

ILUMINAÇÃO PÚBLICA NO BRASIL:  
ASPECTOS ENERGÉTICOS E INSTITUCIONAIS

Lourenço Lustosa Fróes da Silva

DISSERTAÇÃO SUBMETIDA AO CORPO DOCENTE DA COORDENAÇÃO DOS  
PROGRAMAS DE PÓS-GRADUAÇÃO DE ENGENHARIA DA UNIVERSIDADE  
FEDERAL DO RIO DE JANEIRO COMO PARTE DOS REQUISITOS NECESSÁRIOS  
PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE MESTRE EM PLANEJAMENTO ENERGÉTICO

Aprovada por:

---

Prof. Roberto Schaeffer, Ph. D.

---

Prof. Alexandre Salem Szklo, D. Sc.

---

Prof. George Alves Soares, D. Sc.

RIO DE JANEIRO, RJ - BRASIL

MARÇO DE 2006

FRÓES DA SILVA, LOURENÇO LUSTOSA

Iluminação Pública no Brasil: Aspectos  
Energéticos e Institucionais [Rio de Janeiro] 2006

XI, 161 p. 29,7 cm (COPPE/UFRJ, M. Sc.,  
Programa de Planejamento Energético, 2006)

Dissertação – Universidade Federal do Rio de  
Janeiro, COPPE

1. Iluminação Pública

I. COPPE/UFRJ II. Título (série)

À minha família, que me permitiu chegar até aqui

## AGRADECIMENTOS

Ao meu orientador, pela disponibilidade incondicional prestada, apesar de todas as suas viagens e compromissos de trabalho. E ainda pelos conselhos profissionais dos quais nunca se esquivou e que sempre me foram encorajadores.

À equipe da Eletrobrás / Programa *ReLuz*, pelos bons tempos de convivência, pela excelente troca de experiências e por termos juntos aprendido o espírito do trabalho em equipe.

À Ingrid Utz Melere, da CEEE, pelas andanças pelos pagos no Rio Grande do Sul, quando observávamos diretamente as características dos municípios e permitindo-me absorver um conhecimento além do que se escreve.

À equipe da Coelba, que sempre demonstrou seriedade no trabalho e receptividade pessoal invejável, além de terem me acompanhado nas intermináveis e ricas incursões pelos municípios do estado da Bahia.

À Mércia da Fonte, da Chesf, pelo envio dos resultados da pesquisa que consta no Anexo II.

Aos que participaram dessas experiências vividas nos dois anos de trabalho no Programa *ReLuz* da Eletrobrás que estimularam este trabalho e a todos os que contribuíram de forma direta e indireta para a realização deste trabalho.

Resumo da Dissertação apresentada à COPPE/UFRJ como parte dos requisitos necessários para a obtenção do grau de Mestre em Ciências (M. Sc.)

ILUMINAÇÃO PÚBLICA NO BRASIL:  
ASPECTOS ENERGÉTICOS E INSTITUCIONAIS

Lourenço Lustosa Fróes da Silva

Março/2006

Orientador: Roberto Schaeffer

Programa: Planejamento Energético

Este trabalho apresenta análises do ponto de vista institucional e energético acerca da iluminação pública no Brasil. A iluminação pública é caracterizada sob os aspectos históricos, legais, de custeio, tecnológicos e sócio-ambientais. Para caracterização quantitativa, são apresentados um cadastro nacional, objeto de pesquisa do autor, e também os níveis estaduais de atendimento à população. Realiza-se um estudo da relação existente entre indicadores de desenvolvimento locais e os níveis estaduais de penetração da iluminação pública. Apresenta-se uma análise dos potenciais de economia de energia elétrica atualmente existentes em iluminação pública para cada estado brasileiro. A análise procura demonstrar a viabilidade, ou não, para a realização de investimentos em melhoria dos sistemas, de acordo com óticas de diferentes agentes. O trabalho mostra que existe oportunidade para melhoria dos sistemas e que essa melhoria pode trazer resultados significativos em conservação de energia.

Abstract of Dissertation presented to COPPE/UFRJ as a partial fulfillment of the requirements for the degree of Master of Science (M. Sc.)

STREET LIGHTING IN BRAZIL:  
ENERGETIC AND INSTITUTIONAL OVERVIEW

Lourenço Lustosa Fróes da Silva

March/2006

Advisor: Roberto Schaeffer

Department: Energy Planning Program

This work analyzes street lighting in Brazil according to the institutional and energy points of view. The street lighting is characterized under historical, legal, financial incoming, technological and environmental-social aspects. A quantitative characterization is performed by a national inventory, wich results from an author's research, and also state population attendance levels. The existing relationship between local development indices and the state levels of penetration of street lighting is assessed, as well as the electricity savings potentials currently existing for each Brazilian state. The analysis focuses on the investment feasibility of system improvement, in accordance to the different agents' points of view. The work presents that there is the opportunity for system improvement with significant results on energy savings.

## Índice

1	Introdução.....	1
2	Iluminação Pública no Brasil.....	9
2.1	Histórico da Iluminação Pública .....	9
2.2	O Caso das Capitais: Rio de Janeiro e Brasília .....	13
2.3	Marco Legal.....	30
2.4	Medição, Tarifação e Custeio.....	38
2.5	Conclusões.....	44
3	Análise Tecnológica.....	46
3.1	Conceitos Utilizados em Luminotécnica.....	46
3.2	Tecnologias Atualmente Disponíveis .....	47
3.3	Normas Brasileiras Aplicáveis .....	55
3.4	Conclusões.....	56
4	Iluminação Pública – Aspectos Sócio-Ambientais.....	58
4.1	A Questão Ambiental.....	58
4.2	Aspectos de Segurança Pública.....	69
4.3	A IP como Indicador de Desenvolvimento Local .....	72
4.4	Conclusões.....	83
5	Inventários de Iluminação Pública .....	84
5.1	Inventário Nacional de IP .....	84
5.2	Inventário Norte-Americano de Iluminação .....	88
5.3	O Caso do Peru.....	90
5.4	Conclusões.....	92
6	Programas de Eficiência Energética em IP no Brasil .....	94
6.1	A Reutilização de Materiais e Equipamentos .....	97

6.2	O Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica .....	98
6.3	O Programa Reluz da Eletrobrás .....	102
6.4	Os Programas de Eficiência Energética (PEE) da Aneel .....	106
6.5	Iluminação Pública como Uso Final .....	109
6.6	Conclusões.....	113
7	Potenciais de Economia de Energia Elétrica na Iluminação Pública no Brasil.....	114
7.1	Base para Realização dos Estudos.....	114
7.2	Potencial Técnico de Economia de Energia Elétrica.....	114
7.3	Potencial Econômico de Economia de Energia Elétrica.....	117
7.4	Potencial de Mercado de Economia de Energia Elétrica .....	120
7.5	Análise dos Potenciais de Economia de Energia no Parque Nacional de Iluminação Pública .....	129
7.6	Estímulos à Melhoria da Eficiência.....	131
7.7	Benefícios Diretos e Indiretos dos Programas de Eficiência na IP .....	133
7.8	Conclusões.....	137
8	Conclusão.....	138
9	Referências Bibliográficas .....	144
10	Anexos.....	150



## Índice de Tabelas, Gráficos e Quadros

TABELAS	Páginas
Tabela 1: Consumo de Energia Elétrica Faturado no Brasil em 2003 (MWh)	2
Tabela 2: Composição do Parque de Iluminação Pública da Cidade do Rio de Janeiro referente ao ano de 2003	29
Tabela 3: Tempo Médio Diário de Escuridão para Latitudes Representativas do Brasil	40
Tabela 4: Tarifas Médias por Classe de Consumo - Regional e Brasil (R\$/MWh) – Tarifas referentes ao ano de 2004	42
Tabela 5: Propriedades do Elemento Químico Mercúrio	61
Tabela 6: Quantidade de Mercúrio Encontrada nas Lâmpadas Comercializadas no Brasil	68
Tabela 7: Percentual de Atendimento com Índices de Desenvolvimento Local por Região	73
Tabela 8: Relação entre Atendimento de IP e Índices de Desenvolvimento Local Considerados (percentual de moradores em domicílios particulares permanentes com iluminação pública / percentual de moradores em domicílios particulares permanentes com um dos serviços listados) para os Estados Brasileiros	75
Tabela 9: Relação Habitantes por Ponto de IP em cada Estado Brasileiro	79
Tabela 10: Distribuição de Lâmpadas de IP no Brasil – ano base 2004	85
Tabela 11: Fluxo Luminoso Produzido pelas Lâmpadas com Base no Cadastro Nacional de IP Brasileiro.	87
Tabela 12: Uso de Energia Elétrica nos EUA para Iluminação	88
Tabela 13: Distribuição de Lâmpadas de IP nos EUA	89
Tabela 14: Índices Mínimos de Atendimento Estipulados pela <i>Osinerg</i> no Peru.	91

Tabela 15: Evolução da Quantidade de Lâmpadas Existentes no Parque de Iluminação Pública Peruano por Tipo (em milhares de lâmpadas)	92
Tabela 16: Evolução do Rendimento das Fontes de Produção de Luz	94
Tabela 17: Pesquisa Nacional de Potencial Técnico de Conservação de Energia em Iluminação Pública — 1995	102
Tabela 18: Realizações do Programa Reluz	105
Tabela 19: Investimentos e Resultados dos PEE's da Aneel	107
Tabela 20: Pontos Substituíveis de Acordo com as Premissas Apresentadas	116
Tabela 21: Custos dos Principais Equipamentos e Materiais Envolvidos numa Substituição (em R\$ por unidade)	119
Tabela 22: Economia de Energia (Potencial Técnico) por Estado	124
Tabela 23: Avaliação Econômica e de Mercado	125
Tabela 24: Análise de Sensibilidade no VPL com Percentual de Depreciação Física (expresso em milhões de R\$)	126
Tabela 25: Sensibilidade VPL com Percentual de Depreciação Física (expresso em milhões de R\$) considerando-se o valor residual	127
Tabela 26: Análise de Sensibilidade no TRS com Percentual de Depreciação Física	128
Tabela 27: Resumo dos Potenciais de Economia de Energia Elétrica nos Sistemas de Iluminação Pública (expressos em potência elétrica, MW)	130

GRÁFICOS	Páginas
Gráfico 1: Eficiência Luminosa das Lâmpadas Utilizadas em IP	5
Gráfico 2: Evolução na Quantidade de Pontos de Iluminação Pública a Gás e a Energia Elétrica no Rio de Janeiro (de 1857 a 1933)	20
Gráfico 3: Relação entre Atendimento de IP e Índices de Desenvolvimento Local	78

Considerados, por Região e Média Brasileira	
Gráfico 4: Percentual de Atendimento, Relação Pontos / Habitante x1000 e 82 Linearização da Curva da Relação Pontos / Habitante x1000 para os Estados Brasileiros.	
Gráfico 5: Pontos Substituídos por Conta dos PEE's da Aneel em Cada Ciclo Anual	108
Gráfico 6: Economia de Energia em W/ponto com os PEE's da Aneel	109

QUADROS	Páginas
Quadro 1: Componentes de um Sistema de Iluminação Pública	6
Quadro 2: Receitas Tributárias	35
Quadro 3: Etapas Evolutivas da Produção de Luz Artificial	48
Quadro 4: Tipos de lâmpadas utilizados na iluminação pública	50
Quadro 5: Quantidade de Lâmpadas Incandescentes 200W Existentes em 1988 no Brasil.	100
Quadro 6: Processo de Produção do Serviço Desejado na Iluminação Pública	110
Quadro 7: Qualidade do Serviço com Diversas Condições de Sistema de Iluminação Considerando uma Mesma Potência de Lâmpada	112
Quadro 8: Alternativas de Substituição Propostas	115
Quadro 9: Dados do Cadastro de Potencial Técnico de Economia	117
Quadro 10: Homem-hora Envolvidos nas Obras de Melhoria dos Sistemas de IP	134

## 1 Introdução

A Iluminação Pública pode ser definida como o serviço que tem por objetivo prover de luz, no período noturno ou nos escurecimentos diurnos ocasionais, os logradouros públicos, inclusive aqueles que necessitem de iluminação permanente no período diurno (Resolução da Agência Nacional de Energia Elétrica - Aneel n.º 456/2000).

