionais; que lâmpadas fluorescentes com pós-tri-fósforo de alta eficiência são menos de 10% do total de lâmpadas fluorescentes comercializadas; e que sensores eletrônicos com controles de gerenciamento de ambientes ainda não têm expressão no mercado.

Mais longe ainda estamos do potencial econômico, porém observa-se que algumas barreiras limitantes numa perspectiva sócio-econômica estão sendo superadas, como, por exemplo, a aceitação da qualidade regular de reprodução de cores proporcionada pelas lâmpadas de sódio em alta pressão na iluminação pública e o uso das lâmpadas fluorescentes circulares, em especial nas cozinhas, apesar de que mais de 95% das lâmpadas deste tipo comercializadas no país não possuem uma qualidade de reprodução de cores compatível com a aplicação. No primeiro caso a decisão de compra cabe normalmente a profissionais que ponderam os fatores técnicos, econômicos e estéticos e neste caso observa-se a preponderância de fatores técnico e econômico. No segundo caso a decisão é em geral de uma consumidora comum, que busca algo bonito para iluminar sua cozinha e se satisfaz com um bom volume de luz resultante de uma fonte branca azulada.

### 3.6- Base institucional

Entre as estratégias de políticas para o desenvolvimento sustentável do WEA( 2001) estão as recomendações:

- um funcionamento melhor do mercado pela redução de preços distorcidos, o encorajamento à competição e a remoção das barreiras à eficiência energética;
- a aceleração da inovação tecnológica em cada nível da cadeia de inovação;
- o suporte à liderança pela transferência tecnológica e desenvolvimento da capacitação em países em desenvolvimento como o nosso;

- e um encorajamento a uma maior cooperação internacional.

O funcionamento do mercado de forma eficaz e competitivo, é o mais eficiente fator de alocação de recursos capaz de proporcionar altos níveis de serviço e satisfação ao consumidor. Os recursos para alguns investimentos têm um longo ciclo de vida e as mudanças nem sempre podem ser prontamente aceleradas. Há uma inércia no comportamento e padrão dos consumidores, especialmente quando a tecnologia a aplicar é nova e há necessidade de um desembolso imediato para um benefício futuro. É necessário quebrar paradigmas.

O senso de urgência para mudança a um novo patamar de consumo e energia sustentável, ainda não é uma preocupação generalizada, mas recebe pelo senso comum o apoio para a criação de bases institucionais, políticas, instrumentos com o objetivo de aumentar padrões de eficiência e eficácia no uso final dos produtos e seus serviços, entre os quais está a iluminação.

A que atribuir a redução do consumo de energia em iluminação? Podemos considerar vários fatores para a redução do consumo a partir da década de 70, entre os quais a penetração no mercado de tecnologias de lâmpadas recém desenvolvidas na época, como as de vapores metálicos e as a vapor de sódio em alta pressão que passaram a substituir, no mundo desenvolvido, as lâmpadas de luz mista e a vapor de mercúrio. Nesta mesma época deu-se o início da introdução no mercado dos pós-tri-fósforo na cobertura das lâmpadas fluorescentes e, no final da década de 70, o desenvolvimento das fluorescentes compactas com sua gradual participação de mercado substituindo as incandescentes. A participação mais expressiva dos reatores eletrônicos e das luminárias com refletores de alto rendimento deram-se a partir da década de 80. Às novas tecnologias pode-se somar os programas DSM - Demand Side Management, muito estimulados, pelos governos, companhias de energia e ESCOs nos Estados Unidos e na Europa.

A motivação principal foi diferente nos continentes. Nos Estados Unidos e Canadá as companhias de energia verificaram que era mais barato investir em programas de economia de energia do que gerar energia e criaram ESCOs dentro de suas

empresas com significativas disponibilidades de capital para investimentos na substituição de tecnologias antigas. Ao mesmo tempo a EPA (Environmental Protection Agency) facilitava o processo criando legislações e acordos de adesão entre as partes interessadas no assunto conservação de energia. Na Europa e no Japão os principais motivadores foram o preço da energia e em segundo lugar uma forte consciência em favor do meio ambiente.

Ainda que a intensidade energética tenha aumentado no Brasil, assim como em outros países em desenvolvimento conforme quadro que segue, pode-se considerar que o consumo de iluminação por GDP ou per capita diminuiu em função da maior eficiência dos produtos. O crescimento da intensidade energética no Brasil foi devido especialmente à eletrificação rural, maior número de veículos e o maior consumo de energia nas residências.

**Quadro 3.6 – Energia Primária / GDP – Países em Desenvolvimento**

País	Consumo de Energia Per Capita 1990 (gigajoules)	Megajoules por unidade de GDP (poder de paridade de compra em US\$ - 1990)				
		1975	1980	1985	1990	1995
Índia	14,6	7,5	7,8	8,8	8,7	9,2
Indonésia	18,4	3,3	4,2	4,6	5,4	5,4
Argentina	64,1	8,0	8,4	9,2	9,8	9,6
Brasil	61,0	4,6	4,6	5,0	5,4	5,9
México	61,4	7,2	6,2	6,5	6,7	6,7

Fonte: EC, 1998.

O relatório UNDP de 1999 cita que “apesar das muitas implicações na transferência de tecnologias eficientes, alguns aspectos importantes devem ser trabalhados para explorar plenamente os benefícios potenciais para os países desenvolvidos” (WEA, 2001).

Entre os aspectos mais importantes para a área de iluminação podemos citar:

- Avaliação de tecnologias próprias ao país e sua seleção.

As companhias desenvolvem tecnologias para desenvolver seus principais mercados, ou seja, a tecnologia não é otimizada para as condições de um mercado em particular. Pode-se considerar que as tecnologias desenvolvidas para lâmpadas fluorescentes tubulares nos últimos trinta anos foram pensadas em termos das características elétricas e de instalação na Europa e nos Estados Unidos da América. Na Europa as lâmpadas T8 com uma mistura de argônio / criptônio substituíram diretamente ("retrofit") as T12 para uma tensão de 220 volts, entre fase e neutro, com luminárias aterradas e "starters" com mais de 800 volts de ignição. Nos EUA as lâmpadas T8, a base de um preenchimento de puro argônio, substituíram diretamente ("retrofit") as lâmpadas T12, partida rápida, para uma rede de alimentação em 120 volts, entre fase e neutro, com luminárias aterradas. Nenhum dos centros de tecnologia desenvolveu uma lâmpada que substituísse as T12 para as condições brasileiras onde a alimentação elétrica dá-se em 127 volts fase / neutro e 220 V fase / fase, simultaneamente no mercado e ainda com uma grande parte das luminárias não aterradas, uma grande maioria de "starters" com tensão inferior a 800 volts e significativas flutuações de tensão da rede de alimentação.

- Capacidade de adaptação e absorção.

A tecnologia a ser transferida necessita de uma atualização constante, por desenvolvimento local ou por importações periódicas. Ainda que as tecnologias na área de iluminação sejam transferidas por várias maneiras e absorvidas com certa facilidade pelo país, no caso de lâmpadas, reatores e luminárias, a continuidade do desenvolvimento local dos produtos é relativamente limitada. Uma maneira de visualizar isso é o inexpressivo número de patentes requeridas aqui no Brasil. São necessárias condições estruturais para tal desenvolvimento, a exemplo dos EUA, cujo Conselho Presidencial de Ciência e Tecnologia recomendou em 1999 a criação de políticas para absorção de tecnologias, investimentos e treinamentos de pessoal local (WEA,2001).

- Acesso ao estado da arte da tecnologia e ao capital.

O capital é sempre um recurso escasso no país, e os juros têm se mantido alto ao longo dos anos, desestimulando os empresários na captação de recursos para competir num mercado relativamente aberto a partir dos anos 90. O acesso ao estado da arte das tecnologias até que pode ser feito com relativa facilidade, porém o problema reside em ser competitivo e atualizado num mercado globalizado.

- O problema das empresas pequenas e médias.

Estas empresas podem ter um importante papel na economia do país, mas geralmente mantêm-se isoladas dos benefícios dos avanços tecnológicos. Como exemplo pode-se citar o surgimento de mais de cem empresas nacionais que passaram a fazer reatores eletrônicos para lâmpadas fluorescentes desde meados da década de 90, porém poucas delas produziram neste período, reatores em padrões internacionais. A próxima entrada da compulsoriedade de certificação em fevereiro de 2004 será realizada com grande dificuldade, para um padrão ainda inferior aos produtos de primeira linha.

#### Situação local e regional

No período recente tivemos no Brasil uma crise de energia e a perspectiva de mudanças políticas e econômicas com as eleições, que sempre deixam os investimentos em fase de expectativa. Em relação à América do Sul pode-se verificar a seguinte situação. Na Argentina a crise econômica acentuou-se, diminuindo o emprego, e a desvalorização da moeda reduziu ainda mais o poder aquisitivo da população. No Peru um fim complicado do governo Fujimori teve reflexos na economia. A Venezuela está numa crise econômica em consequência de conflitos políticos. A Colômbia com altos e baixos consequentes da insegurança pública gerada pelos grupos ligados a drogas e guerrilhas. Outros países não têm expressão econômica. Assim investimentos na área industrial que necessitem de um volume crítico de mercado consumidor local e/ou regional para concretizar-se, não acontecem.

A etiquetagem e a certificação de eficiência energética em lâmpadas e reatores é produto recente dos acordos entre a ABILUX, o PROCEL e o INMETRO e seu efeito apenas começa a influenciar o mercado. O tempo trâmite do programa em curso, não permitiu que ele se estendesse a todos os produtos e de forma compulsória, sendo um limitante para a disponibilização de produtos mais eficientes.

O mecanismo de qualificação dos produtos eficientes também deveria ser dinâmico, estimulando uma gradual mudança para patamares de maior eficiência.

A existência de uma significativa parcela de importação e comercialização informal de produtos prejudica significativamente os produtos que seguem normas e regulamentos, pois estes têm inserido em seus custos os procedimentos da obrigação.

### **3.7- Provisão de informações**

Até onde a forma e os meios de divulgação da informação sobre produtos e/ou sistemas economizadores de energia em iluminação, utilizados pelos fabricantes, importadores e comerciantes são adequados e suficientes para diferenciar produtos e estimular os consumidores e especificadores.

A população pobre é mais afetada (IPCC, 2001) neste quesito, porque uma parte é analfabeta ou semi alfabetizada não lhes chegando à informação que poderia diminuir a falta de recursos para o atendimento às necessidades básicas, entre as quais está a de enxergar adequadamente dentro de casa.

Segundo Jaffe e Stavins (1994) (IPCC, 2001) a necessidade de informações cria três tipos potenciais de falhas de mercado com respeito ao uso de tecnologias:

#### **3.7.1- A informação como um bem público**



A disponibilização da informação sobre as diferentes tecnologias e suas características de desempenho. Este é um caminho de mão dupla onde o consumidor busca informações úteis às suas necessidades e os fabricantes buscam conhecer as necessidades dos consumidores e provê-las informando os atributos de seus produtos. A avaliação dos autores do capítulo cinco do IPCC 2001, é de que os processos e redes pelas quais são transmitidas as informações em associações, conferências, publicações e ainda pela comunicação informal é fraca em países em desenvolvimento.

Os profissionais de projeto e empreendedores tem um razoável conhecimento das tecnologias disponíveis, pois recebem informações por meio dos mecanismos acima indicados e também diretamente dos fabricantes por meio de malas diretas, visita de consultores, "sites", e seminários e palestras dedicados. Já o consumidor leigo, a menos da exceção, não recebe e não busca soluções de iluminação onde esteja inserida a conservação de energia estimulada por alguma forma de informação recebida como, por exemplo, as contidas nas embalagens dos produtos nos supermercados.

A adoção de selos de eficiência energética como o do PROCEL, do selo que lhe serviu de base (CENELEC) adotado na Europa, os selos de informações onde consta a eficiência ou rendimento do produto, ou selos de distinção como o Energy Star americano, são exemplos de boa e útil comunicação da informação.

### 3.7.2- Efeito demonstração

Este é o meio pelo qual o usuário utiliza o processo de aprender vendo aplicações das tecnologias ao seu redor e eventualmente comunicando-se com outros usuários. Este aprendizado tem baixo custo e se traduz numa externalidade positiva de forte impacto. Em vista de suas qualidade é que muita tecnologia é introduzida por meio de uma instalação de demonstração. É o chamado "efeito demonstração".

### 3.7.3- Incentivos divididos



Quando os investimentos são feitos por um dos agentes porém os usuários que pagam o consumo são outros, há uma barreira que afeta a aplicação de tecnologias eficientes. Esta situação pode ser superada quando há uma comunicação adequada entre as partes e os custos podem ser repartidos. As instituições, neste caso, têm um importante papel em transmitir as informações e incentivar corretamente as partes.

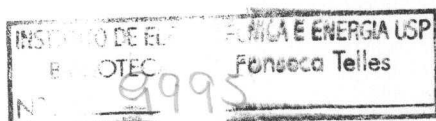
### **3.8- Aspectos sociais, culturais, normas de comportamento e aspirações.**

As pessoas tendem a manter hábitos quando estão satisfeitas com os mesmos e o eventual conforto decorrente, sendo que justificativas do tipo de conservação de energia, reflexos no meio ambiente não as fazem mudar de costume abdicando ou reduzindo suas necessidades de conforto com a luz mesmo se houver pequenos incentivos financeiros (Veitch, 1994).

#### **Critério de compras**

Política baseada em modelos derivados da motivação humana foi amplamente criticada (Stern, 1986; Jacobs, 1997; Jaeger e outros 1998) porque as pessoas são tidas como maximizadoras de bem estar e/ou minimizadoras de custos (Komor e Wiggins, 1988). Mas tal não é necessariamente um fato, pois as pessoas não agem sempre por seus princípios (Maloney e Ward, 1973; Verhallene Van Raaij, 1981). As informações que chegam as pessoas podem influenciá-las de diversas formas, dependendo da qualidade da informação e da credibilidade da fonte. Embalagens de produtos, por exemplo, são constantemente atualizadas, seja pela necessidade de novas informações ou pela percepção de que algum fator atual pode influenciar atitudes.

Segundo Kanheman, e Smith (2003), "as decisões humanas podem, sistematicamente, não corresponder às previsões da teoria econômica", assim se isto é fato, uma demonstração de um benefício econômico decorrente de uma tecnologia eficiente não necessariamente corresponde a uma atitude positiva em sua direção.



Em função do comportamento estudado por vários especialistas, um dos grandes desafios é buscar estratégias que levem as pessoas a tomarem decisões baseadas em economia de energia, de custos e qualidade do meio ambiente e menos em conforto e conveniência (Wilhite e outros, 2000).

### **Condutores de Consumo**

O que influencia o ser humano é complexo e pode ser estudado em várias disciplinas. Michaelis (2000) resumizou em alguns padrões e devido a sua importância vamos repeti-los no texto que segue:

- Demográfico, econômico e mudança tecnológica;
- Recursos, infra-estrutura e limitações de tempo;
- Motivação, hábito, necessidade e compulsão; e
- Estruturas sociais, identidades, discurso e símbolos.

Uma segmentação de produtos analisados sob os enfoques acima no contexto do objetivo daria muitas páginas de discussão e não vamos fazê-la aqui, porém apenas discuti-lo em brevidade.

### **A necessidade humana e a motivação**

Considerando que o desenvolvimento sustentável também deve ser a motivação para as ações na iluminação eficiente, ignorar as motivações e objetivos das pessoas, resultarão em políticas falhas. Ainda que muitas atitudes de consumo sejam vistas como necessidade, várias delas são hábitos e podem constituir-se em barreiras à iluminação eficiente. Lâmpadas incandescentes, por exemplo, são compradas por sua potência como 60 watts (algumas raras vezes ainda encontramos uma pessoa idosa que busca lâmpadas de 60 velas). Como há uma necessidade de mudança em função das novas tecnologias, o ideal é que se comprasse lâmpadas pelo seu fluxo luminoso ou “pacote de luz”. O hábito deve ser gradualmente modificado por uma informação de responsabilidade do fabricante e incentivado institucionalmente por uma política dedicada.

Amartya Sen (1980,1993) desenvolveu um conceito relativo às necessidades que as pessoas devem ter, se pretendem “florescer” ou ter uma boa vida. Informações adequadas, com programas de ensino que enfatizem boas práticas, criam oportunidades de mudança e encorajam bons hábitos.