No Brasil, o consumo de energia elétrica destinado à iluminação é expressivo. Cerca de 17% do consumo total de energia elétrica está associado à produção de luz através da energia elétrica, incluindo a iluminação pública (KOZLOFF *et al.*,2001).

A iluminação pública representa cerca de 3,5% do consumo total de energia elétrica. A Tabela 1, apresentada a seguir, mostra a distribuição do consumo faturado de energia elétrica no Brasil no ano de 2003. De um total de 301 TWh faturados, cerca de 10 TWh foram associados à iluminação pública.

Tabela 1: Consumo de Energia Elétrica Faturado no Brasil em 2003 (MWh)<sup>1</sup>

<b>RESIDENCIAL</b>	<b>76.349.290</b>	<b>25,4%</b>
<b>INDUSTRIAL</b>	<b>129.782.651</b>	<b>43,1%</b>
<b>COMERCIAL, SERVIÇOS E OUTRAS ATIVIDADES</b>	<b>47.730.371</b>	<b>15,9%</b>
<b>RURAL</b>	<b>13.975.666</b>	<b>4,6%</b>
<b>PODER PÚBLICO</b>	<b>8.914.512</b>	<b>3,0%</b>
<b>ILUMINAÇÃO PÚBLICA</b>	<b>10.349.551</b>	<b>3,4%</b>
<b>SERVIÇO PÚBLICO TRAÇÃO, ÁGUA E ESGOTO</b>	<b>11.294.141</b>	<b>3,8%</b>
<b>CONSUMO PROPRIO</b>	<b>2.563.886</b>	<b>0,9%</b>
<b>TOTAL FATURADO</b>	<b>300.960.067</b>	<b>100,0%</b>

Fonte: Eletrobrás, 2004e

Há cerca de 13 milhões de pontos de iluminação pública cadastrados no Brasil (Eletrobrás, 2004b). Cada ponto tem um consumo médio equivalente de cerca de 800 kWh/ano e uma potência média instalada de aproximadamente 184 W.

A participação da iluminação pública em relação à demanda é mais expressiva do que em relação ao consumo de energia elétrica. A demanda máxima do setor elétrico brasileiro girava em 2003 em torno de 50GW médios (Eletrobrás, 2003). Os 13 milhões de pontos de IP representam uma solicitação de cerca de 4,5% da demanda de ponta do sistema elétrico (2,2GW), considerando-se que os sistemas de iluminação pública entram em operação no horário onde há maior solicitação do sistema elétrico nacional.

---

<sup>1</sup>O consumo faturado apresentado é referente ao ano de 2003, apesar da presente dissertação ter sido concluída em março de 2006, para que os dados possam ser correlacionados com o cadastro nacional de iluminação pública que foi levantado referente ao ano de 2003.

Portanto, como a participação da iluminação pública na demanda do sistema elétrico brasileiro (4,5%) é mais significativa do que no consumo da energia elétrica (3,5%), os programas que permitam a redução da demanda elétrica em iluminação pública proporcionam expressivos custos evitados de demanda, além dos custos evitados com fornecimento de energia, como será demonstrado através da metodologia da Relação Benefício Custo (RBC), descrita no Anexo I.

A iluminação pública não é um serviço público regulado de forma centralizada. A prestação deste serviço é de competência dos mais de 5.560 municípios brasileiros. Por esta razão, existe grande diversidade de sistemas, tecnologias, níveis de atendimento e de qualidade dos serviços prestados.

Quanto ao alcance da iluminação pública, pode-se dizer que as desigualdades verificadas no país também se refletem na iluminação pública. As desigualdades são encontradas em diversos níveis:

- a) regional - conforme será apresentado, há regiões do país onde o número total de pontos por habitante é consideravelmente mais expressivo do que em outras;
- b) local - dentro de um mesmo município podem ser verificadas localidades urbanas onde ainda não existe iluminação pública, o que pode inclusive sinalizar a falta de outros pontos na infra-estrutura básica de água, saneamento, pavimentação etc.
- c) de tecnologia – regionalmente ou localmente são encontradas discrepâncias entre as tecnologias aplicadas. As luminárias mais modernas são utilizadas nos grandes centros urbanos e em cidades

menos favorecidas ainda são instalados sistemas com luminárias abertas;

- d) de obsolescência e depreciação física – a vida útil dos equipamentos constituintes dos sistemas de iluminação, quando ultrapassada, pode aumentar as perdas do sistema, reduzir o rendimento dos equipamentos e não atingir os níveis mínimos de qualidade de serviço que possam conferir a segurança desejada de acordo com os parâmetros de projeto. Tecnologias obsoletas podem também fornecer serviços com qualidade inferior, além de, em geral, representarem um maior consumo de energia;

Em muitos municípios não há competências técnicas e nem recursos humanos para tratar a questão específica da iluminação pública. Nesse caso, a manutenção e a expansão dos sistemas é feita de forma pouco planejada e a gestão do parque acaba sendo deficiente (ver nota 4).

A modernização dos parques de iluminação pública, com a adoção de tecnologias mais modernas e eficientes, permite uma evolução na qualidade do serviço de iluminação e ganhos diretos com a redução no consumo de energia elétrica, visto que a evolução nas tecnologias utilizadas nos sistemas de iluminação vem permitindo que se chegue a mesmos níveis de iluminamento com potências cada vez menores. A eficiência luminosa das lâmpadas com diversas tecnologias utilizadas atualmente no Brasil para iluminação pública é apresentada no Gráfico 1 a seguir.

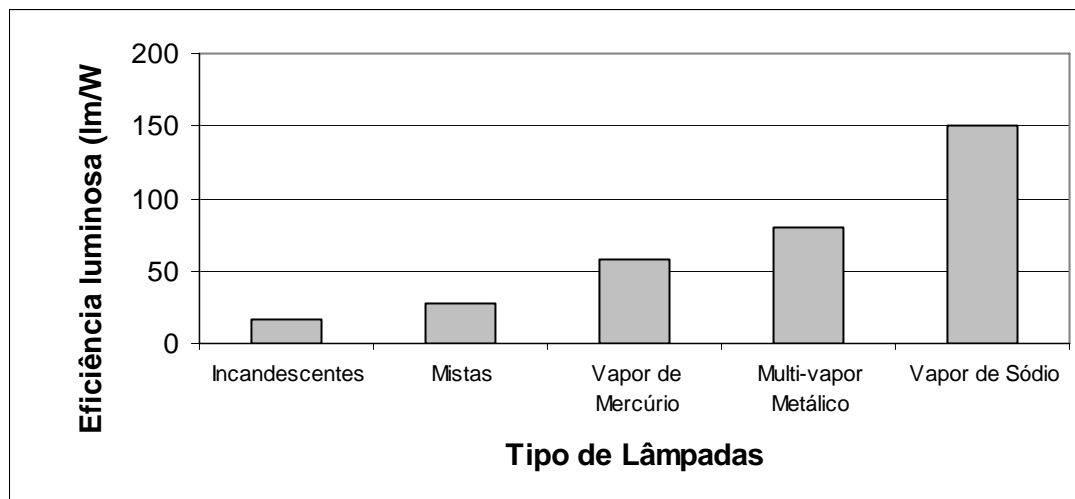


Gráfico 1: Eficiência Luminosa das Lâmpadas Utilizadas em IP

Fonte: elaboração própria com dados de Eletrobrás, 2004c

A expressão “sistemas de iluminação” aqui utilizada não faz referência somente às lâmpadas, que efetivamente representam a maior contribuição para a redução das potências finais de cada sistema, mas a todo o conjunto luminotécnico, incluindo suportes, luminárias, chaves de comando e reatores. Ou seja, todo o sistema responsável por prover, a partir de determinado insumo energético, o serviço de iluminação pública. Todos os componentes do sistema são importantes, pois participam para um melhor aproveitamento da energia na produção da luz visível, seja na conversão da energia em energia luminosa, seja no direcionamento do fluxo luminoso para o plano de trabalho, a superfície das vias públicas. No Quadro 1 são apresentados os componentes dos sistemas de iluminação pública.



Quadro 1: Componentes de um Sistema de Iluminação Pública

Componente	Comentário
Redes de alimentação	As redes devem ser adequadamente dimensionadas para as cargas envolvidas. No caso de projeto de alteração de potências, deverão ser analisados os impactos nas redes de alimentação dos sistemas de iluminação pública.
Suportes	Os sistemas de iluminação pública no Brasil em geral utilizam os próprios postes de distribuição de energia elétrica como suportes. Por essa razão, muitas vezes a montagem acaba sendo inadequada. Os braços que suportam a luminária devem ser projetados conjuntamente com o sistema de iluminação, para que se possa colocar a luminária na melhor posição para distribuição da luz na via pública
Chaves de comando	Em geral, são utilizados relés fotoelétricos, de forma que os sistemas de iluminação pública sejam automaticamente acionados e desligados com o início e o término dos escurecimentos. Por imprecisão dos relés poderá haver acionamentos indevidos, energizando os sistemas antes ou após o momento exato do início e do término do escurecimento, o que pode significar perda de energia.
Reatores	As lâmpadas de descarga necessitam de um reator para controlar e estabilizar sua corrente de partida e a sua tensão de funcionamento.
Luminárias	As luminárias direcionam o fluxo luminoso produzido pelas lâmpadas para o plano de trabalho. O rendimento das luminárias deve ser máximo, de forma que se tenha o máximo de luz produzida disponível na superfície da via pública.
Lâmpadas	A potência de uma lâmpada e o fluxo luminoso nominal da lâmpada são dados que caracterizam o sistema de iluminação pública, no entanto, todos os outros componentes do sistema deverão atuar de forma integrada para que seja otimizada a utilização do fluxo luminoso produzido pela lâmpada.

Fonte: Elaboração própria com dados de Eletrobrás, 2004c

Os sistemas de iluminação devem, portanto, ser caracterizados por todos seus componentes, para uma descrição da qualidade do serviço fornecido e da eficiência na conversão da energia em serviço energético.

Neste trabalho são apresentadas as características da iluminação pública no Brasil. São efetuadas análises sobre o alcance social e relação com outros índices de desenvolvimento local. E finalmente uma análise de potenciais de melhoria da utilização da energia na iluminação pública, de acordo com a ótica de diferentes agentes.

Caracteriza-se a iluminação pública e apresenta-se o cadastro nacional de iluminação pública atualizado. Com base no cadastro são efetuadas estimativas dos potenciais de economia de energia, sob óticas dos diferentes agentes. Além disso, é analisada a relação existente entre índices de desenvolvimento local levantados pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) e a penetração da iluminação pública nas áreas urbanas.

No Capítulo 2, apresentam-se as principais características dos sistemas de iluminação pública no Brasil. O histórico mostra como os sistemas foram formados. Os casos das capitais ilustram exemplos de como foi a evolução dos sistemas, das tecnologias e das técnicas de iluminação utilizadas. O “marco legal” mostra a atribuição das responsabilidades pelo serviço e considerações sobre medição do consumo, tarifação e custeio.

No Capítulo 3 é efetuada uma análise tecnológica, com a apresentação dos conceitos e das tecnologias atualmente utilizados em luminotécnica e as normas aplicáveis para a iluminação pública no Brasil.

O Capítulo 4 traz as ponderações sócio-ambientais, mostrando os riscos inerentes à adoção de novas tecnologias que contêm componentes que podem ser nocivos ao meio ambiente e os aspectos sociais, a influência da iluminação pública na segurança e suas características de índice de desenvolvimento local.

O Capítulo 5 apresenta inventários, ou cadastros, de iluminação pública. O cadastro brasileiro servirá posteriormente de subsídio para o cálculo dos potenciais de economia de energia elétrica e os demais cadastros são apresentados como referências para comparação (EUA e Peru).

No Capítulo 6 é feita uma análise dos programas de eficiência energética em iluminação pública. Relativo destaque é dado ao Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica (*Procel*) e ao Programa Nacional de Iluminação Pública Eficiente (*Reluz*), ambos conduzidos pela Eletrobrás no Brasil.

O Capítulo 7 traz estudos dos potenciais de economia de energia elétrica na iluminação pública, sob a ótica dos diferentes agentes do setor. Esses potenciais foram calculados com base no cadastro nacional de iluminação pública e com estimativas de restrições econômico-financeiras dos agentes. São apresentados ainda os benefícios diretos e indiretos dos programas de eficiência na iluminação pública.