### **Estruturas sociais e identidade**

Padrões de consumo dependem da identificação dos indivíduos ao seu meio. A importância de fazer economia em geral está arraigada por necessidade ao desprovido de recursos e aos povos que passaram por guerras. Em nosso meio o que segmenta e cria barreiras ao eventual consumo de produtos mais eficientes é a disponibilidade de recursos.

### **Discurso e simbolismo**

Os governos, algumas vezes, têm dificuldade de transmitir e exercer influência sobre os cidadãos por sua estrutura social e cultura, pois há distância entre o discurso e a prática. Ações exemplares podem conduzir a atitudes semelhantes por parte dos cidadãos.

Moisander (1998) observou que escolhas de consumo são influenciadas fortemente a posicionamentos éticos e morais. Hoje pode notar-se este tipo de atitude, por empresas voluntárias em ações de meio ambiente, pelo descarte adequado de resíduos.

## **4- Aspectos relevantes dos atores na economia de energia em iluminação**

### **4.1- Investimentos em conservação de energia em iluminação**

Qualquer mudança tecnológica em instalações existentes, seja de um componente e/ou de um sistema, apenas deveria ser realizada quando o cálculo do custo efetivo ao longo do ciclo de vida justificasse a mudança (Nadel, 1994).

A iluminação pública da cidade de São Paulo mostra três fontes de recursos para a manutenção das instalações de iluminação pública existentes, novos logradouros e para melhorar a eficiência do sistema. O primeiro recurso é o próprio orçamento municipal, o segundo recurso é a Taxa de Iluminação Pública implantada em 2003 que vai financiar os 40 mil novos pontos planejados para 2318 logradouros (fonte: PMSP) para o biênio 2003/2004 e um terceiro recurso é prover maior eficiência de uma parte do sistema existente. Um financiamento que está sendo negociado com o BID – Banco Interamericano de Desenvolvimento visa requalificar a área central da cidade e neste contexto está a iluminação pública da cidade e como obter maior eficiência é um dos itens do objetivo.

Assim como São Paulo, as cidades utilizam recursos de forma semelhante para financiar seus programas de iluminação pública e algumas utilizam verbas do Programa Reluz do ANEEL/PROCEL.

O ANEEL/PROCEL(\*) financia também pelo Programa de Eficiência Energética com os recursos da Receita Operacional Líquida das concessionárias e permissionárias do serviço público de distribuição de energia elétrica para uma maior eficiência da iluminação de edifícios públicos, escolas, hospitais, indústrias e outros. Este programa está em sua mais recente versão respaldado pela Resolução nº.492, de três de setembro de 2002 da ANEEL.

Muitas instalações comerciais como supermercados e lojas modernizam suas instalações numa taxa de mais de 5% ao ano (fonte: CBD, APAS, Associações de

(\*) O Programa é da ANEEL e o PROCEL lhe empresta apoio técnico.

lojistas dos shoppings Ibirapuera, Plaza e Eldorado) e aproveitam esta oportunidade para modernizar e dar maior eficiência as suas instalações, uma vez que boa parte dos custos de energia são gerados pelas instalações de iluminação. Neste caso os investimentos são dos próprios empresários. O mesmo ocorre com escritórios de bancos, por exemplo, onde suas agências são constantemente atualizadas para novos serviços e com isso, freqüentemente numa taxa ainda superior a das lojas, recebem novos sistemas de iluminação (Fonte: Bradesco e Itaú).

#### **4.2- O consumidor tem vantagem em economizar energia**

Os consumidores se beneficiam da economia de energia quando os potenciais de eficiência energética com resultado lucrativo são realizados. Análises macroeconômicas, realizadas na Alemanha e nos Estados Unidos mostram que políticas para o aperfeiçoamento da eficiência energética e para mudanças tecnológicas avançadas, beneficiam a economia da nação e de seus habitantes (Joshem e Hohmeyer, 1992; Laitner, Bernow e DeCicco, 1998).

As vantagens são:

- Crescimento econômico estimulado em um certo grau pela re-alocação de recursos economizados em energia,
- Geração de empregos como decorrência. A estimativa extrapolada dos dois países é a geração de 40 a 60 novos empregos por petajoule economizado por ano.
- A introdução e a produção de produtos de alta eficiência e alta tecnologia gera um aumento das exportações.
- Os impactos ambientais e sociais cada vez mais participam dos custos e, portanto sua redução beneficia os cidadãos.

A maioria dos consumidores residenciais percebe o consumo pela conta a pagar ao final do mês, quando não há correção de valores pelo reajuste das tarifas que muda as referências. Muito poucos, até o período anterior ao racionamento (2001), controlavam o consumo (kWh). Dos muitos consumidores forçados a economizar energia no período da crise energética, alguns perceberam a vantagem da economia de energia, por exemplo, ao substituir lâmpadas incandescentes por CFLs e verem sua conta de luz diminuir, com a manutenção dos mesmos pontos de luz acesos.

A iniciativa de conservação de energia do PROCEL / INMETRO com as etiquetas coladas em diversos eletrodomésticos e selos impressos nas embalagens de algumas lâmpadas tem levado os consumidores à conscientização de que utilizando tais produtos é mais econômico. A demonstração de que percebem o benefício está numa gradativa procura pela identificação do consumo e das diferenças entre produtos (fonte: pesquisa informal em lojas).

Segundo IPCC (2001) os programas com maior sucesso na transferência de tecnologia não são guiados pelos significativos benefícios ao meio ambiente apenas, mas porque eles atendem as necessidades e desejo das pessoas. Os programas tecnológicos de maior sucesso, focam-se em novos produtos e tecnologias que têm múltiplos benefícios ao consumidor. É com este enfoque que vemos as vantagens perceptíveis, pelos consumidores e as não perceptíveis como maiores gastos para construir novas usinas geradoras de energia e uma melhor qualidade do meio ambiente.

As vantagens para o consumidor são muitas, ao adotar posturas, em favor de tecnologias de conservação de energia e meio ambiente, porém a percepção de sua contribuição é limitada e é por isso que os programas de conservação e meio ambiente são adotados por governos e ONGs que trabalham com uma visão macro dos problemas.



#### **4.3- Há vantagem para a indústria de iluminação em vender produtos energeticamente eficientes**

A indústria dentro de seus objetivos de comercialização busca diferenciar os seus produtos de maneira a atender as várias necessidades do mercado, assim, já há cerca de 30 anos a conservação de energia passou a ser um diferencial de produto, desde a sua pesquisa até sua comercialização. Um exemplo disto é que praticamente toda lâmpada lançada nos últimos 25 anos tem como vantagem um menor consumo de energia em relação à geração ou tipo precedente.

Alguns setores de mercado mais do que outros consideram a conservação de energia em iluminação como importante e eventualmente prioritário em suas preocupações. Ainda que o consumo de energia em iluminação na indústria seja apenas uma pequena parcela, em geral menor do que 5% do seu consumo total de eletricidade, a visão empresarial de calcular custos em seu todo ao longo de um período e a necessidade de ser competitivo no mercado fez com que a iluminação no ambiente industrial sofresse constantes atualizações. Assim, apesar de seu limitado consumo de energia em iluminação, o setor industrial tem utilizado melhores e mais eficientes tecnologias de iluminação que os outros setores econômicos.

A indústria de iluminação tem uma vantagem importante quando oferece produtos economizadores de energia, pois está oferecendo um valor agregado que pode ser cobrado e aumentar sua margem de lucro ainda que algumas vezes o seu custo não tenha aumentado em relação ao produto comum.

#### **4.4- A indústria de iluminação dispõe de produtos eficientes**

Primeiramente para melhor entendimento desse tema é preciso analisar em separado as tecnologias de lâmpadas, reatores, luminárias e controles ou sensores eletrônicos.



#### **4.4.1 - Controles e sensores eletrônicos**

O comércio dispõe para o mercado, via indústria local e importadores, de controles eletrônicos como sensores de presença, fotocélulas, temporizadores, controles remotos e centrais de comando dos mais modernos e eficientes existentes no mercado mundial, dispondo de protocolos de comunicação para variadas origens tecnológicas. Os produtos desta tecnologia com maior aplicação são os sensores de presença muito usados em edifícios residenciais para corredores, "halls", escadarias e garagens e na iluminação de segurança externa de edifícios e áreas em geral. A contribuição destes sensores deve ser significativa para a economia de energia, mas ainda não foi mensurada.

A instalação de equipamentos completos equipados com sensores de presença, temporizadores e sensores de luz acoplados a reatores eletrônicos reguláveis, módulos flexíveis para comando remoto local e gerenciamento a distância, está restrita a um relativamente pequeno número de instalações em edifícios ultramodernos e residências de alto poder aquisitivo.

#### **4.4.2 - Reatores**

Quando se trata de tecnologia economizadora de energia em reatores, estamos tratando dos reatores eletrônicos.

A indústria de reatores coloca no mercado local a mais moderna tecnologia existente no mercado mundial, seja pela produção local dos modelos mais simples, seja pela importação de modelos sofisticados como os eletrônicos dimerizáveis com protocolos de comunicação atualizados.

Os reatores eletrônicos do mercado com fabricação local têm circuitos com tecnologias americanas, européias e asiáticas, com circuitos de ignição instantânea e rápida, porém não dispõem de partida chamada de "programada". O que os torna especialmente diferentes dos reatores mais avançados são os circuitos de proteção interna com menos recursos e os de filtro. Há mais de cem

fabricantes nacionais de reatores eletrônicos e todos produzem produtos que economizam significativamente energia em relação aos reatores magnéticos. Porém, o problema em boa parte dos produtos desta indústria está na sua especificação técnica.

Os reatores mais sofisticados do mercado, em geral são importados da Europa.

#### **4.4.3 - Luminárias**

As luminárias colocadas à disposição do mercado são em sua grande maioria produzidas no país e entre os modelos ofertados ao mercado estão aqueles com alto rendimento e os que permitem um alto fator de utilização com conforto e segurança.

Ter alto rendimento em si não tem significado de aproveitamento energético, pois uma chapa dobrada de formato aberto com dois porta-lâmpadas tem como resultado também um altíssimo rendimento. Neste caso o principal aspecto a se considerar é o quanto um sistema óptico está adequado à aplicação e traz de luz para uma determinada tarefa visual e para a iluminação da redondeza.

Há cerca de dezoito anos surgiram as primeiras luminárias com sistemas ópticos de alta reflexão utilizando alumínio com acabamento anodizado polido ou anodizado acetinado. Variações nos sistemas ópticos, para diferentes tipos de aplicações e lâmpadas como, por exemplo, às T5, têm surgido mostrando que a indústria se atualiza e procura atender ao interesse dos consumidores.

Um fato que vale a pena destacar é a moda recente gerada especialmente por algumas indústrias de renome, de recomendar com muita ênfase na iluminação de interiores a utilização de sistemas de luminárias com luz indireta ou direta / indireta. Ainda que o conforto seja muito importante e a iluminação indireta propicie maior conforto, há uma perda significativa de energia para um mesmo resultado de luz na área da tarefa visual.

A diferença que se destaca de alguma forma no país é semelhante a da indústria de reatores, mas neste caso, o que falta é uma sofisticação nos componentes do sistema óptico das luminárias que não é atingido por falta de um volume de mercado que justifique os investimentos que possam dar o retorno adequado aos empresários do setor. O comentário é válido para luminárias das mais variadas aplicações.

#### **4.4.4 - Lâmpadas**

Uma grande diferença em relação ao passado não longínquo, ou seja, um pouco mais de dez anos, é a disponibilidade dinâmica e quase imediata de lâmpadas recém introduzidas em qualquer parte do mundo, aqui no mercado local, seja por fabricantes localmente estabelecidos ou por importadores.

Estas lâmpadas de introdução recente trazem quase que invariavelmente como valor adicional mais eficiência em relação a sua similar predecessora. Apesar de disponíveis no mercado, seu uso é restrito porque os consumidores e instaladores dependem do conhecimento de sua existência, que se dá em geral via especificação por projetistas de iluminação, arquitetos, decoradores, engenheiros, construtores, eletricitas que as especificam, compram e instalam.

O interesse na disponibilização é inerente a indicar ao mercado a imagem de trabalhar com produtos inovadores e a possibilidade de realizar maiores margens de lucro com produtos diferenciados de maior valor agregado.

#### **4.5- A indústria de iluminação está mobilizada para conscientizar, fabricar e vender estes produtos.**

Para conscientizar o mercado a respeito da importância da eficiência energética da iluminação existe um esforço limitado por parte da indústria como um todo. Este esforço é feito através de sua associação ABILUX, do simpósio denominado

Simpolux, cujo tema tem sido nos dez anos de sua existência “a eficiência energética”. Dispõe também de uma comissão de eficiência energética, que trabalha com o órgão de governo dedicado a este aspecto, como o PROCEL e universidades.

Individualmente as indústrias se mobilizam na conscientização do mercado por intermédio de cursos, palestras, treinamentos, “sites”, documentos e propagandas em revistas especializadas com informações relativas a eficiência, rendimento e eficácia de seus produtos. Em algumas embalagens, são disponíveis também informações para os consumidores em geral. Raras vezes são vistas propagandas para consumidores nos meios de comunicação como rádio e com conteúdo relativo ao consumo energético. Propaganda em televisão não existe porque a competitividade e as margens de lucro desta indústria não permitem tais investimentos.

Apesar das iniciativas indicadas, o setor como um todo investe pouco quando comparado com suas associações equivalentes de alguns países europeus.

#### **4.6- As geradoras e distribuidoras de energia têm interesse em conservar energia**

Os programas de conservação de energia, que hoje são compulsórios, de fato oneram apenas as distribuidoras, quando o benefício é para todo o sistema, distribuição, transmissão e geração. De alguma forma os custos de tais programas poderiam ser cobertos, proporcionalmente entre as distribuidoras, transmissoras e geradoras de energia.

No panorama atual corre-se um risco quanto à continuidade dos programas de eficiência energética em função da sobra “conjuntural” de energia. Neste caso é importante sempre pensar em eficiência energética como política de longo prazo.

As distribuidoras, por sua vez, têm como objetivo comercializar o máximo de energia possível, cobrindo seus investimentos, custos operacionais e maximizando o lucro por uma maior venda. Neste contexto a distribuidora em

princípio não tem interesse na economia de energia. Os programas de conservação de energia nos quais as distribuidoras participam, o fazem de forma compulsória em função da legislação, ou o fazem para diminuir as próprias perdas de sistema maximizando a disponibilidade de energia para comercialização, ou ainda o fazem como marketing ambiental que hoje passa ser importante para alguns tipos de consumidores mais conscientizados.

#### **4.7- A sociedade e o governo têm interesse em conservar energia em iluminação**

Considerando que as pessoas como indivíduos de uma sociedade buscam o bem estar, no qual está inserido a qualidade do meio ambiente e inerente a este está a conservação de energia e sua sustentabilidade, podemos considerar que a sociedade tem interesse em conservar energia em geral e na iluminação em particular.

O governo que tem a visão macro dos problemas do país, busca maximizar resultados com recursos limitados para investimentos, de forma equânime e ética. Assim a conservação de energia, deve ser uma de suas prioridades, já que investimentos na área têm um alto custo, que se minimizados resultam em disponibilidades para outras áreas prioritárias.

Algumas legislações relativamente recentes devem dar um novo impulso a conservação de energia, como as que seguem e outras:

- Lei nº 10.295, de 17 de outubro de 2001, que dispõe sobre a Política Nacional de Conservação e Uso Racional de Energia e dá outras providências e o
- Decreto nº 4.059, de 19 de dezembro de 2001 que dispõe sobre os níveis máximos de consumo de energia, ou mínimo de eficiência energética.



## 5- Cenários e propostas

### 5.1- Cenário e propostas para lâmpadas fluorescentes compactas

Estima-se que no início de 2001 estavam instaladas cerca de 60 milhões de lâmpadas fluorescentes compactas das quais uns 40 milhões em residências, ou seja, cerca de uma lâmpada por residência e uma significativa participação na iluminação comercial de shoppings e lojas, hotéis e em partes de edifícios de escritório (fonte: informações de fabricantes). Assim, considerando o fato que se utiliza uma média de 10 lâmpadas por residência no país, a penetração das fluorescentes compactas no início de 2001 era ainda modesta. Um estudo da SAVE (2000) indica que na UE utilizavam-se 1,3 lâmpadas por residência.

A crise de energia elétrica veio modificar de forma radical a participação das lâmpadas fluorescentes compactas na aplicação residencial. A necessidade de cortar 20% do consumo de energia nas residências era mais factível nas residências de maior poder aquisitivo, onde poderiam ser desligados “freezers”, microondas, torneiras elétricas, equipamentos de ar condicionado e outros, porém nas residências de menor poder aquisitivo, onde o consumo se limitava à iluminação, geladeira, chuveiro e ferro de passar, as dificuldades eram maiores na redução do consumo.

Além de apagar uma boa parte das lâmpadas e da disciplina atualizada da recordada frase “desligue a luz, pois seu pai não é sócio da Light”, nos dois casos as lâmpadas fluorescentes compactas ofereciam condições de contribuição para minorar a penúria da falta de energia em que se transformou em falta de luz. Nesta oportunidade, porém, o preço de uma fluorescente compacta com equipamento auxiliar eletrônico incorporado esteve entre oito a quinze reais, ou seja, quatro a doze vezes o preço de uma incandescente no mercado. Houve uma grande variedade de CFLs oferecida por fabricantes, importadores, falsificadores, contrabandistas e outros. O mercado chegou a contar com mais de 165 marcas de lâmpadas (Nielsen, 2002) e no período de 12 meses contados a partir de maio

de 2001 entraram no país, pelas estimativas extrapoladas das importações registradas no SECEX, mais de 90 milhões de lâmpadas.

Um dos fatores que mais marcaram a crise de energia elétrica foi o desligamento compulsório de parte da iluminação e conseqüentemente a utilização da palavra “apagão”. Uma conseqüência foi a forçada utilização das lâmpadas fluorescentes compactas, anunciada como uma das soluções pelos fabricantes e importadores de lâmpadas, pelo governo e pela mídia. A conservação de energia em si, as vantagens para o meio ambiente e a redução nas contas de luz não foram suficientes para que o consumidor comum tivesse a iniciativa de adquirir lâmpadas fluorescentes compactas de forma expressiva no período anterior a crise.

Leonelli, (1999) em seu trabalho sobre o comportamento dos consumidores em relação ao uso eficiente da energia conclui:

“Se não restam dúvidas de que os consumidores residenciais não estão mobilizados pelo uso eficiente da energia, isto não significa que essa condição seja imutável. Significa sim, que os dirigentes da política de combate ao desperdício de energia elétrica no Brasil têm um grande desafio pela frente”. Muito embora a atitude revelada na pesquisa (realizada por Leonelli) tenha sido bastante favorável no combate ao desperdício de energia, o mesmo não pode ser dito do comportamento cotidiano dos consumidores (quer na compra, quer no uso), pois estes não se vêem como co-responsáveis pelo problema que identificam, talvez porque não tenham uma idéia muito clara do que realmente venha a ser o desperdício de energia elétrica e do que seja um eletrodoméstico eficiente...”.

As ameaças de pagar um alto preço pelo excesso de consumo de energia em relação à meta de redução estipulada pelo Governo na crise e o eventual corte de energia foram os motivos que levaram à utilização da nova fonte de luz. A imagem de fonte de luz conservadora de energia já estava na consciência de muitos consumidores dada as campanhas de propaganda e promoção de



fabricantes e governo, e foi necessária uma crise, com um “apagão visível”, para que se despertasse uma mudança de cultura para a conservação de energia.

Cabe perguntar porque a iluminação foi o lado mais evidente da crise e a impressão que temos é a de que nesse momento cabia à população em geral a mobilização, pois os grandes consumidores tinham o conhecimento de que recursos poderiam gerenciar para contornar as limitações impostas pela nova situação de contingência.

Os estoques locais das lâmpadas fluorescentes compactas se esgotaram e o mercado através de seus mecanismos naturais buscou suprir o produto que era e é importado, em sua maior parcela da Ásia, numa hora em que a Califórnia passando por crise semelhante era um forte concorrente as importações do mercado brasileiro.

As campanhas de conservação empreendidas pelas companhias de energia, durante o racionamento, levaram algum tempo para mostrar resultados e sua participação teve uma limitada expressão no contexto, não se traduzindo os volumes de compra aventados, em seu início, como realizados. O autor acredita que o que valeu foi a discussão na mídia e a venda na rua, pois essas há um tempo mostraram a importância ao consumidor e a premência de uma ação ao se deparar nas esquinas, barracas e quiosques com um produto “solução” para a situação particular de cada um.

Os esforços do PROCEL e da Agência para Aplicação da Energia, foram importantes, porque muitas ferramentas de informação, orientação e etiquetagem estavam desenvolvidas.

Para facilitar e motivar o consumidor o governo tomou algumas medidas pró-ativas importantes que foram reduzir a zero o imposto de importação e o imposto sobre produtos industrializados (Decretos, 2001) e do lado da proteção ao consumidor o PROCEL e o INMETRO em seu Programa Brasileiro de

Etiquetagem aceleraram os trabalhos laboratoriais especialmente no CEPEL (CEPEL, 2001/2) para dar ao consumidor uma garantia mínima de qualidade nos produtos que, pelo programa etiquetagem, eram aprovados. Tal filtro mostrou sua eficácia, uma vez que cerca de 75% dos produtos não atenderam aos requisitos mínimos acordados entre as partes interessadas.

A estrutura de impostos em cascata que onera o cidadão foi nesta hora crítica, diminuída. A redução do Imposto de Importação trouxe uma diminuição aproximada de 16% no preço de venda da mercadoria pelo fabricante e/ou importador, que somado a redução no IPI resultou numa redução da ordem de 30%. Como tal benefício se estende ao ICMS a redução no preço de venda foi no total da ordem de 43%. Tais benefícios tornaram mais eficazes as verbas destinadas à aquisição e utilização de lâmpadas por parte das distribuidoras de energia elétrica, pois elas poderiam adquirir cerca de 75% mais lâmpadas com as verbas orçadas para tal iniciativa.

Pelo volume de lâmpadas importadas em 2000 da ordem de 32 milhões, em 2001 da ordem de 90 milhões e pela estimativa de lâmpadas colocadas em uso, da ordem de 60 milhões (MDIC, 2003), verifica-se como se podem quebrar paradigmas com um produto útil ao conceito de eficiência energética.

Entre os motivos para a mudança de perfil do mercado de CFLs podemos destacar os seguintes aspectos:

- Ameaça à perda de um bem de utilidade e conforto diários (luz);
- Ameaça de uma perda monetária significativa;
- Disponibilidade de poder adquirir um bem “solução” com benefícios como utilidade, conforto e economia pessoal, alardeados por vendedores interessados, endossados pelo governo premido por uma crise e referenciados por pessoas que já haviam realizado a experiência de utilizar um produto conservador de energia com sucesso.

O autor desconsidera dentro desta perspectiva os que ganharam lâmpadas gratuitamente, pois esses foram atores passivos de uma situação.

A Pesquisa de Posse e Hábitos de Uso dos Aparelhos Elétricos coordenada pelo professor Reinaldo Castro Souza realizada no Brasil nos períodos anterior, durante e pós-crise de energética (Fundação Padre Leonel Franca, 2002) detectou que os equipamentos que mais experimentaram alteração nos lares em função da economia de energia imposta pelo racionamento foram as lâmpadas.

Na área de concessão da AES-Eletropaulo a pesquisa mostra que, por exemplo, na sala da residência, área de uso freqüente, onde antes da pesquisa havia 2,02 lâmpadas incandescentes em média, passou a ser no pós-crise de 1,0 lâmpada. Já as fluorescentes compactas passaram nessa mesma área de 0,09 antes para 0,81 depois. O mesmo se observa nos demais cômodos em diferentes proporções (ver Quadro 5.1). No quarto enquanto a incandescente caía de 2,58 para 1,64 lâmpadas e a fluorescente compacta subia de 0,14 para 0,93. Como observação do Quadro 5.1 pode-se destacar que para as lâmpadas fluorescentes tubulares e circulares, houve um crescimento expressivo na área de corredores.

**Quadro 5.1 – Tipos de lâmpadas nos principais cômodos**

CÔMODO	PERÍODO	LÂMPADA A	LÂMPADA B	LÂMPADA C
Sala	Antes	2,02	0,11	0,09
	Durante	0,98	0,14	0,77
	Depois	1,00	0,15	0,81
Quarto	Antes	2,58	0,09	0,14
	Durante	1,62	0,13	0,94
	Depois	1,64	0,13	0,93
Cozinha	Antes	0,90	0,57	0,12
	Durante	0,51	0,59	0,43
	Depois	0,52	0,60	0,43
Banheiro	Antes	1,66	0,10	0,10
	Durante	1,20	0,11	0,46
	Depois	1,22	0,11	0,45
Corredor	Antes	0,71	0,02	0,02
	Durante	0,45	0,04	0,20
	Depois	0,04	0,23	0,23

Fonte: Pesquisa de Posse e Hábitos de Uso de Aparelhos Elétricos (AES - ELETROPAULO – 2002) PUC RJ

**Observação:** Lâmpada A: Incandescentes.  
 Lâmpada B: Fluorescentes tubulares (20W e 40W).  
 Lâmpada C: Lâmpadas fluorescentes compactas e circulares.

Enquanto houve uma redução de 37% das lâmpadas incandescentes comuns de 60 e 100 watts nas residências, a presença das lâmpadas fluorescentes compactas aumentou de 474 %.

**Quadro 5.2 – Estimativa de posse média nos domicílios**

TIPO DE LÂMPADA	ANTES	DEPOIS
Incandescente de 60 W	6,40	4,34
Incandescente de 100 W	2,30	1,08
Fluorescente Tubular de 20 W	0,54	0,57
Fluorescente Tubular de 40 W	0,65	0,79
Lâmpada fluorescente compacta	0,49	3,14
Fluorescente Circular	0,09	0,19

Fonte: Pesquisa de Posse e Hábitos de Uso de Aparelhos Elétricos (AES - ELETROPAULO – 2002) PUC RJ

A pesquisa mostra um percentual de lâmpadas substituídas de 49,45%, com a substituição das incandescentes por fluorescentes compactas ou circulares da ordem de 48,37%.

Importante é destacar também na pesquisa da área de concessão da AES-Eletropaulo que há uma intenção de substituir as atuais lâmpadas fluorescentes de vários tipos quando da sua queima, por outras similares na proporção de 76,57%. Este fato é importante, pois, a intenção manifesta em programas anteriores desenvolvidos pela CESP, CPFL, CEMIG e outras não foi tão expressiva.

## **5.2- O espaço das lâmpadas halógenas**

As lâmpadas halógenas com uma eficiência de 20 a 30% superior as incandescentes e associadas a outras qualidades como estabilidade do fluxo luminoso ao longo da vida, excelente índice de reprodução de cor, compactidade, "amigável" com o meio ambiente, fazem com que esta tecnologia possa ter uma expressão mais importante do que vemos hoje no mercado, a exemplo do que ocorre em países da União Européia. Estas lâmpadas, que durante muito tempo ficaram restritas aos tipos "palito" e refletoras dicróicas para uso na iluminação em geral, podem ser vistas hoje em versões com cápsulas incorporadas, ou seja, bulbos com as mesmas bases das incandescentes e cápsulas, refletoras com cápsulas, refletores metálicos com cápsulas, enfim, uma variedade de alternativas que substituem as incandescentes comuns em suas diversas versões com vantagem.

Tal participação nas aplicações pode ser observada no mercado em lojas, centros de compras, hotéis e restaurantes, e a exemplo da Europa, terá provavelmente uma maior participação também em residências.

Além da eficiência, dois outros fatores devem ser destacados sob o ponto de vista da conservação de energia. Primeiro, a não depreciação de fluxo luminoso ao longo da vida cria um diferencial em relação ao fluxo médio de uma



incandescente, sendo este, o que deve ser considerado nas aplicações, pois hoje em geral tal comparação é realizada com fluxos iniciais. O segundo ponto a considerar é que a variedade de versões das halógenas com refletor faz com que a utilização da luz emitida seja mais eficazmente aproveitada que as incandescentes.

Em face do tipo de aplicação, o seu uso poderia ser mais incentivado por meio de uma maior divulgação de suas vantagens em relação as incandescentes, aos cidadãos em geral no ponto de venda e aos que detém o contato de especificação e/ou venda por meio de um trabalho dirigido nos dois casos pelos fabricantes, importadores e comerciantes.

O autor acredita que no caso existem as barreiras de conhecimento e preço dos produtos.

### **5.3- O caminho das lâmpadas fluorescentes**

Hoje estão disponíveis no mercado lâmpadas fluorescentes de espectro contínuo somado a algumas linhas e lâmpadas com a cobertura do chamado tri-fósforo. A exemplo do que ocorreu no mercado norte americano poder-se-ia estudar um acordo onde ao final de um prazo as lâmpadas acima de determinada potência teriam versões apenas com o pós-tri-fósforo de maior eficiência.

As lâmpadas T5 devido ao seu diâmetro, apenas são produzidas com pós-tri-fósforo e pelo fato de que estas só operarem com reatores eletrônicos de alta frequência, pode-se contabilizar algo como 30% a mais de eficiência em relação as lâmpadas fluorescente comuns.

Essas lâmpadas T5 poderiam ter maior penetração no mercado por intermédio de uma recomendação de aplicação em novas construções comerciais e industriais. Sua justificativa de utilização deve também ser baseada no custo efetivo do ciclo de vida, contemplando desde a fabricação até o descarte do produto.



#### **5.4- A iluminação pública e suas possibilidades de conservação de energia**

Os trabalhos de conservação de energia na iluminação pública do PROCEL buscaram em seu primeiro momento substituir os pontos que ainda tinham lâmpadas incandescentes. Os trabalhos que seguem, têm como objetivo substituir as lâmpadas de luz mista, ainda empregadas em praças e jardins, e as de vapor de mercúrio, que se constituem até esta data em mais de 70% da iluminação pública, por lâmpadas a vapor de sódio em alta pressão e por lâmpadas a vapor metálico. Dados oficiais não são disponíveis no PROCEL.

Hoje se dispõe de um leque de tecnologias que permitem uma melhor escolha do que podemos instalar e um cálculo de custo-benefício, associado a outras características das fontes de luz, pode nos dar soluções mais adequadas às necessidades particulares de cada área.

Assim, as tecnologias de luz mista com 25 lumens por watt e a vapor de mercúrio com 50 lumens por watt, potências típicas de iluminação pública, podem ser substituídas por lâmpadas a vapor de sódio com 120 lumens por watt, vapores metálicos em cápsulas de quartzo com 90 lumens por watt, vapores metálicos em cápsulas cerâmicas com 90 lumens por watt, fluorescentes "compactas" em baixa pressão de alta potência e base única com 70 lumens por watt e ainda lâmpadas de indução magnética com cerca de 70 lumens por watt. Todas as lâmpadas citadas oferecem vantagens em economia de energia em relação às lâmpadas da geração anterior, além de uma série de outras vantagens entre as quais vale a pena destacar uma maior vida mediana que se reflete diretamente nos custos de manutenção e no caráter ecológico das novas fontes de luz.

#### **5.5- O limitado espaço das lâmpadas de luz mista**

A lâmpada de luz mista hoje pode ser considerada um "dinossauro híbrido", face sua baixa eficiência, vida relativamente curta e qualidade de reprodução de cor apenas regular. Ela não tem mais espaço nas aplicações atualizadas. Essa lâmpada foi muito empregada no país dada a sua facilidade de substituir uma

incandescente com vantagens sem a utilização de equipamento auxiliar. Hoje substituem-na com vantagens energéticas outras lâmpadas como as de vapores metálicos em cápsulas de quartzo e cerâmicas compactas, as fluorescentes compactas de alta potência e também as de indução magnética. Qualquer uma delas é pelo menos três vezes mais eficiente, tem maior vida mediana e reproduz melhores as cores que as lâmpadas de luz mista.