O Capítulo 8 apresenta as principais conclusões obtidas com a realização deste trabalho. A seguir são apresentados a bibliografia utilizada e os anexos a citações no corpo desse trabalho.

## **2 Iluminação Pública no Brasil**

### **2.1 *Histórico da Iluminação Pública***<sup>2</sup>

Inicialmente a iluminação pública era realizada através de lampiões a combustível. Em Nova Iorque, em 1762, a administração da cidade instituiu um tributo para subsidiar a instalação de lampiões, os agentes de manutenção necessários e o consumo de óleo. Em 1879, nos EUA, foram instaladas as primeiras lâmpadas elétricas para iluminar vias públicas. Doze lâmpadas a arco voltaico na Public Square, em Cleveland. Os sistemas elétricos ainda eram utilizados de forma alternada com os lampiões a combustível, já que somente no século XX os sistemas elétricos viriam a se tornar suficientemente confiáveis para operarem sem necessidade de retaguarda (CLDC, 2005).

As lâmpadas elétricas foram inicialmente as chamadas lâmpadas a arco voltaico, cujos estudos de desenvolvimento iniciaram-se por volta de 1800. Em 1879, foi inventada a lâmpada com filamento incandescente, por Thomas Edison. Esta lâmpada viria a se tornar a lâmpada com a grande praticidade que a fez perdurar como única tecnologia elétrica que viria a ser utilizada por aproximadamente 56 anos (1879 a 1935) (CODI, 1988).

Na primeira década do século XX, viriam a ser estudadas e desenvolvidas as lâmpadas de descarga em atmosfera de gás, incluindo as lâmpadas utilizando vapor de

---

<sup>2</sup> As referências a datas, quando não explicitadas no final do parágrafo, foram obtidas de MEMÓRIA, 2002.

mercúrio, a altas e baixas pressões, e as lâmpadas utilizando vapor de sódio, igualmente a altas e baixas pressões. As primeiras aplicações destas lâmpadas seriam feitas na década de 30. Na década de 60 iniciar-se-iam as primeiras aplicações das lâmpadas a vapor de sódio a alta pressão e a multivapores metálicos que viriam a ganhar espaço crescente nas aplicações de iluminação pública (CODI, 1988).

Quanto à fonte energética, num primeiro momento os lampiões a óleo vegetal, mineral ou animal foram utilizados. Num segundo momento, o querosene e o gás. E, a partir do desenvolvimento das lâmpadas elétricas, a energia elétrica viria a se firmar como fonte confiável de energia para alimentação das lâmpadas para iluminação pública.

As aplicações da energia elétrica vinham sendo desenvolvidas na Europa desde a Revolução Industrial na Inglaterra. Na segunda metade dos anos de 1850, após séculos de uso da lenha, das velas de cera, das lamparinas que queimavam óleo de baleia e da iluminação a gás inaugurada pelo Barão de Mauá, a energia elétrica chegou ao Brasil (ELETROBRÁS, 2002b).

D. Pedro II visitara a Exposição de Filadélfia em 1876 e voltara ao Brasil estimulado com a energia elétrica. Autorizou então que Thomas Edison introduzisse suas invenções no Brasil e, em 1879, foi inaugurada a iluminação elétrica da estação central da Estrada de Ferro D. Pedro II (depois Central do Brasil, no Centro do Rio de Janeiro), constituída por apenas seis lâmpadas Jablockhov acionadas a partir da energia elétrica gerada por dois dínamos.

Em 1887, Porto Alegre inaugurava um serviço municipal de iluminação elétrica - o primeiro do país - aproveitando a energia elétrica gerada em usina térmica da Companhia

Fiat Lux. No Rio de Janeiro, criava-se a Companhia de Força e Luz, responsável por mais de 100 lâmpadas de iluminação pública. Os serviços viabilizados pela energia elétrica se estendiam à força motriz, principalmente no setor têxtil.

As primeiras experiências com energia elétrica aconteceram na cidade do Rio de Janeiro, mas anteriormente outras cidades já usufruíam do melhoramento. A primeira, em 1883, foi Campos dos Goytacazes (RJ). A seguir vieram inúmeras outras: Rio Claro (SP), Juiz de Fora (MG), Piracicaba (SP), São Carlos do Pinhal (SP), Ribeirão Preto (SP), São João Del Rei (MG), Belo Horizonte (MG), Petrópolis (RJ), Manaus (AM) e Belém (PA) (MEMÓRIA, 2004).

A primeira usina considerada de porte para "força e luz", expressão corrente para denominar os serviços de força motriz e iluminação, viabilizados pela energia elétrica, foi a hidrelétrica de Marmelos, erguida pelo industrial Bernardo Mascarenhas, considerada o marco zero na história da energia elétrica no Brasil e na América Latina, que seria construída em 1889, às margens do rio Paraibuna, em Juiz de Fora (MG).

Assim, um dos primeiros serviços energéticos produzidos a partir da energia elétrica foi a iluminação pública.

Até 1900, as pequenas usinas instaladas somavam apenas 12MW de capacidade, eminentemente térmica. Com a chegada do grupo Light do Canadá o potencial hidrelétrico do país começaria a ser explorado de forma mais intensa. Em 1889 a Light iniciou a operação de suas primeiras linhas de bondes elétricos na capital paulista, produzindo energia elétrica numa pequena central a vapor.

Em 1905 a Light iniciou a construção da usina de Fontes, no município de Pirai, através da Rio de Janeiro Tramway, Light and Power Company. Absorveu pequenas empresas já existentes, monopolizando então os serviços de iluminação, bondes e telefones, além do fornecimento de gás. Em 1909 a Usina de Fontes chegaria a uma capacidade instalada de 24MW, sendo então considerada uma das maiores do mundo. O regime de concessões de serviços públicos imperava no Brasil, dada a precariedade da administração pública para atender a crescente demanda da sociedade. A Constituição de 1891 não fazia distinção entre a propriedade dos recursos naturais e a posse da terra. As concessões eram geralmente outorgadas pelas prefeituras e o poder concedente, em caso de exploração de quedas d'água, era dos governos estaduais. Os primeiros contratos de concessão tinham prazos de até 90 anos, além de garantias financeiras do Estado às concessionárias.

Assim, a exploração da energia elétrica no Brasil data do início do século XX, quando foram fundadas as primeiras companhias geradoras e distribuidoras, em sua maioria estrangeiras. Muitas dessas empresas celebravam contratos de concessão diretamente com os municípios (CODI, 1984).

Entretanto, como o serviço de fornecimento de energia elétrica ganhava progressivamente maior importância, para sua concessão foi atribuída exclusividade federal. A prestação do serviço de iluminação pública foi, portanto, atribuída como responsabilidade dos municípios.

As capitais Rio de Janeiro e Brasília foram das primeiras cidades brasileiras a experimentarem diversas inovações tecnológicas. A seguir, o caso das capitais será

apresentado de forma a ilustrar como foi a evolução dos sistemas, das tecnologias e das técnicas de iluminação utilizadas.

## ***2.2 O Caso das Capitais: Rio de Janeiro e Brasília***

A cidade do Rio de Janeiro, quando capital do Brasil, experimentou importantes inovações tecnológicas na iluminação pública. Na época da transferência da capital para Brasília, também foram procurados sistemas tecnologicamente avançados para equipar a iluminação pública da capital. Dessa forma, esses dois casos serão aqui explorados, de forma a ilustrar a evolução tecnológica da iluminação pública no Brasil.

A cidade do Rio de Janeiro, em meados do século XVI e no início do século XVII, era dotada de fraca iluminação noturna, percebida somente através das janelas, vindas de candeeiros, lamparinas ou velas voltadas para o interior das construções. Nas vias públicas, a única iluminação que se tinha era de cunho religioso, nos oratórios. Os hábitos dos habitantes eram, portanto, diurnos.

A primeira lanterna permanente acesa no Rio de Janeiro foi a que o Convento de Santo Agostinho, no Largo da Carioca, ergueu em sua portaria em 1710. No início do século XVIII, quando a população da cidade era de cerca de 12 mil habitantes, as lanternas começaram a suprir iluminação externa, nos prédios públicos e em algumas residências, sendo fixadas nas ombreiras das portas. Entre 1779 e 1790 já havia 73 lampadários instalados, custeados por particulares, em oratórios da cidade.



“Em 1763, quando o Rio de Janeiro passou a ser capital do Brasil (...) a cidade era iluminada apenas e muito precariamente, por meio de lampiões e candeeiros alimentados a óleo de peixe (...) A iluminação pública era assim precaríssima em ruas estreitas e não calçadas, o que fazia o povo recolher-se cedo, fechar as portas e evitar saídas noturnas.”

Ruy Maurício de Lima e Silva. Rio de Janeiro em seus quatrocentos anos, p.357  
(*apud* MEMÓRIA, 2004)

Em 1794 foram instalados, aí então pelo governo, cem lampiões e candeeiros de azeite afixados em postes pelas ruas da cidade. Os lampiões eram custeados pelo poder público e pelos particulares. As casas eram iluminadas por meio de pequenos cilindros coloridos de vidro, enchidos com cera e com um pavio no centro.

Em 1808, a família real se transfere para o Brasil e D. João VI institui a Intendência Nacional de Polícia para cuidar da segurança e policiamento. A Intendência de Polícia providenciou a instalação de iluminação em diversas ruas da cidade para evitar a escuridão, tida como propícia à proliferação de marginais. Foram instalados, a cada 100 passos de distância, lampiões sobre colunas de pedra e cal no trajeto do coche de D. João em direção à Quinta da Boa Vista. Esta estrada ficaria conhecida como Caminho das Lanternas e, posteriormente, Caminho do Aterrado, traçado sobre área aterrada sobre alagadiços então existentes.

A iluminação pública era realizada com utilização de óleos, chamados de azeites, extraídos, sobretudo da baleia, do lobo – provavelmente lobo-marinho –, do coco e da mamona. Acendedores de lampiões, em geral trabalhadores escravos, realizavam diariamente a tarefa de acendimento.

Na Europa, a partir de 1784, o engenheiro escocês William Murdock (1754-1839) iniciou os estudos para utilizar o gás advindo da gaseificação do carvão como fonte de iluminação. Em 1802, no Soho, em Londres, seria feita a primeira experiência pública da queima desse gás para iluminação, por meio de dois abajures. Já em 1819 Londres contava com 288 milhas de dutos de distribuição de gás para prover 51.000 queimadores para iluminação de ruas.

Em 1831, o Rio de Janeiro, de um Brasil independente desde 1822, transfere da Intendência de Polícia para a Câmara Municipal da cidade a responsabilidade pelo serviço de iluminação. O Rio de Janeiro contava com 925 lampiões a “azeite”. Depois disso a responsabilidade pela iluminação pública teve diversas transferências de responsabilidade passando pela Polícia, Ministério da Justiça etc. e diversas tentativas de concessão dos serviços foram efetuadas, além de tentativas de migração para o gás como insumo energético.

Em 1850, Irineu Evangelista de Souza, futuro Barão de Mauá, conseguiu finalmente apresentar ao Ministério da Justiça uma proposta viável para iluminar a cidade com “gás hidrogênio carbonado”, garantido-lhe o monopólio da exploração da atividade por 25 anos.

Em 1852, no antigo Caminho do Aterrado, atual Avenida Presidente Vargas, foi iniciada a construção da fábrica de gás de carvão mineral, composta de dois gasômetros. Em 1854 o Barão de Mauá inaugurava a iluminação a gás, alimentada por uma rede de 20km de dutos de ferro. Cada combustor fornecia iluminação equivalente a seis velas de cera.

O Rio de Janeiro foi a primeira cidade brasileira a utilizar esse tipo de combustível, que passaria a ser o principal insumo energético para iluminação. Era obtido através de carvão mineral, importado da Inglaterra, e perdurou até as três primeiras décadas do século XX.

O poste era elemento essencial para levar o gás dos dutos até as luminárias, passando a ser parte da decoração da cidade, com seus desenhos em ferro fundido.

Os operadores realizavam as manobras diárias para o acendimento das luminárias a gás. Havia um registro que controlava a entrada de gás no combustor e uma vara especial, em cuja extremidade era atada uma esponja de platina que agia como catalisador, provocando a combustão do gás.