O racionamento trouxe algumas medidas de força em relação ao mercado das lâmpadas de alta intensidade como as de luz mista e as a vapor de sódio em alta pressão. O IPI das lâmpadas de luz mista que era de 15% foi a 45%. Esta medida pode ser vista sob os enfoques da Receita Federal, da conservação da energia, da indústria, do comércio e do consumidor. A Receita Federal, orientada pela ANEEL buscou com o aumento do imposto atribuído as lâmpadas de luz mista, compensar a perda de receita pelo incentivo dado as lâmpadas de sódio, ou seja, satisfazendo a necessidade de caixa do Governo. Do ponto de vista da conservação de energia o aumento de preço das lâmpadas de luz mista tem vantagens, uma vez que o consumidor irá buscar uma substituição, não relacionando a eficiência entre as duas fontes de luz, mas quase que certamente indo a uma fonte de luz mais eficiente e de melhor custo/benefício. A indústria local que produz as lâmpadas de luz mista sofreu um grande impacto negativo devido à drástica redução da sua comercialização, não compensada na mesma proporção por outro tipo de lâmpada. O capital investido e eventualmente não amortizado em certos equipamentos tornou-se sub ocupado e obsoleto. No comércio ocorreram fatos típicos de nosso mercado. Afora a comercialização regular, alguns importadores viram umas oportunidades de trazer lâmpadas de luz mista com outro título, ou melhor, como lâmpadas de sódio, e alguns comerciantes as colocaram no mercado com esse título, assim não onerando o produto com o imposto mais alto e prejudicando em certo grau os objetivos de conservação de energia (Fonte: entrevistas com fabricantes). Provavelmente do ponto de vista do consumidor que adquire as lâmpadas de luz mista, houve apenas a percepção de que as lâmpadas ficaram mais caras, buscando eventualmente uma outra tecnologia substituta. O consumidor melhor informado ou o especificador, por outro lado, tem buscado uma tecnologia substituta de melhor custo-benefício à sua aplicação.

Caso ocorra a eliminação das lâmpadas de luz mista pelo mercado, pode-se dizer que os fins justificam os meios. No entanto é preciso avaliar a que custo será válido tal procedimento. Neste caso, verifica-se claramente como uma sinalização adequada de impostos pode tirar o incentivo à aplicação de um produto ultrapassado tecnologicamente.

Uma maneira de eliminar um produto ultrapassado tecnologicamente, como estas lâmpadas, seria a adoção de acordos de transição entre o governo, indústria, importadores, comerciantes e entidade representativa de consumidores fixando uma data a partir da qual o produto deixaria de ser comercializado no mercado local e fornecendo indicações de alternativas adequadas.

#### **5.6- Perspectivas das lâmpadas a vapor de mercúrio e a sua substituição por lâmpadas a vapor de sódio e vapores metálicos**

A lâmpada a vapor de mercúrio está em seus atuais níveis de eficiência há cerca de 30 anos e não tem perspectiva de ter sua eficiência melhorada com os pós-fluorescentes atualmente disponíveis ou mudanças em sua atual tecnologia.

A iluminação pública em todo o mundo mudou gradativamente de tecnologia adotando as lâmpadas a vapor de sódio em cápsula cerâmica e alta pressão especialmente por sua eficiência, mas também por sua longa vida.

Diferentes razões levaram os países, cidades, empresas de energia a adotarem a tecnologia de sódio. Nos países onde a energia elétrica era mais cara e o investimento mostrava um retorno mais rápido do capital, essa fonte de luz passou a ser mais rapidamente adotada; outros adotaram-na pela falta de disponibilidade de energia, outros buscando um maior nível de iluminação por necessidade de aumento do fluxo viário e ainda outros, por segurança. Alguns simplesmente buscaram a redução dos custos operacionais e de manutenção.

No caso do Brasil a razão principal sempre foi a conservação de energia. Com um aumento de mais de 100% na eficiência da fonte de luz, e a menos de iniciativas específicas, a transformação nas vias deve-se praticamente à ação cooperada empreendida pelo PROCEL com companhias de energia e municípios. O capital gerado para o financiamento da transformação veio da Reserva Global de Reversão – RGR e deverá receber um forte reforço pela TIP - Taxa de Iluminação Pública, que passará a ser adotada praticamente por todos os municípios no país.

Mantido o Programa do PROCEL (RELUZ) e alcançada a transformação dos estimados 70% das instalações, a energia economizada nas instalações de iluminação pública em relação a carga atual, com os pontos ainda pendentes, será da ordem de 0,5 GW com um consumo da ordem de 2 TWh/ano. Para base de cálculo tomou-se a hipótese conservadora que a media dos pontos de luz fosse uma lâmpada a vapor de mercúrio de 125W e a substituição uma lâmpada a vapor de sódio de 70W operando 4000 horas ano.

As lâmpadas a vapor de sódio hoje já são disponíveis lâmpadas que alcançam até 150 lumens por watt e que permitem uma conservação de energia maior do que a anteriormente estimada e ainda possuem 32 mil horas de vida mediana. Outras versões desta fonte de luz utilizam uma quantidade mínima de mercúrio em seu tubo de descarga apenas para facilitar a ignição e outras ainda de tecnologia combinada com as lâmpadas de vapores metálicos permitem uma operação com alta eficiência e muito boa reprodução de cor.

As mudanças projetadas ocorrerão apenas se houverem metas claras oficialmente estabelecidas e orçadas as quais não estão claramente estabelecidas. Assim, podem-se adotar alguns caminhos que busquem atingir estes objetivos. O autor acredita que a iniciativa hoje de se desenvolver um processo de transformação para a propiciar maior eficiência para a iluminação pública não deve caber apenas ao município, mas também ao próprio PROCEL que tem quadros técnicos competentes para tal ação.

Várias alternativas podem ser adotadas para o alcance dos resultados almejados. Por exemplo: uma tarifa de energia significativamente mais alta nos pontos de luz

que estejam abaixo de uma certa eficiência, e/ou a interrupção de comercialização das lâmpadas de mercúrio para iluminação pública a partir de determinada data por meio de um acordo de transição (Energy Star, 2002). Uma terceira opção seria permitir aos moradores a escolha entre melhorar a eficiência da iluminação pública por iniciativa própria, por exemplo, em associações de bairro, ou pagar a taxa de iluminação pública recentemente criada.

### **5.7- Estado da arte de algumas lâmpadas**

Além das tecnologias existentes e discutidas em alguns aspectos neste trabalho, descrevemos a seguir algumas tecnologias de fontes de luz com o objetivo de mostrar que virão novas oportunidades de economia de energia, além de outras vantagens que estas lâmpadas oferecem.

Em função das necessidades do país e suas possibilidades, uma ou mais tecnologias poderiam ser escolhidas para foco de pesquisa, desenvolvimento e produção com inovações locais.

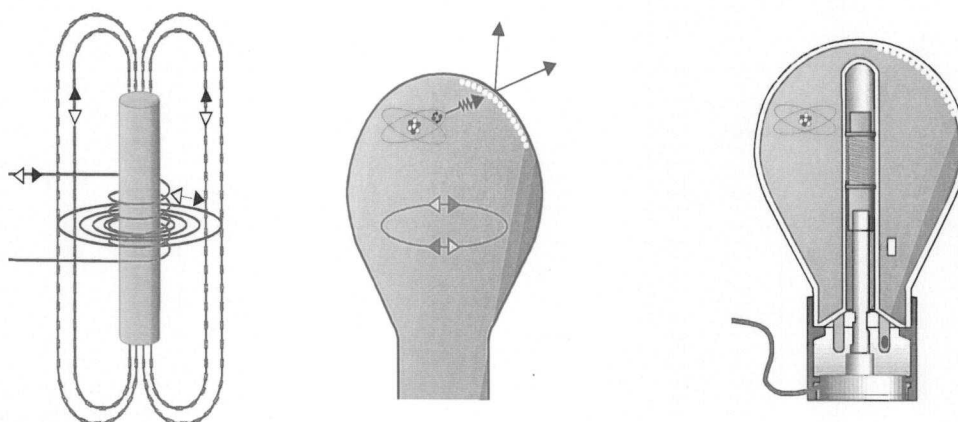
#### **5.7.1 - Lâmpadas de indução magnética**

Este novo sistema de geração de luz combina o uso dos princípios básicos de indução com o de descarga em gases. Este sistema distinto de geração de luz dá origem a uma nova família de lâmpadas. Esta família de lâmpadas quebra um paradigma por algumas de suas características, com destaque para a vida útil superior a 60 mil horas (falhas inferiores a 10%), alta eficiência e alta qualidade na reprodução de cores. A vida mediana é superior a 100 mil horas.

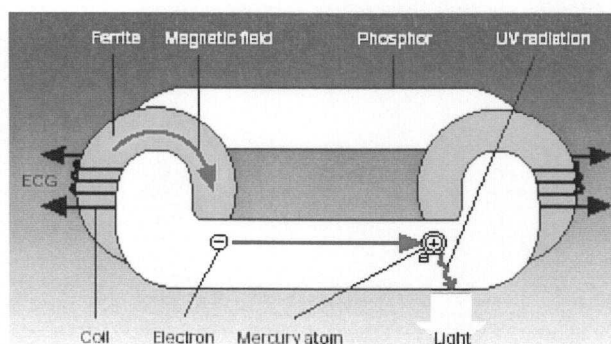
O princípio básico é o de um transformador elétrico. Uma corrente alternada no enrolamento primário induz um campo magnético alternado em seu núcleo e vizinhança. O campo magnético por sua vez induz uma corrente de mesma frequência no enrolamento secundário (ver Figura 5.1). Quanto maior a frequência, mais compacto pode ser o sistema.



Figura 5.1 - Princípio da lâmpada de indução



Fonte: Philips



Fonte: Osram

Os dois sistemas encontrados no mercado têm projetos diferentes. Um tem o campo de indução formado por uma “antena” interna e o outro por “anéis” externos.

No sistema da lâmpada, a fonte de energia equivalente ao primário do transformador é o enrolamento de indução, que é alimentado por um circuito de alta frequência. O enrolamento secundário é representado pelo gás em baixa pressão com vapor metálico no interior de uma cápsula selada. Esta cápsula num dos casos tem o formato de um bulbo ovóide e no outro de um tubo retangular. A corrente induzida causa a aceleração das partículas carregadas no vapor metálico. Estas partículas colidem, resultando na excitação e ionização dos átomos de vapor metálico. Isto faz com que o nível de energia dos elétrons livres dos átomos aumente para uma órbita mais alta e instável. Quando os elétrons excitados retornam ao nível menor de energia, emitem radiação ultravioleta. Uma



cobertura com pó tri-fósforo no interior da lâmpada converte a radiação ultravioleta em luz, com um alto índice de reprodução de cor e conforme o pó aplicado em vários tons de branco.

O gerador de alta frequência que alimenta a lâmpada contém um oscilador, que supre a potência em alta frequência para a antena ou o anel, que iniciam e mantêm a descarga estável no bulbo / tubo.

Como não existem partes que quebram ou gastam a única parte que pode falhar é o circuito eletrônico. Quando a depreciação chegar a um nível inaceitável para a instalação, basta trocar o bulbo ou o tubo.

A lâmpada de indução magnética atinge hoje uma eficiência de 70 lumens por watt, ou seja, tem uma eficiência 180% maior que as de luz mista e quase 40% mais eficiente que as de vapor de mercúrio.

A depreciação da lâmpada é de cerca de 30% nas 60 mil horas. O pó fluorescente do bulbo / tubo pode ser reciclado e reutilizado.

Como outras características, em função da alta frequência de operação, estas lâmpadas não tremeluzem ou causam efeito estroboscópico, o equipamento auxiliar não emite ruído e a ignição e reignição são instantâneas ( $< 0,5$  s) com alto volume de luz.

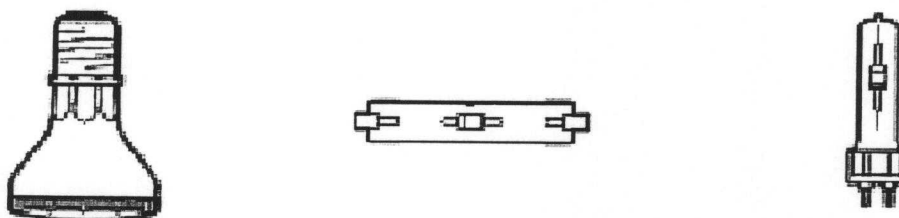
O Tempo de Exposição Permissível de seres humanos em função da radiação ultravioleta por 1000 lux é superior a 24 horas, logo ela pode ser utilizada em luminárias abertas.

Em face de baixa pressão de funcionamento esta lâmpada não corre risco de explosão.

### 5.7.2 - Lâmpadas a vapor metálico em tubo cerâmico

Estas lâmpadas são derivadas de duas tecnologias conhecidas, as das lâmpadas a vapor metálico em cápsulas de quartzo e a das lâmpadas a vapor de sódio em tubos cerâmicos.

Figura 5.2 – Alguns modelos de lâmpadas a vapor metálico em tubo cerâmico



O tubo cerâmico é de óxido de alumínio sinterizado que é resistente ao ataque agressivo de metais em alta temperatura e pressão.

Comparadas com as lâmpadas de vapor metálico em cápsulas de quartzo estas lâmpadas têm um desempenho superior em eficiência, vida e qualidade de cor.

O coquetel da descarga inclui halogenetos de terras raras, onde estão incluídos uma mistura de diferentes metais como Sódio, Tálcio, Dysprosio, Túlio, Hólmio e uma pequena parte de Mercúrio. Cada um deles contribui para uma parte do espectro, ou seja, o Sódio com o vermelho, o Tálcio com o verde, etc. A combinação produz uma luz branca estável de alta eficiência.

A diferença básica da cerâmica em relação ao quartzo é a maior dificuldade de migração dos íons de sódio pelo material cerâmico em relação ao quartzo ao longo da vida. A migração causa, entre outros, a mudança de cor para o verde azulado devido a menor contribuição do sódio na descarga e uma menor vida em face de haver menos condições de descarga. Assim mantêm-se o equilíbrio interno e, portanto ganha-se em eficiência, vida e cor.

A cerâmica permite uma operação em maior temperatura, com uma geração de um maior número de íons metálicos e conseqüentemente uma melhor distribuição espectral melhor que nas lâmpadas a quartzo.

A eficiência chega a 95 lumens por watt, com um índice de reprodução de cor (\*) entre 85 e 95 e aparências de cor (\*\*) da ordem de 3000 e 4000 Kelvin.

As cápsulas de descarga são colocadas em bulbos dos mais variados formatos e, portanto podem ser empregadas em várias aplicações.

Dependendo de sua aplicação, é recomendada a colocação de um vidro comum à frente da lâmpada que se comporta como filtro da eventual radiação ultravioleta, para que as instalações fiquem dentro dos limites recomendados do Tempo de Exposição Permissível.

Em face da alta pressão nos tubos de descarga, é recomendável que as lâmpadas sejam colocadas em luminárias fechadas a menos que estejam encapsuladas em bulbos de vidro duro.

### **5.7.3 – Lâmpada a vapor de enxofre**

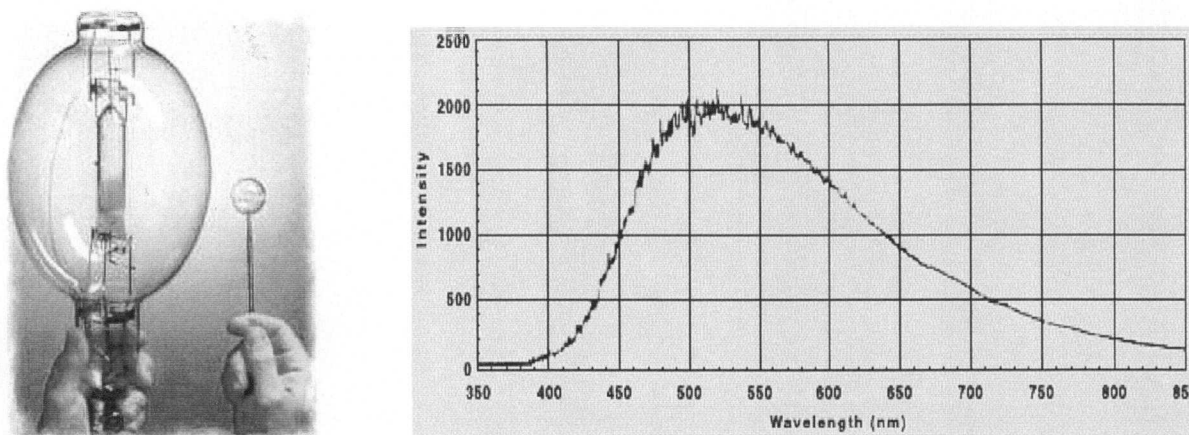
A lâmpada a vapor de enxofre foi inventada em 1994, e seu bulbo é uma bolinha oca com 3 centímetros de diâmetro e uma haste, contendo, como o seu nome indica, uma pequena quantidade de enxofre e um gás inerte que é o argônio. Quando o enxofre é bombardeado por um campo de energia focado em forma de microondas, há a formação de um plasma com luminosidade muito intensa, produzindo luz com um espectro semelhante a luz do Sol.

Em face de a lâmpada não ter filamentos ou outros componentes metálicos ou partes que se gastam ou quebram, em principio, sua vida não tem limitação e apenas os magnetrons, que irradiam as microondas em 2,45 GHz, precisam ser repostos.

(\*) Índice de reprodução de cor qualifica numa escala de 0 a 100 a reprodutibilidade natural das cores.

(\*\*) aparência de cor qualifica a impressão visual comparada ao corpo negro na temperatura indicada.

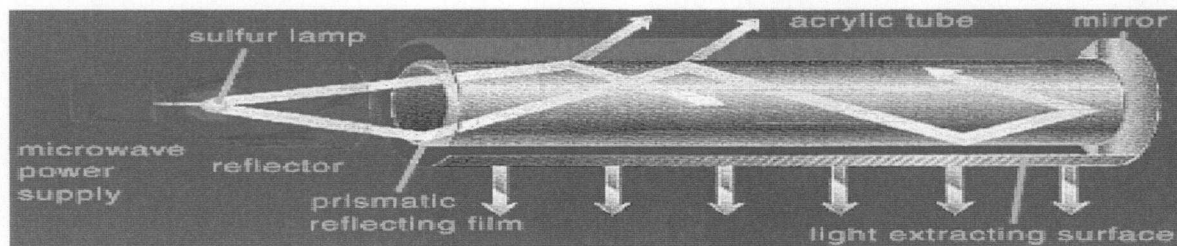
Figura 5.3 - Foto da lâmpada a vapor de enxofre ao lado de uma a vapor metálico e espectro relativo de radiação luminosa.



Fonte: Sulfurlamp Co.

O sistema é regulável até 20% do seu fluxo luminoso nominal, possuindo uma temperatura de cor de 5700 K e um Índice de Reprodução de Cor de 79. Seu fluxo luminoso e sua composição de cor também não se alteram com o tempo.

Figura 5.4 - Tubo de luz com lâmpada a vapor de enxofre na extremidade.



Fonte: Sulfurlamp Co.

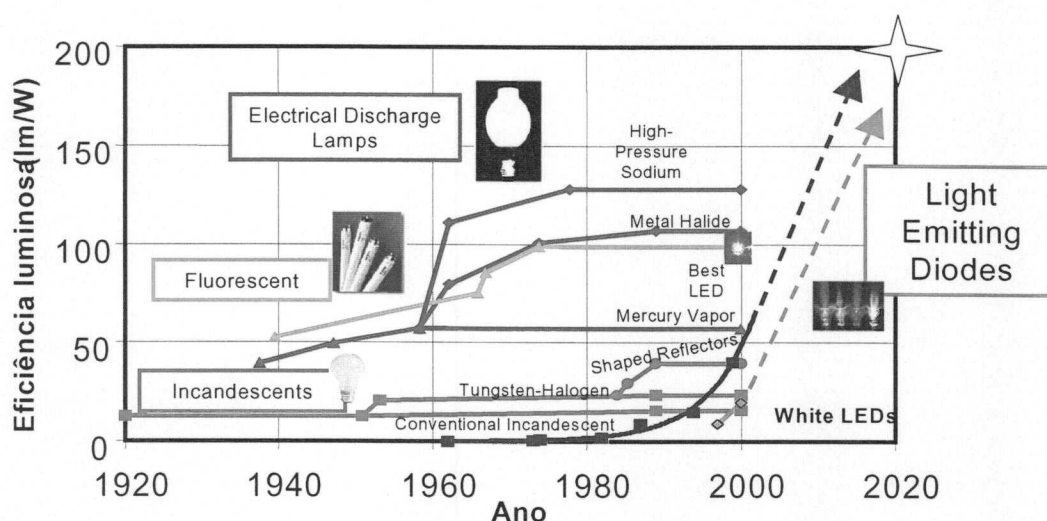
Segundo os seus fabricantes a eficiência da lâmpada é de 95 lumens por watt na versão produzida de 1 kW, produzindo um mínimo de radiação ultravioleta e infravermelha, é ambientalmente amigável em função de seus componentes da descarga serem o enxofre e o argônio, tem uma ignição imediata atingindo o fluxo luminoso total em 25 segundos, opera em qualquer posição e é compacta. O produto ainda não está no mercado por não ser economicamente viável.

#### 5.7.4 – Diodos Emissores de Luz

Diodos emissores de luz produzem luz pela eletroluminescência quando uma corrente contínua de baixa intensidade é aplicada a um cristal dopado contendo uma junção p-n. A emissão de luz ocorre como resultado da recombinação de elétrons e lacunas na junção p-n.

A eficiência dos LEDs tem aumentado consideravelmente nos últimos anos, bem como a variedade de suas radiações de emissão. Os LEDs de AlInGaP têm hoje uma eficiência em torno de 20 a 25 lumens por watt na cor âmbar e os de InGaN têm uma eficiência de 6 lumens por watt na cor azul e 30 lumens por watt na cor verde.

Figura 5.5 - Aumento da eficiência das fontes de luz e os LEDs.



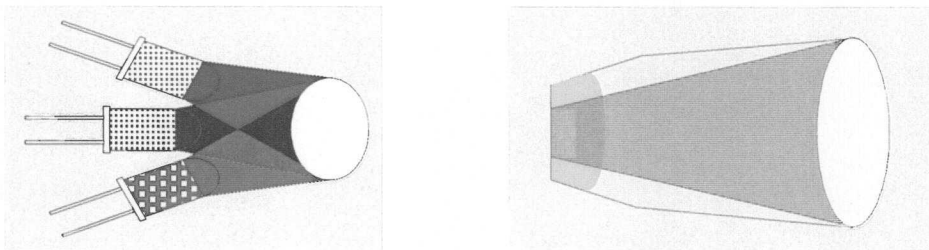
Fonte: Lumileds

A intensidade luminosa, a cor e a vida são afetados pela temperatura de trabalho na junção p-n. Os LEDs permitem a regulagem da sua emissão em até 10% do seu máximo com a redução da corrente e pela modulação da largura do pulso em até 0,05% do máximo.



LEDs com luz branca podem ser obtidos pela combinação de LEDs vermelho, verde e azul, ou pela combinação da emissão de radiação de LEDs em baixos comprimentos de onda com fósforos fotoluminescentes.

Figura 5.6 - Esquema de LEDs combinados e LED coberto com fósforo.



Fonte: Lumileds

Como outras características importantes dos LEDs são sua longa vida da ordem de 20 a 100 mil horas, ignição instantânea, resistência mecânica, compactidade, alta intensidade dentro de um ângulo sólido estreito e ambientalmente amigável.

### 5.8- Uma proposta para luminárias

Apenas 20 a 25% das luminárias utilizadas em interiores têm sistemas ópticos com alumínio de alta reflexão, pois estes são bem mais caros que uma chapa de ferro esmaltada. Quando os produtos são novos, a diferença de rendimento, entre dois sistemas estão próximos em face da reflexão na região dos comprimentos de onda de 500 e 600 nm (IES, 2000), porém com o tempo a tinta amarelece e suja com mais facilidade que um refletor de alumínio. Daí deriva-se diferenças de rendimento médios da ordem de 30 a 40% ao longo da vida (IES, 2000). O direcionamento e aproveitamento da luz é maior nos refletores de alumínio. Considerando que um sistema óptico de alumínio com alta reflexão participa no custo de uma luminária da ordem de 30 a 50%, uma redução significativa no seu custo viabilizaria uma maior utilização, melhorando o desempenho do produto médio no mercado. A barreira de custo do refletor ocorre porque o produto é importado com a incidência de toda cadeia de impostos.

O Brasil é um dos grandes produtores mundiais de alumínio, porém não produz lâminas de alta reflexão em função da dimensão do mercado. Como sugestões



para contornar tal limitação poder-se-ia primeiramente buscar incentivar um fabricante a produzir e apoiá-lo em exportar, ou alternativamente, baixar o custo reduzindo os impostos da chapa de alumínio de alta reflexão importado e contribuindo para um maior mercado de luminárias de alto rendimento.

Nas luminárias industriais e projetores com sistema ópticos circulares, bem como nos sistemas ópticos de luminárias públicas, o alumínio utilizado é do tipo comum onde após os processos de repuxo e estampagem, são polidos e anodizados, oferecendo desempenho óptico distante do produto similar encontrado nos centros mais desenvolvidos.

### **5.8.1 - Indicador de eficiência da luminária**

O rendimento da luminária e o fator de utilização da mesma não oferecem aos projetistas um método uniforme para determinar a eficiência energética das luminárias usando os seus vários componentes. A comparação de consumo de energia entre dois produtos para uma mesma aplicação e resultado é apenas obtida depois de efetuado o cálculo da iluminação e comparados os resultados.

Há carência de um indicador que permita a comparação do consumo de energia intrínseca de produtos. O rendimento de uma luminária não é um indicador de mérito energético adequado, pois a lâmpada nua sem luminária é a "luminária" de maior rendimento. O coeficiente de utilização de uma luminária também não é adequado para avaliar a eficiência energética da mesma, pois depende da geometria da área de aplicação e reflexões das superfícies do ambiente.

Nos EUA, a Associação Nacional dos Fabricantes de Equipamentos Elétricos – NEMA desenvolveu um Indicador de Eficiência da Luminária - IEL que poderia ser utilizado no Brasil. O indicador não é completo, pois não incorpora fatores de conforto visual e requer sob certas condições correções de resultado, entretanto é o que de melhor se dispõe para comparar duas luminárias equipadas com lâmpada e reator. Por considerar a luminária em seu todo, ele é um indicador do sistema de iluminação.

Como a diversidade das luminárias é muito grande, foram agrupadas por tipo e organizadas categorias que representam seu projeto funcional, seus atributos físicos e dimensionais e as características de distribuição fotométrica.

O indicador de eficiência energética da luminária tem como unidade lumens por watt. O termo indicador é utilizado com o objetivo de utilizar dados de catálogo dos fabricantes de lâmpadas e reatores.

O IEL é calculado para uma luminária equipada pela seguinte fórmula:

$$\text{IEL} = (\text{RL} \times \text{FTL} \times \text{FR}) / \text{WTE}$$

Onde:

IEL = Indicador de eficiência da luminária, expresso em lumens por watt nominais.

RL = Rendimento da Luminária.

FTL = Fluxo Total das Lâmpadas. O número total de lâmpadas da luminária multiplicado pelo fluxo luminoso nominal.

FR = Fator de Reator. Relação entre o fluxo emitido pela lâmpada sob reator em uso em relação a mesma sob reator de referência.

WTE = Watts Totais na Entrada da luminária.

Para que seja possível uma comparação dos custos de energia anuais entre luminárias são indicados parâmetros de referência baseados em 1000 lumens. É tomado um período típico de 3000 horas de uso e um custo de energia US\$ 0,08 / kWh.

Deriva-se uma constante  $K = 0,24 \text{ US\$ / W}$ .

Assim o custo de energia anualizado é  $= (K / \text{IEL}) \times 1000$ .

A importância do método está em que de maneira simples e com dados publicados pelos fabricantes pode-se obter um indicador de mérito energético da luminária, pois o fluxo luminoso emitido pelas lâmpadas é levado a um volume real pelo Fator do Reator, que por sua vez é traduzido em luz emanada pela luminária pela sua multiplicação pelo rendimento da mesma e finalmente num indicador de aproveitamento energético quando dividido pelo consumo total do conjunto.

Os projetistas de iluminação dispoñdo do indicador em catálogos ou “sites”, poderiam utilizar a versão específica de projeto numa comparação. O consumidor que adquire o produto no balcão poderia dispor de uma indicação em etiqueta no próprio produto para sua condição mais crítica.

A sugestão é de que IEL seja adotado como norma técnica e/ou Portaria de governo.

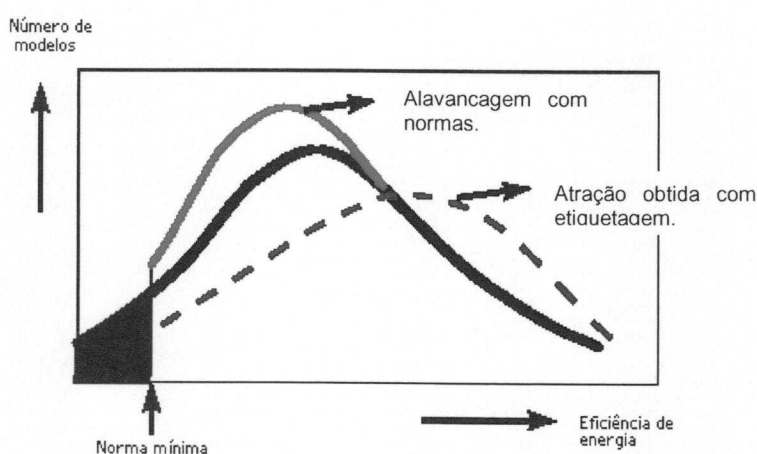
## 6- Acordos de transição e outros caminhos

### 6.1- Acordos de transição para adoção de selos e normas de eficiência energética

Quaisquer que sejam as medidas adotadas para a economia de energia em equipamentos, há uma busca concomitante por orientar o consumidor numa indicação de eficiência energética mínima, na classificação por tipos e/ou versões de produtos em faixas de desempenho energético, na distinção em topo de eficiência energética (melhor na categoria), ou outros modelos de direcionamento dos consumidores para um desempenho energético dos equipamentos, com transformações conseqüentes para indústria, importadores, distribuidores, varejistas, consumidores e para o Estado.

Segundo Nadel (1994) normas de eficiência removem produtos ineficientes do mercado, assegurando que consumidores adquiram produtos de moderada ou alta eficiência. A eliminação de produtos ineficientes economiza energia e dinheiro, pois mudam o patamar médio de eficiência com produtos mais modernos e eficientes.

Figura 6.1 - Transformações no mercado com normas e etiquetagem.



Fonte: North American Energy Working Group

Mudanças tecnológicas com transformações na indústria podem, como consequência, tornar obsoletos equipamentos de fabricação antiga e incentivar uma nova indústria no mercado, inviabilizar estoques existentes no comércio, aumentar ou dificultar importações e, por exemplo, exigir mudança de hábitos dos consumidores para as quais não estejam preparados. Para que mudanças sejam realizadas com resultados maximizados é necessário, principalmente, planejamento e envolvimento das partes. O envolvimento das partes com o objetivo para atingir uma meta, permite um trâmite otimizado de processo, com cooperação e motivação à sua execução. Neste contexto um processo de transformação tem necessidade de concessões e adaptações da parte dos atores que dele participam como agentes ativos, mérito que apenas um acordo de transição pode realizar.

Acordos de transição podem ser objeto de um acordo formal entre as partes, com objetivos e metas definidos, flexibilidade planejada para compor com os avanços tecnológicos e tempo para sua consecução. Os acordos podem ser dirigidos à etiquetagem, conformidade e/ou certificação de produtos, compreender mecanismos de apoio à capacitação laboratorial, incentivos, compras pelos Governos, ações de marketing, trabalhos de informação e educação aos consumidores e penalidades para os que não cumprirem os acordos. Acordos de transição podem ser parte de uma política industrial para um determinado setor, onde se busca, além da economia de energia para o consumidor e a nação, também avanço tecnológico, maior competitividade dos produtos locais com benefícios na balança de importações e exportações. Esses citados acordos de transição, em realidade devem adotar a postura jurídica já consagrada no Código de Defesa do Consumidor (Lei 8078/90) e na Legislação dos Interesses Difusos e Coletivos (Lei 7347/85) denominada "Termo de Ajustamento" que têm a função precípua de coordenar pelo dito instrumento, todas as partes envolvidas (fabricante, governo, consumidor, normalizador), para que dentro de um prazo apregoado possam atingir os objetivos determinados, permeando também uma auditoria do sistema por si ou por terceiros designados, sem o que, a eficácia das propostas técnicas e administrativas, não será compatível.