A iluminação a gás era um sucesso. Em 1857 foram instalados 3.027 combustores. A área central da cidade viria a ser rapidamente coberta. Uma vez que a rede de dutos para distribuição do gás existia e cobria grande parte dos logradouros, a utilização do gás começava gradativamente a servir também para fins de aquecimento. Para expandir os sistemas eram utilizadas redes subterrâneas.

Na virada para o século XX existiam na cidade do Rio de Janeiro, 14.579 combustores públicos para iluminação e 26.000 consumidores, mais de 500 km de tubulação e a Fábrica do Aterrado produzia cerca de 21 milhões de metros cúbicos de gás anualmente.

Após a descoberta do Petróleo nos EUA, em 1859, o uso do querosene, com chama mais intensa e menos fuligem começou a ganhar espaço. O lampião foi então a opção para as populações rurais e as mais carentes.

O gás teve seu apogeu no Rio de Janeiro em 1912, com registro de 22.440 combustores de iluminação pública. Em 1913 a iluminação a gás começou a ser substituída pela elétrica.

Em 1881 foi inaugurado no Jardim do Campo da Aclamação – hoje Praça da República – o primeiro trecho de iluminação pública alimentado a energia elétrica, com 16 lâmpadas a arco voltaico, alimentadas por dois dínamos, acionados por uma máquina a vapor. A dificuldade inicial dos sistemas alimentados a energia elétrica estava justamente na necessidade de implantação de um equipamento gerador para cada sistema a ser implementado, dada a inexistência de redes de distribuição de energia elétrica.

Registra-se então a instalação, em 1899, na cidade de São Paulo, da The São Paulo Railway, Light and Power Company Ltd. e, em 1904, da The Rio de Janeiro Tramway, Light and Power Company Ltd., de origem canadense.

Nos primeiros anos do século XX a capital Rio de Janeiro passaria por modernização empreendida pelo então prefeito Francisco Pereira Passos. A Avenida Central, atualmente Avenida Rio Branco, receberia a iluminação pública elétrica. A energia elétrica era gerada em uma pequena central térmica, localizada na Rua da Alfândega. No entanto, a incerteza com relação à possibilidade de falha da nova tecnologia levou à adoção de um sistema misto, ou seja, lampiões a gás e luminárias com lâmpadas elétricas a arco voltaico, utilizados lado a lado.

A Light viria a construir a Usina Hidrelétrica de Fontes, no ribeirão das Lajes, com uma potência instalada de 24 MW, a primeira hidrelétrica do Rio de Janeiro e uma das maiores do mundo na época. Todo o sistema de distribuição de energia elétrica era alimentado pela subestação Frei Caneca, inaugurada em 1907, no centro da cidade. Atendia cerca de 800.000 habitantes, recebendo inicialmente energia elétrica de uma termelétrica, também no ribeirão das Lajes.

Em 1911, a Light havia instalado 3.522 lâmpadas elétricas e a iluminação pública atingia 150 km de ruas. Havia 1.740 km de cabos de distribuição – aéreos e subterrâneos – alimentando 430 transformadores com uma capacidade instalada de 37 MW. Os consumidores de energia elétrica utilizavam cerca de 223.392 lâmpadas incandescentes e 1.739 lâmpadas a arco voltaico, além de ventiladores, motores etc. (MEMÓRIA, 2004).

A segunda etapa da Usina de Fontes foi feita entre 1912 e 1913 e com as duas novas máquinas a usina chegou a uma capacidade total de 49 MW.

Em 1929, a distribuição de energia elétrica para a cidade do Rio de Janeiro superava 410 GWh, dos quais 92 GWh (22%) eram destinados à iluminação pública.

Nas instalações privadas, a lâmpada incandescente substituiu gradativamente a iluminação a querosene ou a gás canalizado. O gás persistiria apenas para fins de aquecimento.

A lâmpada incandescente, desde sua invenção, em 1879, viria a passar por uma série de aperfeiçoamentos que a fariam tecnologia quase que absoluta para iluminação

durante a primeira metade do século XX. Em 1913, o filamento a carvão foi substituído pelo fio metálico enrolado em hélice que operava em atmosfera gasosa inerte. Este foi o salto para que as lâmpadas incandescentes passassem a operar com eficiência na faixa dos 20 lumens por Watt.

No Rio de Janeiro, as primeiras experiências com as lâmpadas incandescentes foram realizadas em 1915 e foram substituindo gradativamente as lâmpadas a arco voltaico. Havia na cidade neste período 9.428 lâmpadas elétricas e 22.088 combustores de gás.

Em 1920 estavam instaladas 10.846 lâmpadas elétricas e 10.785 combustores de gás. A partir deste ano as lâmpadas a arco voltaico da Avenida Rio Branco seriam substituídas por lâmpadas incandescentes de 400 velas cada. A cidade comportava mais de 1 milhão de habitantes.

Em 1930 havia 5.916 combustores de gás instalados, contra 20.262 postes com iluminação elétrica. A cidade tinha 1,4 milhão de habitantes.

Em 1933 foram desligados os últimos 490 lampiões a gás no Rio de Janeiro. Nesta mesma época a cidade recebeu o título de “cidade-luz sul-americana”, sendo reconhecida como uma das mais bem iluminadas do mundo e comparável, inclusive, com Paris. No Gráfico 2 é apresentada a evolução dos sistemas a gás e a energia elétrica, de 1857 a 1933, onde se pode observar como os sistemas a gás tiveram um pico de utilização em 1912 e que depois sua utilização foi se reduzindo até sua substituição total pelos sistemas a energia elétrica, por volta de 1933.

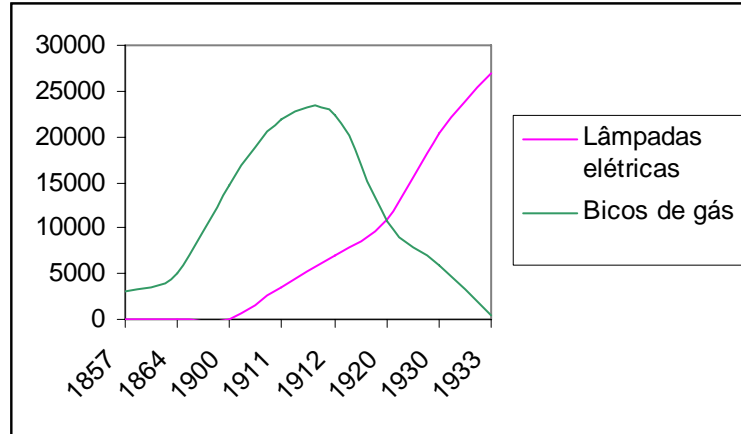


Gráfico 2: Evolução na Quantidade de Pontos de Iluminação Pública a Gás e a Energia Elétrica no Rio de Janeiro (de 1857 a 1933)

Fonte: Elaboração própria com dados de MEMÓRIA, 2004

Na década de 40, numa cidade de 2,2 milhões de habitantes, a iluminação assume grande importância, fator primordial para a segurança no tráfego noturno. O número de veículos crescia continuamente e as velocidades atingidas pelos mesmos também. Com uma boa iluminação das vias era possível reduzir consideravelmente o número de acidentes durante a noite.

Em 1950, o Rio de Janeiro era a cidade com a melhor iluminação do Brasil, com 5.160 logradouros iluminados com 42.470 pontos de luz. Nos últimos anos da década o governo determinou que a iluminação pública passaria a ser feita com lâmpadas fluorescentes, de eficiência mais elevada do que as incandescentes.

O fornecimento da energia elétrica ampliava-se incessantemente. Nas residências, o conforto estava associado ao consumo de energia elétrica, pelos diversos aparelhos eletrodomésticos que surgiam.

Em 1953, em caráter experimental, foram instaladas na Avenida Beira-Mar dez luminárias de fabricação nacional, equipadas com lâmpadas a vapor de mercúrio de 400W, substituindo as lâmpadas incandescentes existentes. As lâmpadas eram altamente eficientes para a época, possuíam vida útil mais longa e já possuíam luz agradável ao olho humano.

Na década de 50 o sistema de produção de energia elétrica do Rio de Janeiro produzia cerca de 20% de toda a energia elétrica gerada no Brasil, sendo superado apenas pelo sistema paulista.

Em Brasília, a estrutura de iluminação pública foi definida ainda na década de 50, pelo urbanista Lúcio Costa. As lâmpadas escolhidas foram as fluorescentes, as de mais alta eficiência luminosa para a época, montadas e projetadas de acordo com princípios bastante avançados da luminotécnica. Os conjuntos luminotécnicos foram então uma das características marcantes na nova capital. A luminária utilizada foi a Power Groove, de fabricação americana. As lâmpadas a vapor de mercúrio foram descartadas pelo urbanista Lúcio Costa, pois ainda estavam em fase de desenvolvimento, deixando a desejar quanto à reprodução de cores<sup>3</sup>. Os sistemas mais utilizados em outras regiões do país eram então de lâmpadas incandescentes equipadas com luminárias de baixa eficiência (CEB, 2004).

---

<sup>3</sup> Provavelmente Lúcio Costa julgou de baixa qualidade de reprodução de cores as lâmpadas de mais baixa potência, visto que as aplicações das fluorescentes para Brasília eram de 110W e 160W. No Rio de Janeiro as vapor de mercúrio de 400W apresentavam resultados satisfatórios e até elogiados na Avenida Beira-Mar, conforme relatado.



Eram comuns, em projetos específicos de iluminação, as luminárias decorativas, tipo coluna e tipo pendente através de cabos. Nas redes aéreas, a luminária tipo *Econolite*. Este tipo de luminária ficou conhecido em muitos locais como “chapéu chinês”, pela seu formato. A *econolite* era uma luminária aberta (desprovida de refrator) e cujo refletor era o próprio corpo da luminária, sem, portanto, proporcionar um aproveitamento otimizado do fluxo luminoso emitido pelas lâmpadas, ou seja, possuía baixo rendimento.

As lâmpadas fluorescentes começavam a surgir em projetos de iluminação pública. O exemplo mais representativo era um trecho da Avenida Brasil, no Rio de Janeiro. No entanto, essas lâmpadas apresentavam uma limitação técnica com relação à potência. Como se tratavam de lâmpadas de baixa pressão, a potência influía fortemente no tamanho do bulbo da lâmpada. As maiores lâmpadas fluorescentes, nessa época, mediam 2,44 metros com potência máxima de 215W.

Em Brasília, foram compradas inicialmente dez mil luminárias tipo Power Groove, fabricadas nos EUA: um modelo para 02 lâmpadas fluorescentes de 110 Watts e 4 pés de comprimento (1,22 metros), e outro para 02 lâmpadas fluorescentes de 160 Watts e 6 pés de comprimento (1,83 metros). Essas luminárias foram utilizadas, primeiramente, nos Eixos Rodoviário Sul e Monumental, Avenida W/3 Sul e alguns comércios locais de Brasília. Já a iluminação das cidades satélites foi inicialmente realizada com lâmpadas incandescentes (CEB, 2004).

Em 1960, o urbanista Lúcio Costa, através de carta, encaminhou ao arquiteto Oscar Niemeyer as recomendações que deveriam ser adotadas na Iluminação Pública de Brasília, transcritas abaixo:

“1- A pista central do eixo rodoviário - residencial não será arborizada e terá iluminação contínua, alternada, de ambos os lados, para que se defina como parte essencial que é do arcabouço urbano.

2- Nas pistas laterais destinadas ao tráfego local do mesmo eixo, os trechos mortos entre os acessos de cada unidade ou área de vizinhança, (composta de 4 super-quadras), terão iluminação apenas do lado das quadras, portanto "amortecida", não somente porque no lado externo não haverá transeuntes, como porque se deseja evitar repetição inaceitável de 06 filas de postes convergentes dois a dois. Será de ambos os lados apenas nas entradas das super-quadras que poderão ser assim identificadas de longe à noite. Durante o dia serão pela arborização prevista para o local.

3- As curvas em rampa para o acesso às quadras não devem ter posteamento senão nos níveis de início e chegada. Ficará muito mal a posteação a meia altura. Tratando-se de curvas de mão única e raio contínuo, não vejo inconveniente na atenuação luminosa, uma vez que o conjunto da área é suficientemente iluminado. Se a experiência futura o exigir, dever-se-á recorrer à iluminação baixa de simples balizamento.

4- Nos eixos de acesso entre-quadras os postes devem ser menores e a iluminação menos intensa, uma vez que será complementada pela iluminação das vitrines das próprias lojas e respectivos letreiros luminosos.