Os programas de iluminação em realização no país têm alguns pontos que merecem aperfeiçoamentos para o seu melhor desempenho. Não são disponíveis para análise e avaliação de prioridades os volumes de produtos comercializados por tecnologia, tipo, potência, permitindo caracterizar o mercado atual e o potencial numa transformação com a criação e análise de cenários. Algumas avaliações de volumes são extrapoladas dos usuários finais e outras de dados de importação, mas não há declarações de produção da parte dos fabricantes, distribuidores ou entidades de classe, ou ainda publicações com pesquisas de institutos que examinem o setor e seus números. Assim, hoje a criação de políticas a partir de uma análise quantitativa de resultados com priorizações e impactos, é realizada com limitações por falta de alguns importantes dados.

Vamos descrever a seguir detalhes de acordos que a nosso ver podem ser elaborados no país.

- Acordos para normas de eficiência energética.

Acordos por normas prescrevem os procedimentos e regulamentos de desempenho energético mínimo dos produtos manufaturados, importados e comercializados. As normas podem ser prescritivas, de padrão mínimo e médio de uma classificação.

As normas prescritivas indicam que todos os produtos novos devem atender a um determinado requisito, como por exemplo, luminárias novas devem ter um reator com um fator de eficácia superior a determinado valor.

As normas de padrão mínimo exigem um desempenho energético mínimo de um produto, como, por exemplo, eficiência superior a 60 lumens por watt para lâmpadas de descarga superiores a 100 watts. Entre as normas esta medida é a de maior impacto, por abranger todo o universo de um determinado produto segundo um valor explicitamente indicado. No Brasil temos como exemplo a norma de lâmpadas incandescentes que só admite lâmpadas de "alto fluxo" luminoso.



Norma de média de uma classe indica o valor médio de desempenho de uma linha de produtos de um fabricante ou de um dos modelos de sua produção. Assim, por exemplo, poderia ser classificada uma linha de luminárias com um sistema óptico específico, em todas as suas versões de número e potência de lâmpadas.

- Acordos para selos de eficiência energética.

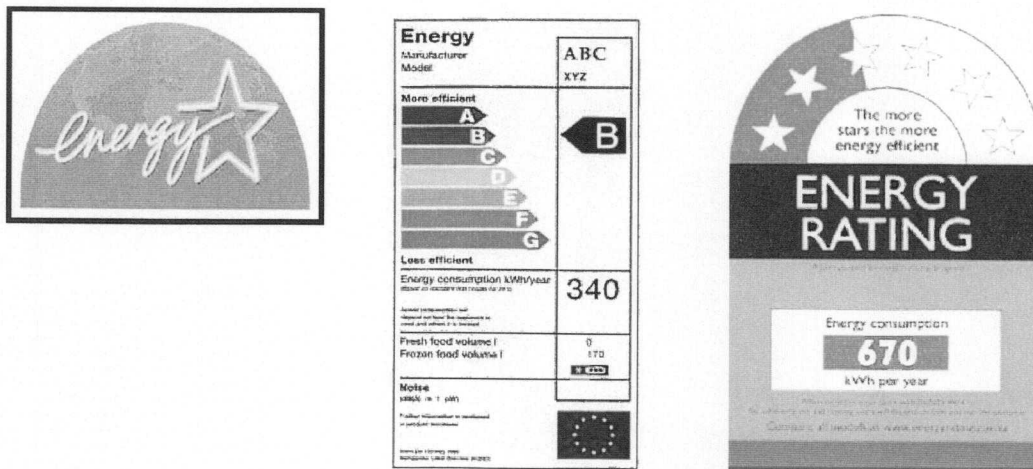
Os selos já vêm sendo empregados em alguns tipos de lâmpadas no país já há três anos (PROCEL) com relativo sucesso. O tipo de selo empregado é do tipo informativo classificatório dentro de uma família e exige um desempenho mínimo para o seu uso. São disponíveis também selos de aval, comparativos e informativos.

Os selos de aval indicam que o produto está aprovado segundo um critério específico que pode ser estabelecido por um acordo de especificação.

Selos comparativos fornecem ao consumidor visualizar o desempenho do equipamento frente aos similares de sua classe. São empregados, por exemplo, em refrigeradores e equipamentos de ar condicionado nos EUA e Canadá.

Selos informativos provêm, por exemplo, o consumo energético anual em determinadas condições.

Figura 6.2 - Modelos de selo americano, europeu e australiano.



Fonte: CLASP

A etiqueta americana é do tipo descrito por Geller (2003) e conhecida como “Top Runner” no Japão e destaca os produtos mais eficientes dentro de uma categoria. A etiqueta europeia permite uma comparação de tecnologias.

Em função da necessidade de prover ao consumidor uma qualidade mínima de produtos, a introdução dos selos foi associada ao atendimento de requisitos mínimos de segurança e conformidade.

Em ambos os casos, de normas ou selos, podemos adotar acordos com programas voluntários ou compulsórios. A adoção voluntária de um programa tem como vantagem ser uma ação democrática e de boa vontade. A compulsoriedade por sua vez tem como vantagem uma grande probabilidade de atingir os objetivos propostos sem diferenciar os participantes fornecedores do mercado.

No Brasil, em particular, a adesão a um programa sempre incorre em custos, como testes laboratoriais periódicos, participação em reuniões e eventos, preparação e estudo de proposições. O participante num programa voluntário tem um custo a maior do que aquele que não participa e o diferencia no preço de venda. Essa diferença de preço provavelmente é mais forte que os argumentos de marketing e qualidade pertencentes ao produto selado e/ou conforme.

Um Acordo de Transição pode servir de instrumento para levar a bom termo o andamento de um programa que se inicia com uma iniciativa voluntária de adesão a uma etiqueta e/ou norma. Após um determinado período, deve estar previamente acordada uma ação compulsória envolvendo todos os participantes como indústrias, importadores e laboratórios para nivelar com equidade a participação no mercado.

Pode se relacionar como vantagens de um sistema compulsório:

- Uma economia planejada e mensurável de energia;
- A eficácia de custos na limitação do crescimento de consumo sem limitação do desenvolvimento econômico;
- Requer uma mudança comportamental gerenciável dos fabricantes;

- Trata os fabricantes, distribuidores e revendedores de maneira equânime.

As normas mudam os modelos de produtos comercializados, eliminando os menos eficientes, elevando os patamares de eficiência e estabelecem também novas bases para programas de eficiência.

A etiquetagem pela sua informação leva o consumidor a adotar uma decisão racional ao adquirir um produto mais eficiente e como consequência estimula o fabricante a produzir produtos cada vez mais eficientes.

As etiquetas e normas trazem como principais benefícios:

- A redução no capital investido na infra-estrutura de energia como hidroelétricas, liberando o capital para investimentos mais vantajosos;
- A redução no consumo nacional de energia reduz o orçamento dedicado à área, tornando a economia mais eficiente;
- O aumento do poder aquisitivo da população;
- Propicia maiores margens de lucro no mercado local e torna os produtos locais mais competitivos no comércio externo;
- Permite o cumprimento das metas para a mudança climática;
- Reduz a poluição urbana e regional pelo menor consumo de combustíveis fósseis na geração.

Fatores como diferenças culturais, peculiaridades institucionais, condições políticas e legitimidade de ações, podem ser catalisados por acordos entre os atores do processo. Quanto maior for o embasamento técnico objetivo e a análise econômica maior será sua sustentação política e probabilidade de sucesso do processo para um acordo com resultados.

## **6.2- Densidade de Potência na Iluminação Pública.**

Vários são os critérios para projetar e avaliar a qualidade da iluminação pública, entre estes, no Brasil são utilizados a iluminância e a uniformidade. Na Europa os países também observam a luminância, o grau de ofuscamento e, portanto

conforto visual e em alguns casos a probabilidade de visão ou visibilidade. Mais recentemente em função das pesquisas sobre percepção de objetos críticos em níveis abaixo de três candelas por metro quadrado sob varias fontes de luz, a avaliação também pode passar a considerar a luminância adaptada à tarefa visual sob influência de diferentes espectros de luz (Rea, 1998; Adrian, 1998; Kinney, 1958; Rea e outros, 1997).

Com o objetivo de otimizar os projetos e as instalações de iluminação pública sob os pontos de vista energético e econômico podemos agregar mais um parâmetro que é a Densidade de Potência projetada e ou instalada. Esta métrica (Keith, 2003) aplicada quando as condições de percepção, quando as outras condições básicas estiverem satisfeitas, balizará o sistema de iluminação em termos de custos iniciais, operacionais, de manutenção, em termos financeiros e mesmo em termos sociais.

Aplicado o critério da Densidade de Potência para vários espaçamentos entre postes, altura das luminárias e avanço destas sobre o meio fio, variadas luminárias e sistemas óticos e reflexão do asfalto, poderemos com mais este parâmetro otimizar a instalação e utilizá-lo como referência a novas instalações.

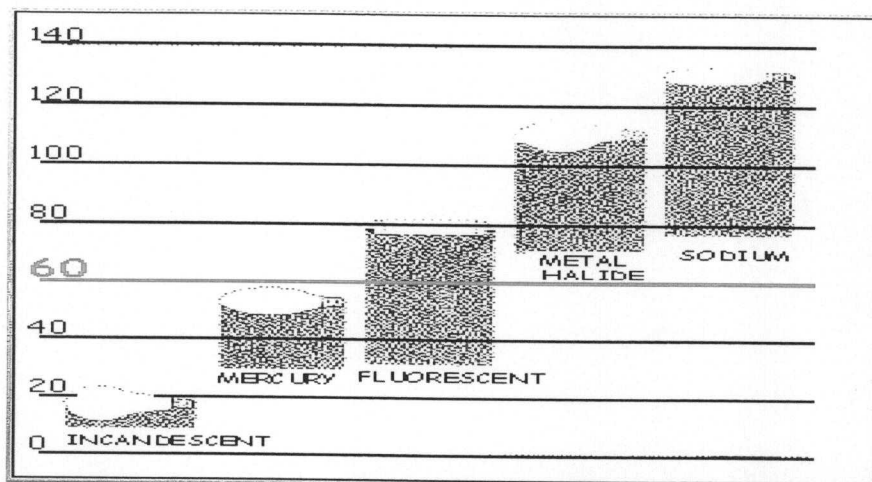
O trabalho efetuado por Keith mostra que fixados os objetivos básicos, devemos olhar a instalação como um todo e não de seus componentes com suas respectivas características para obter o melhor resultado energético. A perspectiva da instalação ainda pode ser ampliada com um exame energético, atendidas as exigências de iluminância e/ou luminância das calçadas, a percepção e o reconhecimento das pessoas, bem como a formação do ambiente visual. No Brasil, muitas municipalidades que não dispõe de técnicos para avaliar critérios complexos poderiam usar essa métrica como uma referência.

### **6.3- Eficiência em Lâmpadas e Fator de Eficácia em Reatores.**

#### **6.3.1 - Eficiência Mínima das Lâmpadas para Iluminação Pública**

Poder-se-ia fixar a eficiência mínima a ser atingida pelas fontes de luz por faixa de potência na iluminação pública a exemplo do que é recomendado pela legislação de áreas externas comerciais no Estado do Massachusetts - EUA:

Figura 6.3 - Patamares de eficiência de algumas lâmpadas



Lumens por watt (LPW) dos tipos comuns de lâmpadas

Fonte: Massachusetts Commercial Energy Code

Como indicação sugestão os valores abaixo eliminam as lâmpadas de luz mista e a vapor de mercúrio.

- Lâmpadas de até 100 W >65 lm/W
- Lâmpadas de 101 a 600 W >85 lm/W
- Lâmpadas de 601 a 2000 W >95 lm/W

A restrição poderia ser maior, se adicionado o índice de reprodução de cores mínimo associado à eficiência e a uma vida mediana.

### 6.3.2 - Fator de Eficácia em Reatores para Lâmpadas Fluorescentes Tubulares

Uma parte significativa do consumo de energia elétrica em iluminação é absorvida pelos reatores que estão presentes nos circuitos de todas as lâmpadas de descarga. Sendo o reator um elemento passivo, quanto menor o seu consumo,



maior é a eficiência do sistema, daí ser importante olhar onde estão as maiores perdas. Os maiores ganhos, podem ser obtidos, com a redução do consumo em sistemas com lâmpadas fluorescentes em baixa pressão.

Uma significativa redução de consumo vem ocorrendo nos últimos anos com a mudança de tecnologia na substituição de uso dos reatores magnéticos pelos eletrônicos, pois o seu consumo intrínseco reduz-se em mais de 50% com esta conversão, além de propiciar um ganho no fluxo luminoso das lâmpadas da ordem de 10% devido a operação em alta frequência destes reatores. Este aumento de cerca de 10% no fluxo luminoso, pode ser um ganho em instalações novas e na renovação de antigas instalações, com a utilização de 10% menos equipamentos no sistema de iluminação.

Mudanças na tecnologia, com a adoção de reatores eletrônicos foram bastante incentivadas nos programas de DSM – Demand Side Management, realizados pelas companhias de energia nos EUA e suportados pelo DOE – Department Of Energy. Na Europa a Diretiva 2000/55/EC do Conselho da Comunidade Européia publicou em 18/9/2000 no Official Journal of the European Communities o “caminho compulsório para alguns reatores eletrônicos”.

Os considerandos utilizados pela Comunidade Européia seguem abaixo descritos, em suas partes essenciais de forma resumida, pois poderiam ser úteis no Brasil:

- A importância em promover a conservação de energia, a proteção do meio ambiente e a proteção dos consumidores;
- A significativa parcela da energia consumida em iluminação e a grande diferença de consumo entre os reatores para lâmpadas fluorescentes;
- O objetivo de oferecer apenas os reatores mais eficientes;
- A conveniência de tomar como base um alto nível de proteção às propostas que têm como objetivo atender as leis, regulamentos e ações administrativas com respeito à saúde, segurança, proteção ao meio ambiente e ao consumidor, visando uma melhoria significativa na eficiência dos reatores para lâmpadas fluorescentes;



- A necessidade de um sistema de compulsoriedade efetivo para assegurar a implementação da Diretiva, garantindo condições adequadas de competição entre os fabricantes e preservando o direito dos consumidores.

A diretiva é aplicada a reatores para lâmpadas fluorescentes com exceção dos integrados a lâmpadas e os montados em móveis.

Os reatores só podem ser colocados no mercado individualmente ou incorporados a luminárias, se a potência consumida pelo sistema reator mais lâmpada para cada categoria, for menor que uma definida potência. A legislação prevê duas fases, sendo que a primeira, mais tolerante, que se iniciou em maio de 2002 contempla ambas tecnologias de forma restrita banindo os reatores menos eficientes e a segunda, que leva a apenas uma das tecnologias, se iniciará em novembro de 2005. Com isso, em 2005 55% de todos os reatores comercializados no mercado europeu serão eletrônicos.

Nos EUA o Departamento de Energia publicou em setembro de 2000 a legislação relativa ao "Programa de Conservação de Energia para Produtos de Consumo: Norma de Conservação de Energia de Reatores para Lâmpadas Fluorescentes". A data de sua entrada em vigor é abril de 2005. A Norma indica, à semelhança da legislação europeia, os benefícios da mudança para reatores eletrônicos e, obriga de forma compulsória para as lâmpadas mais usadas no mercado, a produção e comercialização de reatores eletrônicos. Esta norma foi adotada por meio de um acordo semelhante ao que está sendo proposto neste trabalho entre fabricantes, ESCOs, ONGs e a área de energia do Governo. A economia de energia estimada pelo DOE para o mercado americano é de 1,20 a 2,32 Quads (\*) de energia num período de 25 anos, a um valor presente para os negócios americanos de 1,42 a 2,60 bilhões de dólares. Se as instalações de iluminação no Brasil representarem um décimo, das instalações dos EUA, podemos ter uma idéia dos ganhos que tal transformação resultará se aplicada ao país.

\* 1 Quad =  $10^{15}$  BTUs =  $1,055 \times 10^{16}$  Joules.

A diferença entre a maneira de comparar às propostas dos europeus e dos americanos, é que os primeiros limitaram a potência máxima do circuito e os segundos a eficácia mínima dos reatores.

A proposta do autor é de que se adote no país um caminho semelhante ao conceito americano, pois ele permite mostrar por meio de seu fator de eficácia, uma relação com o fluxo luminoso das lâmpadas numa condição de referência e uma comparação entre tecnologias.