5- Nas pracinhas centrais de distribuição às quadras, os postes não podem estar no eixo conforme figura na planta, bloqueando a vista da igreja ou da escola, e sim um de cada lado.

6- No interior das super-quadras, o critério é garantir atmosfera recolhida e íntima; a iluminação deve ser discreta, com postes baixos e luminárias cegas do lado dos edifícios, a fim de não ofuscá-los, e deverá ser desigual, com áreas de iluminação amortecida próprias ao colóquio e ao namoro caseiro.

7- A via de comércio W/3 não deve ser intensamente iluminada como está projectado. Trata-se de via secundária. A importância indevida que lhe vem sendo atribuída é lamentável; decorre apenas de incompreensão pela circunstância de ser a primeira área aproveitada para fins comerciais. A iluminação dela deverá ser estabelecida em função da cidade já pronta, obedecendo, portanto, a determinada hierarquia. Os postes deverão ser menores e a iluminação deverá contar muito menos que a do eixo rodoviário, tanto mais que será intensificada, como no caso do comércio local das entre - quadras, pela dos letreiros e vitrines.

8- Nas pistas de mão única na esplanada dos ministérios, a iluminação posteadada será de um lado apenas, isto é, do lado da faixa central gramada; do lado oposto as empenas dos edifícios serão iluminadas por projectores dispostos de costas para direcção do tráfego, iluminação esbatida em sentido decrescente de baixo para cima; os pavimentos térreos dos próprios edifícios serão iluminados na proporção devida a fim de assegurar o efeito geral desejado.

9- Na Praça dos Três Poderes prevalecerá critério dramático, deliberadamente teatral. Para tanto não haverá posteamento. O procurado efeito será obtido recorrendo-se à iluminação dos próprios edifícios com projectores (flood-light) e do espelho d'água, bem como à iluminação parcial interna do Anexo. Futuramente o fórum de palmeiras imperiaes também deverá ser iluminado com projectores. A sensação será de suspense e serena grandiosidade.

10- Dentro de alguns anos, o ponto mais intensamente iluminado da cidade será a plataforma do Setor Social e de Diversões, no cruzamento dos eixos monumental e rodoviário - residencial, devido aos extensos paredões destinados à fixação de anúncios e propaganda luminosa." (*apud* CEB, 2004)

Em 1963 o Rio de Janeiro contava com 59.264 lâmpadas. A maioria era incandescente, em segundo lugar cerca de 5.000 fluorescentes e, em terceiro, 88 lâmpadas a vapor de mercúrio instaladas na Avenida Beira-Mar.

Na década de 60, o Aterro do Flamengo adotou 106 postes de 45 metros de altura com seis lâmpadas a vapor de mercúrio de 1.000 W cada. A solução permitia ampla cobertura luminosa.

Nesta época foram utilizadas em larga escala as lâmpadas a vapor de mercúrio e de novas tecnologias, tal como a vapor de sódio de alta pressão, que viria mais tarde a se firmar como a mais indicada para iluminação de vias públicas em larga escala, dada sua elevada eficiência na produção da luz.

A partir de 65 a Comissão Estadual de Energia – CEE da Guanabara, juntamente com a Light, coordenou a conversão da frequência do sistema elétrico do Estado da Guanabara, de 50 para 60 Hz, de forma a adequá-lo ao Plano Nacional de Eletrificação e diminuir fatores técnicos que atravancavam a implantação de indústrias no Rio de Janeiro. A CEE, de 1970 a 74, elevou de 477 para 1.344 o número de logradouros com iluminação por lâmpadas a vapor de mercúrio. Em quatro anos, substituiu cerca de 27.700 lâmpadas incandescentes pelas a vapor de mercúrio. A cidade assistiu à substituição de boa parte da iluminação incandescente pela iluminação a vapor de mercúrio (MEMÓRIA, 2004).

Em 1966, o Banco do Brasil resolveu iluminar a SQS 114 e a SQS 308 de Brasília, utilizando a luminária "Taco de Golfe", com 01 lâmpada fluorescente Power Groove, de fabricação da General Electric, de 110 Watts, primeiro projeto com esta luminária.

Em 1971, foi feita a iluminação da pista entre o Aeroporto e a Península dos Ministros, com algumas das primeiras luminárias com lâmpada a vapor de mercúrio de 400 Watts.

Em 1972, para melhorar o nível de iluminação dos Eixos Monumental e Rodoviário, foi utilizada a luminária Power Groove, para 04 lâmpadas fluorescentes de 160 Watts e 6 pés de comprimento (1,83 metros), montadas em poste de aço de 9,0 metros no Eixo Rodoviário Sul, ou montadas em postes de aço de 9,0 metros no Eixo Monumental, cuja inauguração ocorreu no dia 21 de abril de 1972.

A partir de 1972, segundo a CEB (2004), “não houve mais condições para importação de qualquer tipo de luminária”. Conseqüentemente, a manutenção da iluminação pública, em termos de lâmpada, luminárias e reatores importados, foi tornando-se cada vez mais difícil. Até mesmo a iluminação interna de super-quadras, que usava luminárias Taco de Golfe nacional mais reator e lâmpada Power Groove de 4 pés teve que ser reformulada, passando a usar-se lâmpada fluorescente comum de 40 Watts.

A Iluminação Pública de Brasília passou, então, por drástica reformulação, com uma redução gradativa da iluminação fluorescente das vias de Brasília, começando-se da periferia para as vias mais centrais. Houve o uso generalizado de luminárias nacionais com lâmpadas a vapor de mercúrio de 250 e de 400W, de cor corrigida, com a justificativa de que a iluminação da cidade melhorava qualitativa e quantitativamente. Introduziu-se uma luminária com uma lâmpada VM 250W na iluminação de super-quadras substituindo a luminária Taco de Golfe, mantendo-se, entretanto, o poste de aço reto de 4 metros de altura. Intensificou-se o uso do novo padrão de poste de aço, escalonado, curvo, de 10 metros de altura, compatível com luminária VM 400W, que passou a ser usado nas

Estradas – Parque. Utilizava-se o poste de concreto reto, cônico contínuo de 16 metros, com luminárias de três pétalas, cada uma com duas lâmpadas VM 400W, generalizou-se, inicialmente nas cidades satélites e, em seguida, em algumas vias do Plano Piloto: L2 Sul e L2 Norte. O uso intenso desse padrão pode ser confirmado hoje, por exemplo, em algumas Estradas - Parque e nas Áreas Centrais de Brasília, onde a luminária tipo pétala está substituindo gradativamente a luminária Power Glow Model III, de 4000 Watts, a vapor de mercúrio.

A substituição de equipamentos importados por equivalentes nacionais encerrou-se praticamente em 1978, quando foi concluído pelo Governo do Distrito Federal o Plano Bienal de Iluminação Pública, chamado IP - 78, que contemplava a instalação de 15.000 novos pontos de luz no Distrito Federal e a substituição total das luminárias fluorescentes restantes nos Eixos Monumental e Rodoviário, nas Vias W/1, W/3, W/4, W/5 e L/1 e nos Setores Comerciais Locais (CEB, 2004).

Em julho de 1975, no Rio de Janeiro, a CEE era responsável pela instalação e manutenção de 33 mil pontos de luz, enquanto a Light ainda mantinha o controle sobre 90 mil lâmpadas incandescentes espalhadas por 11 mil ruas da cidade. Nesta época foi dado início ao uso da lâmpada a vapor de sódio. A primeira utilização foi na ponte Rio-Niterói.

Na década de 80, segundo estatísticas da Prefeitura, a iluminação pública, depois do asfaltamento e saneamento, era uma das principais reivindicações da população. A Comissão Municipal de Energia – que substituiu a CEE em 75, após a extinção do Estado da Guanabara – era responsável pela iluminação a vapor de mercúrio de 7 mil logradouros (140 mil pontos) e a Light mantinha 5 mil logradouros iluminados por lâmpadas incandescentes (50 mil pontos) (MEMÓRIA, 2004).

Em Brasília, na década de 80 foi introduzida, gradualmente, a iluminação a vapor de sódio alta pressão. Inicialmente foram utilizadas chamadas lâmpadas intercambiáveis, as lâmpadas VS 225 Watts e VS 360 Watts, de fabricação da Sylvania, que substituíam diretamente as lâmpadas VM 250 Watts e VM 400 Watts, respectivamente, sem a necessidade de substituição de reatores e luminárias (por isso o nome intercambiáveis) (CEB, 2004).

Com essas inovações, iniciaram-se as medidas de conservação de energia em iluminação pública, que, desde então, têm sido observadas em projetos novos e de modernização.

Tais mudanças objetivaram, também, atualizações dos níveis de iluminância dos diversos tipos de vias de Brasília e das Cidades Satélites. Os níveis adotados, a partir dessa época, foram os seguintes: - Vias principais de intensa circulação: 15 a 20 lux - Vias de grande circulação: 8 a 15 lux -Vias de média circulação: 4 a 8 lux -Vias em conjuntos residenciais: 2 a 5 lux. No período de 1990 a 1994, foram construídas pelo Governo do Distrito Federal as Cidades - Assentamentos, com a finalidade de abrigar famílias de baixa renda (CEB, 2004).

No Rio de Janeiro, na década de 90, os 40 mil pontos de luz com lâmpadas incandescentes foram repassados pela Light à Companhia Municipal de Energia e Iluminação – Riolum, criada em 1990. A Riolum administrava em 2004 um parque de cerca de 380 mil pontos de iluminação pública, o qual vem usando progressivamente mais lâmpadas a vapor de sódio e multivapores metálico, de mais elevada eficiência. As multivapores metálicos são utilizadas em aplicações específicas, pois possuem elevado

índice de reprodução de cores, mas seu custo é extremamente elevado. A composição atual do parque de iluminação pública da cidade do Rio de Janeiro é apresentada na Tabela 2 a seguir. Observa-se uma equivalência entre tecnologias a vapor de mercúrio e vapor de sódio e ainda uma participação significativa das multivapores metálicos. Já com relação a outras tecnologias a participação é marginal.

Tabela 2: Composição do Parque de Iluminação Pública da Cidade do Rio de Janeiro referente ao ano de 2003

<b>Tipo de lâmpadas</b>	<b>Quantidade</b>
Vapor de mercúrio	177.058
Vapor de sódio	172.732
Multivapores metálicos	19.559
Incandescente	1.465
Mista	5.931
Fluorescente	268
TOTAL	377.013

Fonte: Eletrobrás, 2004b

Após 1994, foi significativa a destinação de recursos financeiros no Distrito Federal para intensificar-se a conservação de energia e reduzir-se a despesa com o consumo de energia elétrica na iluminação pública, de responsabilidade do Governo do Distrito Federal (CEB, 2004).

Nos últimos projetos de melhoria apresentados pela Companhia Energética de Brasília (CEB) à Eletrobrás para obtenção de financiamento, era proposta a substituição



gradativa de sistemas existentes por outros mais modernos e eficientes. Os projetos<sup>4</sup> compreendiam a substituição:

- de luminária com lâmpada vapor de mercúrio de 125 Watts por luminária com lâmpada vapor de sódio de 70 ou de 100 Watts.

- de luminária com lâmpada vapor de mercúrio de 250 Watts por luminária com lâmpada vapor de sódio de 150 Watts.

- de luminária com lâmpada vapor de mercúrio de 400 Watts por luminária com lâmpada vapor de sódio de 250 Watts.

- de luminária tipo pétala com 02 (duas) lâmpadas vapor de mercúrio de 400 Watts por luminária tipo pétala com 01 (uma) lâmpada vapor de sódio de 400 Watts.

### **2.3 Marco Legal**

Neste item serão descritos os tópicos legais pertinentes. A atribuição de responsabilidades, o modo de prestação do serviço de iluminação pública e considerações sobre as receitas municipais.

#### *Responsabilidade pela Prestação do Serviço de Iluminação Pública*

As primeiras geradoras de energia elétrica no Brasil surgiram entre o final do século XIX e o início do século XX. O objetivo dessas primeiras geradoras era o

---

<sup>4</sup> Os projetos elaborado pela Cia. Energética de Brasília (CEB) foram analisados pelo autor quando trabalhou no Programa Reluz da Eletrobrás (de 2003 a 2005).

atendimento dos serviços municipais de iluminação pública. As concessões referentes à energia elétrica estavam na esfera municipal, pois, até as primeiras décadas do século XX, a energia elétrica não tinha a elevada influência que tem atualmente sobre a atividade econômica, mas se limitava a fornecer iluminação pública ou doméstica para as cidades (BARBOSA, 2000).

A partir dos anos 30 há predominância do regime estatizante, em particular no período referente ao Estado Novo (1937/45). O Código de Águas de 1934 decreta a União como poder concedente dos serviços de energia elétrica em substituição aos estados e municípios e obriga a adaptação dos contratos de concessão existentes ao novo código (BARBOSA, 2000).

Até 1934 o fornecimento de energia elétrica era considerado uma atividade privada, exercida mediante contratos de concessão celebrados diretamente com os municípios. Depois da Constituição de 1934 e do Código de Águas, a atividade passou a ser tratada como serviço público.

No entanto, a prestação do serviço de iluminação pública continuou na esfera municipal, conforme o artigo 8º do Decreto Lei nº 3.763, de 25/04/1941:

“Art. 8 – O estabelecimento de redes de distribuição e o comércio de energia elétrica dependem exclusivamente de concessão de autorização federal.”

“Parágrafo único – Os fornecimentos de energia elétrica para serviços de iluminação pública, ou para quaisquer serviços públicos de caráter local explorados pelas municipalidades, serão regulados por contratos de fornecimento entre estas e os concessionários ou contratantes, observando o disposto nos

respectivos contratos de concessão ou de exploração, celebrados com o Governo Federal, para distribuição de energia elétrica na zona em que se encontrar o município interessado.”

Dessa forma, o decreto definiu a União como poder concedente dos serviços de energia elétrica do país e estabeleceu a obrigatoriedade de celebração de contratos entre os municípios e as concessionárias, para prestação dos serviços de iluminação pública, sendo ainda o primeiro marco legal definindo a iluminação pública como um serviço público de competência dos municípios (CODI, 1984).

Atualmente, o Artigo 30 da Constituição brasileira estabelece as competências dos municípios, conforme apresentado a seguir:

“Art. 30. Compete aos Municípios:

- I - legislar sobre assuntos de interesse local;
- II - suplementar a legislação federal e a estadual no que couber;
- III - instituir e arrecadar os tributos de sua competência, bem como aplicar suas rendas, sem prejuízo da obrigatoriedade de prestar contas e publicar balancetes nos prazos fixados em lei;
- IV - criar, organizar e suprimir Distritos, observada a legislação estadual;
- V - organizar e prestar, diretamente ou sob regime de concessão ou permissão, os serviços públicos de interesse local, incluído o de transporte coletivo, que tem caráter essencial;
- VI - manter, com a cooperação técnica e financeira da União e do Estado, programas de educação pré-escolar e de ensino fundamental;

VII - prestar, com a cooperação técnica e financeira da União e do Estado, serviços de atendimento à saúde da população;

VIII - promover, no que couber, adequado ordenamento territorial, mediante planejamento e controle do uso, do parcelamento e da ocupação do solo urbano;

IX - promover a proteção do patrimônio histórico-cultural local, observada a legislação e a ação fiscalizadora federal e estadual.”

Como a iluminação pública é considerada como um serviço público de interesse local, pelo inciso V, cabe aos municípios a responsabilidade pela prestação deste serviço.

Antes das privatizações ocorridas a partir de 1996, grande parte dos sistemas de Iluminação Pública (IP) era mantida pelas concessionárias de distribuição. Após a privatização, muitas delas não tiveram interesse na continuidade de administração dos sistemas de IP, provavelmente para se concentrarem no seu negócio, venda de energia e gestão das redes de energia elétrica. Com isso, muitas distribuidoras transferiram para os municípios os parques de IP. A deficiência e a falta de experiência dos municípios na manutenção dos sistemas, em alguns casos, podem ter gerado piora na gestão do parque de iluminação pública<sup>5</sup>.

#### *Modo de Prestação do Serviço de Iluminação Pública*

---

<sup>5</sup> Diversas observações aqui relatadas puderam ser constatadas pelo autor em municípios que visitou, durante os dois anos (2003-2005) em que atuou como representante da Eletrobrás realizando supervisões físicas dos programas de melhoria e expansão dos sistemas de iluminação pública em todo o Brasil.

Observam-se atualmente as seguintes alternativas para prestação dos serviços de iluminação pública:

- 1) As instalações de iluminação são de responsabilidade dos municípios e de sua propriedade: nesse caso o município pode prestar o serviço diretamente ou através de uma empresa contratada, que pode inclusive ser a concessionária;
- 2) As instalações de iluminação pública são de responsabilidade da concessionária de energia elétrica, até a reversão no fim da concessão, se houver.

No caso 1, a instalação é de propriedade do município, todas as despesas relativas a prestação do serviço deverão ser arcadas pelos municípios, ou seja, as despesas relativas a instalação, operação, manutenção e consumo de energia elétrica.

Já no caso 2, a instalação é de responsabilidade da concessionária de energia elétrica, que obteve do município a concessão para prestação dos serviços de iluminação pública. Devem ficar definidas em contrato as condições para exploração dos serviços, principalmente quanto à propriedade das instalações após o prazo de concessão. A tarifa de energia elétrica cobrada pela concessionária ao município é um pouco mais elevada do que no caso 1, justamente prevendo uma parcela para, além de cobrir os custos associados ao consumo de energia elétrica, contemplar instalação, operação e manutenção dos sistemas.

## Receitas Municipais

O Município brasileiro dispõe de várias fontes de receitas, onde busca captar os recursos financeiros necessários à realização de seus serviços e obras. No Quadro 2, a seguir, são apresentadas as receitas tributárias municipais.

### Quadro 2: Receitas Tributárias

<p>Tributos de competência municipal:</p> <p>I - Impostos sobre:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>- propriedade predial e territorial urbana;</li><li>- transmissão <i>inter vivos</i>, a qualquer título, por ato oneroso, de bens imóveis, por natureza ou acessão física, e de direitos reais sobre imóveis, exceto os de garantia, bem como cessão de direitos à sua aquisição;</li><li>- serviços de qualquer natureza, não compreendidos os serviços de transporte interestadual e intermunicipal e de comunicação, definidos em lei complementar;</li></ul> <p>II - Taxas arrecadadas:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>- em razão do exercício do poder de polícia;</li><li>- pela utilização, efetiva ou potencial, de serviços públicos específicos e divisíveis, prestados ao contribuinte ou postos a sua disposição;</li></ul> <p>III - Contribuição de melhoria, decorrente de obras públicas.</p> <p>IV - Contribuição para custeio do serviço de iluminação pública, Emenda Constitucional nº 39/2002.<sup>6</sup></p>
--

Fonte: IBAM, 2004

---

<sup>6</sup> A contribuição para o custeio do serviço de iluminação pública teve de ser introduzida por emenda constitucional por não se enquadrar em nenhuma das outras três espécies de tributos discriminadas na Constituição.

Dessa forma, as receitas tributárias de competência municipal são resumidas em impostos, taxas, contribuição de melhoria e contribuição para iluminação pública.

A contribuição para custeio do serviço de iluminação pública foi homologada pela Emenda Constitucional nº 39/2002 e gerou enorme polêmica.

Antes da existência da referida classe de tributos, diversos municípios instituíam taxas de iluminação pública com base em critérios próprios de cobrança. Alguns problemas eram identificados, notadamente os de base constitucional, visto que as taxas podem ser cobradas “de serviços públicos específicos e divisíveis, prestados ao contribuinte ou postos a sua disposição”. A iluminação pública não é facilmente mensurável e sua utilização não é divisível pelos usuários (BARBOSA, 2000).

Segundo Francisco (2002), nada mais justo do que a cobrança de taxas somente quando os serviços são específicos (são prestados especificamente a determinados usuários) e divisíveis (podem-se apurar as parcelas que cada um solicitou do serviço público). Quando o serviço é genérico ou indivisível, não se podendo identificar precisamente a quem o serviço foi prestado ou a parcela a ser paga por cada usuário do serviço, o custo do serviço deve ter origem no orçamento geral, que é dado pelos impostos.

Além disso, a cobrança pelos serviços de iluminação pública poderia conter dupla ilegalidade constitucional, caso além da cobrança de taxa – já caracterizando a inconstitucionalidade – a base de cálculo fosse baseada no consumo de energia elétrica, ou seja, a mesma base de cálculo de outros impostos, tal como o Imposto sobre Circulação de Mercadorias e Serviços (ICMS) que incide sobre as contas de energia

elétrica. Conforme especificado no parágrafo segundo do Art. 145 da Constituição que define as taxas, “as taxas não poderão ter base de cálculo própria dos impostos”, ou seja, a cobrança do imposto com determinada base de cálculo exclui a possibilidade de cobrança de taxa que utilize a mesma base (BARBOSA, 2000).

Igualmente considerada inconstitucional seria a cobrança da taxa de iluminação pública com base no comprimento da testada ou na área dos imóveis, uma vez que o Imposto sobre Propriedade Predial e Territorial Urbana (IPTU) é calculado com base no valor venal do imóvel, através do valor padrão da área construída (BARBOSA, 2000).

A proposta de emenda constitucional foi repudiada pelos juristas, já que a contribuição para custeio da iluminação pública contraria princípios do direito tributário, pois as espécies de tributos discriminadas na Constituição derivam de uma longa experiência de procura da justiça tributária (FRANCISCO, 2002).

Mesmo assim, a solução encontrada foi a criação de uma quarta classe de tributos através de emenda constitucional. Além disso, apesar dos repúdios, em parágrafo único da emenda “é facultada a cobrança da contribuição a que se refere o ‘caput’, na fatura de consumo de energia elétrica”.

Os juristas questionam ainda a existência denexo causal entre o consumo particular de energia elétrica e a iluminação pública (FRANCISCO, 2002). Apesar disso, a emenda constitucional legitima a cobrança da contribuição para custeio da iluminação pública, com base na fatura de consumo de energia elétrica. A partir desta emenda diversos municípios têm implantado a cobrança da contribuição que, em geral através de convênios, é cobrada pelas concessionárias de energia elétrica com base nas faturas de



consumo de energia elétrica. Os critérios para a referida cobrança são definidos por legislação municipal, com base constitucional a partir da emenda realizada. Alguns exemplos de cobrança são apresentados numa pesquisa realizada com municípios da região nordeste (ver Anexo II).

#### **2.4 Medição, Tarifação e Custeio**

A seguir são apresentadas considerações sobre o período de funcionamento considerado para a cobrança da fatura de energia elétrica associada ao consumo dos sistemas de iluminação pública, sobre a tarifa de consumo de energia elétrica e sobre o custeio do serviço de iluminação pública.

##### *Convenção de Horas de Funcionamento dos Sistemas para Faturamento*

Os sistemas de iluminação pública funcionam essencialmente à noite, pois raros são os escurecimentos diurnos suficientes para que os sistemas sejam acionados. O horário de funcionamento varia em cada região, de acordo com sua posição no globo terrestre. Apesar de ser possível o cálculo exato de horas de duração das noites de cada dia para cada ponto geográfico, por praticidade convencionou-se a consideração de doze horas de funcionamento diárias.

O documento do Comitê de Distribuição CODI-05-01, de 1984, da Abradee – Associação Brasileira de Distribuidores de Energia Elétrica (CODI, 1984), mostra que é possível estabelecer-se um horário médio que compense as variações das estações do ano. O documento recomenda a utilização da média diária de doze horas na

determinação do consumo para efeito de faturamento, conforme consultas realizadas ao Instituto Astronômico e Geofísico da Universidade de São Paulo.

No Brasil, o faturamento das contas de consumo de energia elétrica associadas à iluminação pública é realizado pelas concessionárias de distribuição de energia elétrica, em geral através de cadastro dos pontos de iluminação pública dos municípios. Esse cadastro conta com as quantidades de pontos segregados por tipo de tecnologia utilizada nas lâmpadas e potência. Efetua-se o faturamento para as prefeituras com base em estimativas de consumo, considerando-se 12 horas de operação diárias. Utilizando essas premissas, cerca de 3,5% do consumo de energia elétrica atualmente faturado pelas distribuidoras no Brasil é destinado à IP.