Tomado um coeficiente de perdas elétricas em relação à potência nominal das lâmpadas, pode-se calcular uma estimativa de redução de perdas baseada em números de mercado local (Fonte: entrevista com fabricantes). Caso hoje fosse adotada uma conversão total dos reatores magnéticos que atualmente são comercializados, teríamos uma potência instalada menor da ordem de 65 MW e economia da ordem de 200 GWh/ano e considerando uma quantidade ainda instalada de reatores magnéticos da ordem de 80 milhões de unidades magnéticas a redução gradativa na potência instalada chegaria a cerca de 600 MW e a uma economia da ordem de 1700 GWh/ano. A economia dos sistemas de iluminação como um todo na conversão para a eletrônica é da ordem de 30%.

Para chegar aos números acima consideramos que 80% do consumo de reatores destinam-se a lâmpadas de 32/36 e 40 watts, 10% para as lâmpadas de 16/18 e 20 watts e ainda 10% para as lâmpadas de 110 watts. Consideramos também o mercado da ordem de 18 milhões de reatores para lâmpadas fluorescentes, sendo 50% com tecnologia eletrônica e 50% com tecnologia magnética, dos quais 34% são reatores convencionais simples e 66% reatores de partida rápida duplos. Estimamos, de maneira grosseira, uma perda média da ordem de 20% da potência nominal das lâmpadas nos reatores magnéticos e 10% nos eletrônicos.

### **6.3.3 - Menores perdas em reatores para lâmpadas HID.**

Para os reatores utilizados para lâmpadas HID ainda não é disponível uma tecnologia eletrônica com significativa diferença de eficiência em relação aos reatores atuais e a custo competitivo que justifique uma sugestão de mudança. A alta frequência não aumenta o fluxo luminoso das lâmpadas de alta intensidade e por isso não há ganhos que justifiquem o investimento em reatores eletrônicos

sob o ponto de vista energético. Também há uma barreira tecnológica à aplicação em face dos transientes de rede.

Em relação a atual tecnologia magnética composta basicamente de um enrolamento de cobre e um núcleo de ferro é possível ainda reduzir em média cerca de 5% das perdas intrínsecas, com fios de maior diâmetro e lâminas de ferro com menores perdas.

Para a iluminação pública que utiliza uma significativa parcela dos reatores para lâmpadas HID, é possível a utilização de reatores com dois núcleos no circuito, com o objetivo de reduzir o consumo da ordem de 40% e o volume de luz em cerca de 50% em vias onde no período da madrugada o volume de veículos e pedestres é mínimo. Este sistema existe no país e poderia ser mais largamente empregado.

#### **6.4- A reflexão do asfalto**

A percepção nas vias públicas depende do contraste entre as pessoas e objetos contra o fundo, que pode ser o asfalto, o concreto, o tijolo de pedra ou terra batida. Em geral a superfície das vias é o asfalto que quando iluminado é tido como fundo claro, e a reflexão das pessoas como objeto escuro. Para enxergarmos a noite nas vias públicas, nós as iluminamos e quanto maior for a reflexão da superfície da via, melhor o contraste e melhor é a nossa percepção. Assim, temos como alternativa para uma maior percepção aumentar a potência das lâmpadas ou aumentar a reflexão da superfície das vias.

O asfalto normalmente utilizado em nossas vias públicas é de classe R3, com um coeficiente médio de luminância  $Q_0$  de 0,07. Seria conveniente para diminuir o consumo de energia, por meio da redução da potência das lâmpadas utilizadas que a superfície do asfalto tivesse uma maior reflexão, oferecendo, portanto, um contraste ou percepção equivalentes.

Como o Brasil é um país rico em pedras, muitas das quais com tons de cor clara, a sugestão do autor é que para a superfície do asfalto, seja agregado em seu acabamento, grãos de pedras com tons de cor claros, aumentando a sua reflexão. O objetivo poderia ser buscar transformar a superfície de Classe R3 com  $Q_0$  de 0,07 em R1 com  $Q_0$  de 0,10, com um ganho de 42% em reflexão e a possibilidade de redução de cerca de 42% na potência das lâmpadas.

Em vias junto a escolas, hospitais e áreas com alta densidade de acidentes ou com freqüente neblina, superfícies com reflexão Classe R1 poderiam ser padronizadas como compulsórias para propiciar maior contraste e visibilidade.

#### **6.5- Modernização no código de obras**

O autor consultou alguns arquitetos para saber da existência nos códigos de obras de recomendações quanto a utilização da luz natural nas construções e a resposta é de que nada há especificado a respeito. Como temos um país privilegiado em questão de insolação, a proposta é que sejam normalizadas condições mínimas de entrada de luz nos edifícios com um aperfeiçoamento dos códigos de obras.

Com o mesmo objetivo de privilegiar o meio ambiente, poderiam as novas construções e os edifícios reformados utilizar, em parte de suas instalações ao menos, fontes de luz mais eficientes de forma sistemática e como norma desde seu início. Seguem algumas sugestões do autor para lâmpadas e luminárias. As indicações para luz natural são derivadas das recomendações do Código de Edifícios do Estado do Massachussets, EUA.

Em construções residenciais novas poderiam ser exigidos um mínimo de 40% dos pontos de luz com lâmpadas com uma eficiência mínima de 50 lm/W. Habitações populares poderiam ser entregues com um mínimo de 70% dos pontos providos de fontes de luz com uma eficiência mínima de 50 lm/W.

Habitações populares poderiam ter em cada um dos cômodos uma área de janela que cubra pelo menos 25% da área da parede na qual estiver inserida. Habitações populares térreas que tenham cômodos sem acesso por janela ao exterior, poderiam ter domo translúcido no teto cobrindo pelo menos 15% da superfície do teto. O custo inicial das janelas/domos poderia ser solucionado com algum tipo de incentivo.

Edifícios comerciais e industriais poderiam ter em mais de 80% da sua iluminação funcional feita com luminárias com um rendimento mínimo de 60%. Edifícios comerciais e industriais poderiam ter em mais de 80% da sua iluminação funcional feita com lâmpadas com uma eficiência mínima de 70 lm/W. Edifícios comerciais e industriais térreos que dispuserem em suas áreas de trabalho de grandes superfícies laterais com entrada de luz natural, poderiam dispor de uma iluminação zenital correspondente a 5% da área do teto, outros, com uma limitada superfície lateral disporiam de 15% da área de teto com iluminação zenital.

#### **6.6- Norma de iluminâncias**

O autor propõe que a norma de iluminação em interiores deveria ser revisada ajustando o conceito da área a ser considerada quando da medição do nível médio de iluminação.

Hoje é considerada a média da iluminação de todos os pontos num reticulado sobre a área total do ambiente. Porém em vista dos modernos critérios de iluminação geral e localizada, poderia se estabelecer que os valores da iluminação para efeito de medição e avaliação devem ser apenas restritos as áreas de trabalho e/ou tarefa.

Uma limitação do texto da norma brasileira de verificação dos níveis da iluminação de interiores e/ou uma interpretação inadequada da mesma pode conduzir, em alguns casos, o consumo de energia a patamares maiores que os necessários para atender os níveis de iluminação recomendados para as tarefas.

A Norma NBR 5413 de abril de 1992 em seu item Objetivo indica que a "norma estabelece os valores de iluminâncias médias mínimas em serviço para



iluminação artificial em interiores,...”, e o item Campo de Trabalho indica que este é a “região onde, para qualquer superfície nela situada, exigem-se condições de iluminância apropriadas ao trabalho visual a ser realizado”. A norma de verificação dos níveis de iluminação em interiores NBR 5382 de abril de 1985, tem como base a recomendação do Illuminating Engineering Society (IES) dos EUA para a determinação da iluminância média horizontal da iluminação geral. Ela é válida para áreas retangulares onde todo o espaço é destinado a uma mesma tarefa.

Em função das mudanças tecnológicas com o uso extensivo de computadores, mudanças na configuração das áreas de trabalho em escritórios com células de trabalho, áreas de reuniões e outras, automação acentuada na indústria com tarefas visuais muito diferenciadas nos vários planos de trabalho, a iluminação torna-se cada vez mais dedicada a tarefas em áreas restritas por meio da iluminação localizada. Em função disto passa a ser necessária uma interpretação da verificação da iluminância restrita à área da tarefa. Em vista do exposto faz-se necessária uma complementação no texto da norma, indicando que os níveis recomendados de iluminação num ambiente devem ser considerados como restritos às áreas das tarefas visuais e para que não ocorra a generalização da iluminação em função da tarefa visual mais crítica, gerando consumos e gastos desnecessários de energia.

#### **6.7- Densidade da Potência na Iluminação de Interiores**

O consumo de energia da iluminação de um edifício novo depende do projeto do sistema de iluminação que leva em consideração para os cálculos do fluxo luminoso necessário à cada área, as atividades a serem realizadas no local e o nível de iluminação recomendado pela norma técnica.

Obtido o nível de iluminação, em princípio, a norma técnica estará cumprida. Tal condição pode ter um alto custo energético se não for realizado um projeto racional do ponto de vista energético que considere a aplicação de soluções tecnológicas atualizadas, seja em lâmpadas, equipamentos auxiliares e controles.



Aí, cabe a pergunta, como aquilatar a qualidade de tal projeto e a escolha de equipamentos? Algumas instituições dedicaram-se a este objetivo e criaram recomendações para uma medida objetiva dos resultados individualizado de áreas e conjunto de áreas que formam um edifício indicando o consumo máximo por área recomendado.

Limites de consumo por área inseridos em códigos de obras poderiam criar os parâmetros cerceadores que conduziriam a projetos que não apenas atenderiam os níveis de iluminação recomendados por norma, mas também seriam economizadores de energia em consonância com o estado da arte da tecnologia disponível.

A proposta segue especialmente o Código de Edifícios do Estado de Massachussets (2001) desenvolvida com o apoio do Departamento de Energia dos EUA e nas Normas de Eficiência de Energia da Comissão de Energia do Estado da Califórnia (2001) do EUA. A Norma de "Prescrição" do Estado da Califórnia é semelhante ao Código de Massachussets. A norma de "Desempenho" da Califórnia permite examinar o edifício como um todo tratando sua energia como um orçamento e fazendo barganhas entre tecnologias diferentes na obtenção de um resultado de acordo com as normas, ou seja, é um pouco mais flexível, neste aspecto.

As Densidades de Potência de Iluminação propostas para os EUA estão referenciadas nas tabelas de níveis de iluminação do Illuminating Engineering Society, que também serviu de base para a norma brasileira de iluminação de interiores. Portanto as densidades lá em uso poderiam ser aqui adotadas.

#### **6.7.1 - Métodos de avaliação da densidade de consumo**

O atendimento dos resultados pode ser avaliado por softwares específicos ou outras ferramentas. A Densidade da Potência de Iluminação Permitida é baseada na área em metros quadrados e a atividade local considerando:

- o edifício como um todo;
- as áreas do edifício individualizadas.

O consumo é calculado considerando todos os equipamentos projetados como permanentes da iluminação do edifício. Equipamentos de iluminação móveis que são conectados à rede ou que pertencem a móveis, como, por exemplo, células de trabalho, têm requisitos de controle próprio ainda que não participem dos cálculos da potência instalada total do edifício. A potência de iluminação instalada considera o consumo das lâmpadas, reatores, luminárias, reguladores de corrente, sensores e controles.

As recomendações mostram como indicar a potência consumida por equipamentos, sendo que como regra geral o consumo do mesmo é considerado em sua máxima potência possível, evitando que numa troca haja o risco da potência ir além do limite previsto. Esta recomendação além do benefício no consumo, também reduz o risco de eventuais acidentes por correntes elétricas superior à capacidade dos cabos. Certos tipos de equipamentos como sinalizadores de saída de emergência, luz para plantas e eventual iluminação de destaque podem não ser considerados nos cálculos de consumo desde que não contribuam para a iluminação.

O **Método da Área do Edifício** pode ser usado para áreas individualizadas com atividades específicas ou para o edifício como um todo considerando sua atividade principal.

Para o cálculo da potência instalada com iluminação num edifício considera-se a área do mesmo, busca-se a Densidade da Potência de Iluminação permitida para a função principal, para aquele tipo de edifício. Assim feito basta multiplicar os dois termos para a obtenção da potência total consumida.

**Quadro 6.1 - Densidade de Potência de Iluminação utilizando o Método da Área do Edifício**

Tipo de Edifício	Densidade	Tipo de Edifício	Densidade
------------------	-----------	------------------	-----------

	de Potência do Edifício (W/m <sup>2</sup> )		de Potência do Edifício (W/m <sup>2</sup> )
Indústria automotiva	16	Museu	17
Centro de convenções	15	Escritório	14
Lanchonete / Cafeteria	19	Estacionamento	3
Sala de refeições	20	Penitenciária	13
Dormitório	16	Teatro	16
Centro de esportes	15	Delegacia	17
Ginásio	18	Templo	24
Hospital / Clínica	17	Loja	21
Hotel	18	Escola	16
Biblioteca	16	Estação viária	13
Fábrica	24	Depósito	13
Cinema	17	Oficina	18
Edifício residencial	11		

Fonte: Código de Edifícios do Estado de Massachussets (2001)

O **Método do Espaço Individualizado** pode ser usado para uma parte do edifício ou para o edifício como um todo somando-se as partes do mesmo. Em edifícios onde uma parte requer uma alta Densidade de Potência de Iluminação é conveniente a utilização deste método, pois há uma boa probabilidade de que tomado o edifício como um todo, o limite de Densidade de Potência seja ultrapassado. O cálculo por este método consiste em determinar a área em consideração, buscar a Densidade de Potência de Iluminação Permitida para cada área da tabela, multiplicando-se as áreas pelas respectivas densidades e somando-se os produtos, obtendo assim o consumo total do edifício.

**Quadro 6.2 - Densidade de Potência de Iluminação utilizando o Método do Espaço Individualizado**

Tipo de Área / Espaço	Densidade de Potência do Edifício (W/m <sup>2</sup> )	Tipo de Área / Espaço	Densidade de Potência do Edifício (W/m <sup>2</sup> )
<b>Espaços comuns</b>		<b>Transportes</b>	
Estoque ativo	12	Área de bagagens	14
Átrio - três primeiros pisos	14	Terminal viário	8
Átrio - cada piso adicional	2	Bilheteria	19
Sala de aula / leitura / treinamento	20	Área de espera sentada	11
Sala de conferencias / encontros	16	<b>Hospedagem &amp; Serviços de alimentação</b>	
Corredores	8		
Área de refeições	15	Área de bar e refeições	13
Área eletromecânica	14	Área de cafeteira e lanches rápidos	15
Cozinha / copa	24	Área de refeições familiares	24
Estoque inativo	3	Área de entrada do hotel	18
Entrada de edifício	19	<b>Governo e Segurança Pública</b>	
Hall / Área de recreação	15		
Escritório	16	Área de confinamento	12
Museu	17	Tribunal e Delegacia de Polícia	17
Escritório individual	14	Sala de audiências	23
Banheiro	11	Casa de máquinas dos bombeiros	10
Escada rolante	10	Habitação dos bombeiros	12
Laboratório	19	Sala de juízes	12
<b>Centro esportivo</b>		Área de treinamento na penitenciária	15
		Área de trabalho dos correios	18
Arquibancada	5		
Quadra de esportes	46		
Vestiário	9		
Área de exercícios	12		
Quadra interna	20		
Área de jogos	20		
Arena	41		

Fonte: Código de Edifícios do Estado de Massachussets (2001)

**Quadro 6.2 - Densidade de Potência de Iluminação utilizando o Método do Espaço Individualizado (continuação)**

Tipo de Área / Espaço	Densidade de Potência do Edifício (W/m <sup>2</sup> )	Tipo de Área / Espaço	Densidade de Potência do Edifício (W/m <sup>2</sup> )
<b>Hospitais e Clínicas</b>		<b>Bibliotecas e Museus</b>	
Estoques ativos	31	Fichários e catálogos	15
Corredores e salas de espera	17	Área de leitura	19
Emergência	34	Estandes de livros	20
Sala de exames e tratamento	17	Estoque ativo do museu	15
Lavanderia	8	Área de exibição do museu	17
Suprimentos médicos	32	Estoque inativo do museu	15
Área de enfermagem	19	Área de restauração do museu	27
Enfermaria	11		
Sala de cirurgia	82	<b>Lojas e bancos</b>	
Dormitório de pacientes	13	Área de atividades bancárias	26
Farmácia	25	Área de vendas em geral	23
Fisioterapia	20	Corredores de shopping	19
Radiologia	4		
Recuperação	28	<b>Áreas sociais públicas</b>	
		Centro de convenções - auditório	5
<b>Serviços industriais e de automóveis</b>		Centro de convenções - espaço de exposição	36
Serviços de reparo e conserto de automóveis	15	Cinema - espaço de exibição	14
Manufatura de precisão	67	Cinema - lobby	9
Controle de fábrica	5	Teatro - audiência	19
Corredores	5	Teatro - lobby	13
Área de equipamento	9		
Área de fabricação - pé direito alto	32	<b>Templos religiosos</b>	
Área de fabricação - pé direito baixo	23	Área do público	34
Oficina	27	Espaço de recepções	25
		Púlpito e coro	56
		<b>Depósitos e estacionamentos</b>	
		Estoques finos	17
		Estoques comuns	12
		Área de garagem - veículos	1
		Área de garagem - pedestres	2

Fonte: Código de Edifícios do Estado de Massachussets (2001)



Cargas adicionais são permitidas para a iluminação decorativa e iluminação de destaque.