O ideal seria se ter, para cada ponto geográfico, o número exato de horas a serem consideradas para cada dia do ano para o faturamento. Esse número seria então somado com períodos eventuais suplementares onde ocorressem escurecimentos diurnos em função de fenômenos meteorológicos e ter-se-ia o número real de horas de funcionamento dos sistemas.

No entanto, embora seja possível calcular-se o horário de nascer e ocaso do sol para cada latitude e longitude, por razões de simplificação foi estabelecida uma média de 12 horas diárias, que compensaria as variações decorrentes das estações do ano, incluindo o período noturno e uma folga que comportaria eventuais escurecimentos diurnos.

Foi realizado um levantamento, através de documentos do Observatório Nacional, para determinar o tempo médio de escuridão ao longo do ano de 2005 para 4 latitudes

consideradas representativas para o Brasil, abrangendo todo o território. A longitude foi fixada como sendo a de Brasília (47°55'). Foram então identificados os horários de nascer e ocaso do sol . Os resultados estão dispostos na Tabela 3 a seguir.

Tabela 3: Tempo Médio Diário de Escuridão para Latitudes Representativas do Brasil

Latitudes	Duração média noturna	Duração noite mais longa	Duração noite mais curta
+10° NORTE	11h52min	12h28	11h17
-10° SUL	11h53min	12h28	11h18
-20° SUL	11h54min	13h05	10h39
-35° SUL	11h51min	14h12	9h29

Fonte: Elaboração própria a partir de dados do Observatório Nacional, 2005 ([www.on.br](http://www.on.br))

Observa-se que, apesar de haver grande variação na duração das noites, isto é, os valores da noite mais longa e da noite mais curta terem uma extensa faixa de variação para cada latitude, a duração média das noites sofre uma pequena variação.

A Resolução nº 456 da Aneel estabelece o critério de cobrança do consumo da iluminação pública com base em uma estimativa de 360 horas mensais, o que equivaleria a 4.320 horas anuais, pouco menos do que as 4.380 anuais que seriam obtidas com a estimativa de 12 horas diárias de operação dos sistemas.

### *Tarifação*

Para o segmento da iluminação pública, a tarifa média para o Brasil é de R\$ 147,64 / MWh. Quando comparada com a tarifa média praticada para o setor residencial, de R\$ 270,49, ou mesmo com a tarifa média global, de R\$ 197,35 (tarifas médias para 2004, Aneel 2005), observam-se os benefícios indiretos dos programas de eficiência na IP, obtidos através da economia de energia no segmento onde a tarifa é menos atrativa, e sem diferenciação horária, do ponto de vista das concessionárias. Ou seja, a economia de um kWh em IP poderia ser encarada como sendo uma oportunidade de fornecimento e venda deste mesmo kWh em outro segmento onde a tarifa seria mais alta. Poderia ser efetuada uma análise então da viabilidade de um programa de substituição, sob a ótica das concessionárias, pelo custo de oportunidade.

Para uma análise comparativa das tarifas deve-se observar a Tabela 4 a seguir com as médias para o ano de 2004.

Tabela 4: Tarifas Médias por Classe de Consumo - Regional e Brasil (R\$/MWh) - Tarifas referentes ao ano de 2004

<b>Classe de Consumo</b>	<b>Norte</b>	<b>Nordeste</b>	<b>Sudeste</b>	<b>Sul</b>	<b>Centro - Oeste</b>	<b>Brasil</b>
<b>Residencial</b>	244,84	220,93	287,40	274,16	261,55	270,49
<b>Industrial</b>	100,13	105,09	145,30	152,15	165,37	137,11
<b>Comercial</b>	217,83	227,53	243,30	235,29	246,45	238,50
<b>Rural</b>	172,40	141,18	165,96	145,74	159,23	154,29
<b>Poder Público</b>	242,11	245,39	247,08	251,34	260,13	248,15
<b>Ilumin. Pública</b>	<b>146,62</b>	<b>140,15</b>	<b>154,52</b>	<b>140,48</b>	<b>142,53</b>	<b>147,64</b>
<b>Serviço Público</b>	153,45	137,77	143,82	153,82	146,22	144,48
<b>Consumo Próprio</b>	237,03	245,18	116,37	129,78	280,66	143,07
<b>Tarifa Média Total</b>	173,67	163,75	208,20	197,58	217,75	197,35

Fonte: Aneel, 2005

Pela Resolução n.º 456/2000 da Aneel, no Artigo 32, é mencionado que “no caso de fornecimento destinado para iluminação pública, efetuado a partir de circuito exclusivo, a concessionária deverá instalar os respectivos equipamentos de medição quando solicitados pelo consumidor”. Apesar disso, em geral, o faturamento é efetuado através dos dados cadastrais (com base na potência das lâmpadas). Caso a alternativa de medição seja adotada de forma mais abrangente em circuitos de IP exclusivos, as informações cadastrais não serão mais necessárias para o faturamento e poderá então haver perda dessas informações, fato que vem gerando preocupação na composição dos próximos levantamentos nacionais de IP.

### *Tarifas B4a e B4b*

Quando a concessionária é quem presta o serviço de iluminação pública, a tarifa é acrescida de uma parcela associada à manutenção dos sistemas. Pela Resolução n.º 456/2000 da Aneel a tarifa acrescida do encargo é chamada de B4b e o ponto de entrega é considerado como sendo o bulbo da lâmpada. Já quando o ponto de entrega for a conexão do sistema de distribuição da concessionária com as instalações de iluminação pública e conseqüentemente o acervo for de propriedade da Prefeitura, a tarifa é denominada B4a.

### *Custeio da Iluminação Pública*

O tributo para custeio da iluminação pública no Brasil pode fomentar uma maior organização dos núcleos de IP das prefeituras e também viabilizar melhoria da qualidade de prestação do serviço. A Contribuição para IP – CIP foi implementada através de emenda constitucional, pois criou uma nova classe de tributos na Constituição Federal, específica para iluminação pública. Apesar de ter sido alvo de manifestações dos defensores do direito tributário na sua essência, foi a forma encontrada pelo legislativo para respaldar as prefeituras municipais na instituição de tal tributo.

A questão dos tributos para financiamento da iluminação pública não é novidade. Em Nova Iorque, em 1762, a administração da cidade instituiu um tributo para subsidiar a instalação de lâmpadas, os agentes de manutenção necessários e o consumo de óleo (CLDC, 2005). Ou seja, observam-se outros casos onde existiu a necessidade de um tributo específico para determinada parcela de recursos fosse direcionada unicamente para a prestação dos serviços de iluminação pública.

No caso brasileiro, conforme apresentado no item 2.3, a Constituição Federal define a contribuição para custeio da iluminação pública. Essa definição respalda os municípios na elaboração de legislação municipal instituindo a Contribuição e o detalhamento da forma de cobrança.

## **2.5 Conclusões**

A iluminação pública foi o estímulo inicial para três grandes indústrias energéticas mundiais. A indústria do petróleo, inicialmente fornecendo querosene para iluminação e as indústrias de rede, inicialmente a do gás e posteriormente a da energia elétrica.

A lâmpada com filamento incandescente inventada por Thomas Edison em 1879 viria a se tornar o paradigma para produção de luz por mais de 50 anos.

Um dos primeiros serviços energéticos viabilizados a partir da energia elétrica foi a iluminação pública. A partir de então progressivamente os sistemas de iluminação a combustível foram sendo substituídos.

A capital Brasília experimentou inovações tecnológicas, tal como o uso em grande escala lâmpadas de descarga, que tiveram papel importante na modernização do parque nacional de rumo à maior eficiência nos sistemas de IP.

O fornecimento de energia elétrica passou da competência municipal para a esfera federal após o Código de Águas de 1934. No entanto a IP permaneceu na esfera municipal, por ser considerado serviço público de interesse local.

A estimativa de funcionamento de 12 horas diárias (4.380h/ano) parece razoável, de acordo com os dados do Observatório Nacional, para a duração das noites no Brasil. Os sistemas de IP na realidade funcionam pouco menos de doze horas e a cobrança, regulamentada pela Aneel, é feita adotando-se 4.320 h/ano.



### 3 Análise Tecnológica

#### 3.1 Conceitos Utilizados em Luminotécnica

Serão aqui apresentados e discutidos alguns conceitos básicos utilizados em luminotécnica que serão utilizados ao longo deste trabalho.

- fluxo luminoso de uma fonte luminosa: quantidade de luz produzida pela fonte, emitida pela radiação. É medido em lumens (lm);
- eficiência luminosa: relação entre o fluxo luminoso total emitido por determinada fonte e a potência da fonte. Por exemplo, para uma fonte de 100W que produz um fluxo luminoso de 1.470 lumens, tem-se uma eficiência luminosa de 14,7lm/W;
- iluminância: trata-se do fluxo luminoso incidente por unidade de área iluminada, medida em lux;
- luxímetro: instrumento utilizado para medição de iluminâncias;
- luminância: medida da luminosidade que um observador percebe refletido desta superfície, medido em candelas por unidade de superfície ( $\text{cd}/\text{m}^2$ );
- depreciação do fluxo luminoso: redução progressiva do fluxo luminoso das lâmpadas no decorrer de sua vida útil, além da redução da iluminância do sistema de iluminação (luminárias e lâmpadas) por acúmulo de poeira, oxidação etc.;
- índice de reprodução de cor (IRC): quantificação de 0 a 100 de uma fonte quando comparada com uma fonte padrão de referência da mesma temperatura de cor;
- temperatura de cor correlata (TCC): termo utilizado para descrever a cor de uma fonte de luz, medida em Kelvin. Em 1.500K a aparência é laranja/vermelho (cores quentes) e em 9.000K a aparência é azul (cor fria);
- vida mediana: tempo após o qual 50% das lâmpadas submetidas a um ensaio de vida atingem o fim de sua vida.

### **3.2 Tecnologias Atualmente Disponíveis**

Os sistemas de iluminação pública devem ser caracterizados não somente pela potência associada às lâmpadas, mas a todo o conjunto de iluminação que compõe a fonte luminosa.

Cada lâmpada tem capacidade de emitir determinado fluxo luminoso, expresso em lumens (lm). A energia elétrica é transformada em energia luminosa pela lâmpada, com determinado rendimento, em geral expresso em lumens por Watt (lm/W). A luz é produzida pela lâmpada de forma não direcionada, espalhada em todo seu entorno. Através do refletor interno das luminárias, a luz é refletida para ser direcionada ao plano de trabalho, passando depois pelo refrator. O refletor é uma superfície polida, em geral de alumínio. O refrator é uma lente de vidro ou de material polimérico, tal como o policarbonato.

As luminárias também apresentam rendimento, ou seja, a razão entre o fluxo efetivamente utilizado e o fluxo luminoso emitido pelas lâmpadas. Por exemplo, uma luminária com fator de utilização de 0,82, se estiver operando com uma lâmpada que produza um fluxo luminoso de 3.100 lumens, fornecerá um fluxo luminoso no plano de trabalho de 2.542 lumens (FUPAI, 2001).

As fontes luminosas tiveram evolução contínua. Os principais marcos são mostradas no Quadro 3 a seguir.

Quadro 3: Etapas Evolutivas da Produção de Luz Artificial

Ano	Fonte Luminosa	Observação
?	Descoberta do fogo	
500.000 a.C.	Fogueira	
200.000 a.C.	Tocha	dificuldade para manter
20.000 a.C.	Lâmpada a óleo animal	dificuldade para transportar
Séc. I	Vela de Cera	
1780	Vela de espermacete	óleo de baleia
1784	Lampião Argand	lampião com camisa
1803	Lampião a gás de carvão	gaseificação do carvão
1808	Lâmpada a arco voltaico	
1879	Lâmpada incandescente de carvão	inventor: Thomas Edison
1880	Lâmpada a arco voltaico controlado	
1901	Lâmpada a vapor de mercúrio baixa pressão	ainda alimentada em CC
1907	Lâmpada incandescente de tungstênio	
1908	Lâmpada a vapor de mercúrio alta pressão	alta radiação UV
1931	Lâmpada a vapor de sódio a baixa pressão	ainda alimentada em CC
1932	Lâmpada fluorescente	reprodução de cores inadequada
1941	Lâmpada de luz mista	
1955	Lâmpada vapor de sódio alta pressão	
1964	Lâmpada multivapores metálicos	
1980	Lâmpada compacta fluorescente	

Fonte: Adaptado de COSTA, 1998

As evoluções nem sempre tiveram o foco único na qualidade da luz. O consumo de energia elétrica sempre foi um limitador. Por exemplo, no caso das **lâmpadas a vapor de sódio**, amplamente utilizadas na iluminação pública atual, observa-se um elevado rendimento na produção da luz, mas com **índice de reprodução de cores deficiente**. Objetos iluminados por esse tipo de luz sépia tornam-se pouco expressivos ao olho humano, trazendo a sensação de ambiente melancólico para boa parte das pessoas.