**Quadro 6.3 - Densidade de Potência de Iluminação adicional para funções específicas**

Aplicação	Densidade de Potência (W/m <sup>2</sup> )
Decoração	11
Destaque de mercadorias	17
Destaque de mercadorias em vitrinas	42

Fonte: Código de Edifícios do Estado de Massachussets (2001)

Recomendações para densidades de potência em áreas externas.

**Quadro 6.4 - Densidade de Potência de Iluminação para exteriores de edifícios.**

Aplicação	Densidade de Potencia (W/m <sup>2</sup> )
Entrada com cobertura	32
Entrada sem cobertura	355
Saída exclusiva de edifícios	215
Fachadas	3

Fonte: Código de Edifícios do Estado de Massachussets (2001)

**O controle da instalação de iluminação**

Uma parte da energia consumida em iluminação é desperdiçada por falta de condições de ser desligada de um conjunto maior quando a área em particular não está em uso. Tal ação pode ser voluntária, por meio de um interruptor ou involuntária por meio de um sensor de presença automático.

Outro tipo de desperdício ocorre em áreas de múltiplas atividades onde algumas das tarefas exercidas poderiam ter um menor nível de iluminação do que outras tarefas para as quais área foi projetada e, conseqüentemente, utilizar um menor consumo de energia. Um exemplo disto é a sala de reuniões em um escritório moderno onde pode haver trabalhos conjuntos com utilização de notebooks, discussões, apresentações com projeção multimídia e conference call. A



iluminação neste caso pode ser regulada eletronicamente (dimerizada) para as diversas tarefas visuais consumindo menos energia.

Uma terceira possibilidade de controle da luz com economia de energia vem da participação da luz natural, cada vez maior, nos ambientes interiores. Na medida da sua contribuição pode-se regular a iluminação artificial diminuindo o consumo.

Assim, a recomendação dá parâmetros para a colocação de interruptores, sensores e controles na instalação diminuindo a Densidade de Potência de Iluminação consumida.

Todos os sistemas de iluminação devem ter interruptores ou controles para que seus ocupantes liguem, desliguem ou regulem a iluminação. Edifícios com mais de 500 m<sup>2</sup> de área iluminada devem possuir controles automáticos de acionamento da iluminação quando áreas individualizadas estiverem desocupadas. Como exceções são consideradas as áreas de risco como entradas/saídas, corredores, escadarias, espaços onde há uma operação direta e áreas de controle do edifício.

Os acionamentos automáticos podem ser responsáveis por uma de uma das seguintes estratégias:

- intervenção do ocupante em base não programada utilizando por exemplo temporizadores
- sensores de ocupação
- intervenção do ocupante em base programada utilizando controles horários de acionamento ou softwares.

A aplicação de cada estratégia deve ser estudada em cada caso com seus custos e benefícios. Controles por acionamento do ocupante provavelmente são os mais econômicos em áreas restritas. Sensores de presença são os mais indicados para áreas de uso irregular como salas de escritório e de reuniões. Controles programados de áreas podem ser usados, por exemplo, para lojas que têm seu

horário regular de funcionamento ou para pisos de escritório onde os funcionários almoçam em horários fixos.

Controles devem ser colocados em áreas fechadas e para equipamentos com aplicações especiais como iluminação de destaque, vitrinas, plantas, moveis, etc ou em hotéis onde um contator de serviço acionado pelo cartão de quem entra conecta todo o circuito do apartamento.

Os circuitos de ligação devem permitir na área de um escritório a redução do nível de iluminação em 50% de maneira razoavelmente uniforme, por meio de interruptores ou reguladores.

As áreas externas devem também utilizar controles automáticos com fotocélulas ou temporizadores. As áreas externas dos edificios têm a sua limitação de densidade de potência também constricta pela eficiência mínima requerida de 50 lumens por watt das lâmpadas com mais de 100W instaladas. Esta condição elimina a possibilidade de uso das lâmpadas menos eficientes como as incandescentes, de luz mista e de mercúrio.

Regras mais detalhadas de aplicação poderiam ser desenvolvidas em função de usos e costumes nacionais. O software utilizado pelos Estado de Massachusetts ou da Califórnia poderiam ser adaptados as condições locais (software: COMcheck-EZ).

## 7 - Conclusão

Ao olharmos o desenvolvimento da aplicação dos produtos da iluminação nos últimos 35 anos no país, sejam eles novas lâmpadas, reatores, luminárias e controles ou sistemas de iluminação, o comportamento foi o que está descrito em todos os livros de marketing com ascensão inicial lenta dos produtos, depois um crescimento rápido, a maturidade e o declínio não importando o grau de benefício energético ou outro que o produto incorpore, salvo exceções.

Razões ligadas ao consumo de energia como motivador de rápidos crescimentos de mercado sempre existiram porque as diferenças entre as tecnologias eram e são grandes especialmente em lâmpadas, porém prevaleceu o desenvolvimento tradicional que depende especialmente do conhecimento da nova tecnologia e da resistência ao uso pelo custo relativamente alto que carregam os novos produtos.

Mudanças abruptas de penetração no mercado ("market breakthrough") motivadas por saltos de patamar tecnológico ("leapfrogging technologies") ocorreram apenas quando medidas institucionais foram tomadas em função de crises presentes ou em perspectiva, seja de ordem energética ou de meio ambiente. Tivemos exemplos de sucesso em mudanças com essa concepção aqui no país e em outros, onde medidas institucionais foram adotadas por legislação, normas e recomendações.

Com esta visão é que o autor sugere alguns caminhos que podem ser adotados com a contribuição limitada deste trabalho, dos quais os mais relevantes são a Densidade de Potência na Iluminação de Interiores e os Acordos de Transição para Adoção de Selos e Normas de Eficiência Energética.

Alguns aspectos que o autor gostaria de estudar e não foi possível devido a exigüidade de tempo e dificuldade de conseguir informações foram: recomendações para o aproveitamento extensivo da iluminação natural em edifícios, disponibilização de uma comparação do desempenho da reflexão das tintas e alumínio dos refletores ao longo do tempo, a quantificação e qualificação precisa do potencial de economia de energia na iluminação pública com as

tecnologias hoje disponíveis e um estudo dos tipos de pedras que poderiam ser agregadas a superfície do asfalto para melhorar as condições de reflexão de forma a permitir as mesmas condições de percepção com a utilização de lâmpadas de menor potência.

## Referências Bibliográficas

- Amartya Sen (1980,1993), IPCC WG III, capítulo 5, item 5.3.8.2 Drivers of Consumption.
- Buainain, A. M., 7/1/2003, O Desafio da Inovação, Jornal O estado de São Paulo.
- Carraro, 1994; Steininger, 1999 , Trade, innovation environment; Kluwer.
- CLASP – Colaborative Labeling and Appliance Standards, 2001, Program Energy Efficiency Labels Standards, Stephen Wiel e James E. Mc Mahon.
- CONAMA, Conselho Nacional do Meio Ambiente, 2001/2, Reuniões do GT Resíduos Sólidos.
- Convênio ICMS n.27 de 29/05/2001 (DOU 01/06/01).
- Cropper, M., e Oates, W., 1992, Environmental Economics: A Survey, Journal of Economic Literature, pg. 675-740; Raucher, M., 1999, Environmental Policies in Open Economics in C. van den Bergh, Handbook of Environmental and Resource Economics, Elgar pg.395-443.
- De Ângelo, S. F., entrevista 2002.
- Decreto n.3827 de 31/05/2001 (DOU 01/06/01)
- Decreto n.4070 de 28/12/2001 (DOU 31/12/01)
- Eletrobrás, 2002, 2000 Entrevista com engenheiros
- EPA, [www.epa.gov/itprogrm/lighting/default.htm](http://www.epa.gov/itprogrm/lighting/default.htm), (12/2002)
- EPA, [www.file//A:/EPA%20eeBuildings%Energy%20Efficient%20Lighting.htm](http://www.file//A:/EPA%20eeBuildings%Energy%20Efficient%20Lighting.htm) (12/2002).
- FEMP, [www.eren.doe.gov/femp/resources](http://www.eren.doe.gov/femp/resources). (12,2002)
- Friedman, R., Jannuzzi, G. de M., 1999, Evaluating Mexican and Brazilian Residential Compact Fluorescent Lamp Programs: Progress and Unresolved Issues, Colorado.
- Geller, H. S., 1991, Efficient Electricity Use – A development Strategy for Brazil, American Council for an Energy Efficient Economy.

- Geller, H. S., 2002, *Revolução Energética: Políticas para um Futuro Sustentável*, USP – IEE, Tese (Doutorado).
- Geller, H. S., 1983, *The Potential for Electricity Conservation in Brazil*, São Paulo, CESP.
- Green Globes, [www.energyefficiency.org/](http://www.energyefficiency.org/), (12/2002).
- IBRE – 2002. Instituto Brasileiro de Economia – Fundação Getulio Vargas.
- IEA – International Energy Agency, 1997
- IES 2000, Illuminating Engineering Society of North America, *Lighting Handbook*, cap. 3-31 e 28-3.
- IPCC WG III – Intergovernmental Panel on Climate Change, 2001, capítulo 5 Barriers, Opportunities and Market Potential of Technologies and Practices, capítulo 6 Policies, Measures and Instruments e Methodological and Technological Issues in Technology Transfer.
- Jacobs, 1997; *World Energy Assessment: Energy and the Challenge of Sustainability*.
- Jaeger e outros 1998, *Decision Analysis and Rational Action*, capítulo 3 no S. Rayner e E. L. Malone – *Human Choice and Climate Change*. Vol.III Tools for Policy Analysis, Battelle Press, Ohio pg. 141-215.
- Jaffe, A, e outros, 1995, *Environmental Regulation and the Competitiveness of U.S. Manufacturing*, *Journal of Economic Literature*, pg. 63-132.
- Jaffe, Stavins, 1994 – IPCC cap 5 pg 22
- Jannuzzi, G. de M. e Outros, 1991, "Conservation Potential of Compact Fluorescent Lamps in India and Brazil", *Energy Policy* 19.5.449-463.
- Jannuzzi, G. de M., 1998, "A Sectorial Review of Energy in Brazil: Supply and Demand Opportunities for Reducing Carbon Emissions".
- Jannuzzi, G. de M., 1995, *A Política Energética e o Meio Ambiente: instrumentos de mercado e regulação*, Palestra UNICAMP.
- Jannuzzi, G. de M., 2000 *Políticas Publicas para Eficiência Energética e Energia Renovável no Contexto do Mercado*, Editora Autores Associados.



- Jannuzzi, G. de M., 4/2/1993, Programas Agressivos de Eficiência Energética, Diário do Povo.
- Jannuzzi, G. de M., Swisher J. N. P., 1997 Planejamento Integrado de Recursos Energéticos, Editora Autores Associados.
- Joshem e Hohmeyer, 1992; Laitner, Bernow e DeCicco, 1998, World Energy Assessment: Energy and the Challenge of Sustainability.
- Kanheman, D. e Smith V. 2003, Jornal O Estado de São Paulo.
- Kaya e outros, 1991; IIEC 1995; ALGAS, 1998; Wanwacharakul, 1993, World Energy Assessment: Energy and the Challenge of Sustainability.
- Keith, David M. 2003, Evaluating Lighting System Components Through Comparison of Roadway UPD Values., Journal of the Illuminating Engineering Society, vol. 32, pg.14-40.
- Kinney, L., 1958; Rea e outros, (1997)
- Komor, P. S. e Wiggins, L.L. 1988, Predicting conservation choice: beyond the cost-minimization assumption. Energy, pg. 633-645.
- Lamberts, R., Dutra, L., Pereira, F., 1997, Eficiência Energética na Arquitetura, PW Editores.
- Leonelli, P. A ., 1999, Uso eficiente de energia elétrica no setor residencial – uma análise do comportamento do consumidor, COPPE, Dissertação (Mestrado).
- Maloney e Ward, 1973; Verhallene Van Raaij, 1981, World Energy Assessment: Energy and the Challenge of Sustainability.
- MDIC, SECEX, [www.mdic.gov.br](http://www.mdic.gov.br), (12/2002)
- Medida Provisória 21.983 de 28/06/01 (DOU 20/06/01)
- Moisander, J., 1998: Motivation for Ecological Oriented Behaviour, Every day Life and Sustainability, Lancaster University.
- Moreira, José R., 2002, Entrevista
- Moreira, José R., 2002, Contribution to the Third Assesment Report –IPCC WG III.
- Nadel, S., Kushler, 1994, Minimum Efficiency Standards: Options for Federal and State Actions, American Council for an Energy Efficient Economy.

- Nadel e Geller, H. S., 1991
- Nadel, S., 1994, Summer Study on Energy Efficient Buildings
- NEMA, Standards Publication LE 5B-1998, 5A-1999, 5-2001.
- Nielsen, M., 2002, World Energy Assessment: Energy and the Challenge of Sustainability.
- Notas de aula, PIPGE - IEE/USP.
- OTA, Office of Technology Assessment –1993, [www.princeton.edu/~ota/](http://www.princeton.edu/~ota/), (2002).
- Rea, M., 1998; Adrian, 1998; IES.
- Right Light, Anais de Congressos.
- Sorcar, P. C., 1982, Energy Saving Lighting System, Editora Van Nostrand Reinhold Company.
- Souza, Reinaldo C., 2002, Pesquisa de Posse e Hábitos de Uso de Aparelhos Elétricos Fundação Padre Leonel Franca – PUC/RJ
- Stern, P. C., 1986; Blind Spot in Policy Analysis: What Economics Doesn't Say About Energy Use., Journal of Policy Analysis and Management, pg. 200-227
- Terry, 1997, World Energy Assessment: Energy and the Challenge of Sustainability.
- Ulph, A 1997: Environmental Policy and International Trade, in C. Carraro and D. Siniscalco, New directions in Economic Theory of the Environment, Cambridge Univ. Press, pg 147 a 192.
- UNDP, 1999 United Nations Development Program, WEA pg.182.
- US Green Building Council, [www.usgbc.org/](http://www.usgbc.org/), (12/2002).
- Van Beers e outros, 1997, An Empirical Multi-Country Analysis of the Impact of Environmental Regulations on Foreign Trade Flows, Kiklos, pg. 29-46.
- Varsano, R., abril 2001, Tributação Cumulativa, Distorções a Erradicar, Boletim Conjuntural.
- Veitch, J. A., 1994, The Psychology Behind Right Light Choices: Review and Research Agenda pg. 796 a 811.
- WEA, Energy Policies for a Sustainable Development, 2001

White e outros, 2000, After twenty years of "demand side management" we know little about individual behaviour but next to nothing about energy demand., Proceedings IPCC Expert Meeting , Karlsruhe, Germany.

EREN: [www.eren.doe.gov/erec/facsheets](http://www.eren.doe.gov/erec/facsheets), (12/2002).

IAEEL: [www.iaeel.org](http://www.iaeel.org), (12/2002).

MDIC: [www.mdic.gov.br/indicadores/default.htm](http://www.mdic.gov.br/indicadores/default.htm), (12/2002).

MMA: [www.mma.gov.br](http://www.mma.gov.br), ((12/2002)

USGBC: [www.usgbc.org](http://www.usgbc.org), (12/2002)

Energy Efficiency: [www2.energyefficiency.org/org/homeca.asp](http://www2.energyefficiency.org/org/homeca.asp), (12/2002).