Entretanto, para a iluminação de vias públicas, o índice de reprodução de cores deficiente é admitido, em favor de sua elevada eficiência que acaba resultando num baixo consumo de energia elétrica total se comparada com outras tecnologias.

Uma pesquisa realizada pela Eletrobrás (2006c) aponta para uma boa aceitação da cor “amarelada” das vapor de sódio. Foram consultadas 1.764 pessoas em locais onde o Programa Reluz foi implementado. A pesquisa mostra que somente 47% dos entrevistados notaram mudanças significativas na iluminação pública nos últimos anos, mas que para 88% “a cor das lâmpadas novas” (vapor de sódio) ficou melhor. No entanto, essa informação pode estar contaminada por uma melhora dos sistemas de iluminação pública como um todo. Ou seja, pode se estar comparando uma iluminação a vapor de mercúrio ou incandescente deficiente, já fisicamente depreciada, com qualidade degradada e até muitas vezes com pontos escuros, com uma iluminação a vapor de sódio nova, recém instalada. É igualmente questionável como somente 47% notaram a mudança na IP, mas 88% aprovaram a nova cor da luz.

As lâmpadas a vapor de sódio a baixa pressão, que são as mais eficientes atualmente disponíveis comercialmente, foram e ainda são aplicadas na Europa e EUA, na iluminação de rodovias, autopistas, vias de acesso a estações ferroviárias, pistas de

bicicletas (Holanda) etc. Porém, dado que sua luz monocromática (amarela) confere pouca sensibilidade ao olho humano, teve sua utilização limitada. No Brasil não há aplicação significativa deste tipo de tecnologia. O Quadro 4 a seguir apresenta as principais lâmpadas utilizadas atualmente na iluminação pública no Brasil, bem como suas principais características.

Quadro 4: Tipos de lâmpadas utilizados na iluminação pública

Características	Tipos de lâmpadas				
	Vapor de Sódio Alta Pressão	Vapor de Mercúrio	Multivapores Metálicos	Mista	Incandescente
Potência (W)	70 150 250 400	80 125 250 400	70 150 250 400	160 250 500	100 150 200
Eficiência luminosa (lm/W)	80 a 150	45 a 58	72 a 80	19 a 27	13 a 17
Vida Mediana (horas)	18.000 a 32.000	9.000 a 15.000	8.000 a 12.000	8.000 a 12.000	1.000
Equipamento auxiliar	Reator e Ignitor	Reator	Reator e Ignitor	Nenhum	Nenhum
Reprodução de cor (%)	22 a 25	40 a 55	65 a 85	61 a 63	100
Temperatura de Cor Correlata (K)	1.900 a 2.100	3.350 a 4.300	3.000 a 6.000	3.400 a 4.100	2.700

Fonte: Eletrobrás, 2004c

As lâmpadas a vapor de mercúrio a alta pressão firmaram-se como a única alternativa de substituição às lâmpadas de filamento incandescente até a década de 60, quando começaram a aparecer as lâmpadas a vapor de sódio a alta pressão. Ainda assim, as lâmpadas a vapor de mercúrio de alta pressão chegaram a ocupar, na década de 80, mais de 60% de participação como tecnologia para a iluminação pública no mundo (CODI, 1988). As lâmpadas MVM (multivapores metálicos) têm a sua aplicação limitada pela vida útil e preço.

Após os choques do petróleo, foram buscadas alternativas em todos os segmentos para redução do consumo de energia. Verificou-se, portanto, que as lâmpadas a vapor de sódio a alta pressão, nas altas potências, proporcionavam iluminação com um tipo de luz considerado satisfatório para vias públicas.

Além da maior eficiência das lâmpadas a vapor de sódio a alta pressão (VSAP), há outras diferenças entre estas em relação as lâmpadas a vapor de mercúrio (VM) que merecem destaque (com base em CODI, 1988):

- 1) a partida da lâmpada do tipo VSAP é precedida de um pico de tensão elevado, o que exige um maior nível de isolamento do soquete da lâmpada (o que em programas de melhoria de sistemas de iluminação pública já existentes pode exigir a troca do soquete dos sistemas ou mesmo das luminárias, mesmo que estejam em bom estado de conservação);
- 2) nas do tipo VSAP, faz-se necessário o uso de um ignitor — dispositivo auxiliar utilizado juntamente com o reator tendo o objetivo de gerar um pulso de tensão que possibilita o acendimento de lâmpadas multivapores metálicos e vapor de sódio alta pressão;

- 3) as do tipo VSAP convertem em radiação visível até 29,5% da potência total fornecida, enquanto que as do tipo VM atingem 14,7%;
- 4) as do tipo VM emitem 18,3% da potência total fornecida sob a forma de radiação ultravioleta, enquanto que as do tipo VSAP apenas 0,5%, o que confere às do tipo VSAP menor atração de insetos para as proximidades da luminárias e têm menores impactos sobre os ecossistemas locais;
- 5) as do tipo VSAP ao atingirem 80% da sua vida útil perdem 12% do fluxo luminoso, enquanto que as do tipo VM depreciam 20%;
- 6) Reacendimento – considerando uma interrupção no fornecimento de energia elétrica por menos de 5 segundos, a lâmpada VM leva de 3 a 4 minutos para a reignição e de 12 a 15 minutos para reatingir o fluxo nominal. Nas do tipo VSAP a reignição ocorre em 1 minuto e o fluxo nominal retorna após poucos segundos.
- 7) Aparência de cor – as do tipo VSAP possuem maior irradiação de luz na faixa do espectro do amarelo laranja, sendo que o índice de reprodução de cores é significativamente desfavorável em relação às do tipo VM.

Na seleção da tecnologia que será utilizada para fornecimento do fluxo luminoso (lâmpada) devem ser observados alguns aspectos. Os principais são a eficiência das lâmpadas, a vida mediana e a qualidade da luz. Cada um desses aspectos deverá estar adequado às condições do local a ser iluminado. Por exemplo, a iluminação pública com lâmpadas incandescentes já se tornou ultrapassada em função dos elevados custos de manutenção e baixa eficiência luminosa em relação a lâmpadas de descarga (VM e VSAP). As VM chegam a durar 10 vezes mais do que incandescentes e as VSAP até 30 vezes mais, o que representa índices de queima menores, com menor necessidade de intervenções para manutenção. Em localidades onde não haja equipes de atendimento para manutenção, os custos de cada intervenção podem ser significativos.

### *Condições de Operação*

O serviço de iluminação pública representa um dispêndio considerável no orçamento municipal. Para que o serviço atenda às necessidades para as quais foi projetado e compense as despesas decorrentes do seu funcionamento, os sistemas devem ser muito bem operados, para que funcionem com o máximo de eficiência e a iluminação possa contribuir com a segurança pública (CODI, 1984).

Alguns pontos essenciais devem ser considerados na operação dos sistemas:

- Os equipamentos devem funcionar com tensão adequada, pois o não atendimento às condições nominais das lâmpadas causa alterações na coloração da luz emitida e redução do fluxo luminoso, podendo não atender às necessidades mínimas requeridas e causar alteração da vida útil;
- Lâmpadas apagadas nas situações de escurecimentos podem ser evitadas através de inspeções, assim como lâmpadas acesas em dias claros;
- Luminárias devem ser lavadas periodicamente, pois o acúmulo de sujeira aumenta a absorção de luz e diminui o fluxo luminoso disponível no plano de trabalho;
- O serviço de iluminação pública deve ser operado em paralelo com os demais serviços urbanos, principalmente o de trânsito e o de parques e jardins, de forma que a segurança no tráfego e a arborização sejam planejados juntamente com os sistemas de iluminação pública.

### *LED's*

Os LED's (*Lighting Emitting Diodes*) ou diodos emissores de luz são uma das tecnologias de produção de luz mais sofisticadas atualmente disponíveis comercialmente.



O LED é um dispositivo semicondutor. Não possui filamentos nem eletrodos, o que lhe confere uma grande durabilidade, segundo Eletrobrás (2004c), de cinco a seis anos.

Atualmente há fabricantes de luminárias com LED's para iluminação pública, no entanto, ainda não se trata de tecnologia comercialmente aplicável devido a seus elevados custos de implantação e eficiência limitada.

Existe grande variedade de informações de fabricantes e os dados técnicos encontram grande variação. Segundo um fabricante (PHILLIPS, 2006), usualmente fala-se em 100.000 horas de vida útil, no entanto, o próprio fabricante sugere que se trata de uma afirmação pouco confiável e afirma que seu produto pode reter 70% da capacidade de produção de luz após 50.000 horas de funcionamento. Ainda segundo o mesmo fabricante, usualmente afirma-se que os LED's são a tecnologia mais eficiente atualmente disponível, no entanto, pondera que os LED's de luz branca possuem eficiência na produção de luz de apenas duas vezes as lâmpadas incandescentes, mas que a eficiência global do sistema de iluminação é favorecida porque os LED's são uma fonte pontual, o que auxilia no direcionamento da luz para o plano de trabalho.

Por exemplo, os LED's desse fabricante, na luz de cor branca, possuem eficiência de 15 a 25 lm/W, bastante reduzida se comparada com as tecnologias comercialmente disponíveis para IP, apresentadas no Quadro 4<sup>7</sup>.

---

<sup>7</sup> Documentos internos da Eletrobrás (2006b) apontam para eficiências da ordem de 95lm/W obtidas em laboratório, no entanto, não há garantias de que esse valor será alcançado comercialmente.

Os LED's não serão objeto de análise neste trabalho, mas são uma alternativa tecnológica possível para o futuro.

### **3.3 Normas Brasileiras Aplicáveis**

A NBR-5101 – Iluminação Pública: Procedimento, que entrou em vigor em 29 de outubro de 1992, é a norma brasileira que estabelece os requisitos básicos para iluminação pública.

As vias públicas são classificadas de acordo com sua natureza e função. Em função dessas características, são determinados os níveis mínimos de iluminância necessários para cada tipo de via.

Além disso, são determinados os níveis mínimos para o fator de uniformidade de iluminância, definido pela fórmula abaixo:

$$U = E_{\text{máx}} / E_{\text{média}}$$

onde:

U – representa o fator de uniformidade de iluminância

E - representa a iluminância (máxima e média)

Pela NBR-5101, os dois principais parâmetros de qualidade considerados são nível de iluminância média e fator de uniformidade de iluminância. Para cada classificação de via são recomendados valores médios mínimos de iluminância e de uniformidade. Esses valores devem ser levados em consideração nos projetos de iluminação pública.

Uma revisão da norma está atualmente em curso, dentre outras atualizações, traz a inclusão dos níveis de luminância necessários. Ou seja, não se limita aos níveis de luz incidente (iluminância), mas também considera os níveis de luz refletida pelo plano de trabalho, a superfície da via (luminância).

De forma geral, pode-se apresentar as seguintes normas brasileiras, que abrangem os componentes principais dos sistemas de iluminação pública:

- NBR 5101 - Iluminação Pública - Procedimento;
- NBR-IEC 60598 - Luminárias para iluminação pública - Requisitos particulares;
- NBR-IEC 662 - Lâmpadas Vapor de Sódio Alta Pressão;
- NBR-IEC 188 - Lâmpadas Vapor de Mercúrio Alta Pressão;
- NBR-IEC 1167 - Lâmpadas Multi Vapor Metálico;
- NBR 13.598 - Reatores e Ignitores para Lâmpadas VSAP;
- NBR 5125 - Reatores para Lâmpadas VMAP;
- NBR 5123 - Relé Fotoelétrico.

### **3.4 Conclusões**

Sob o aspecto tecnológico, a iluminação já experimentou importantes avanços tecnológicos, resumidos na transição da iluminação a combustível para a iluminação elétrica e posteriormente da lâmpada incandescente para as lâmpadas de descarga. O advento de novas tecnologias, tal como os LED's, com princípio de funcionamento bastante distintos, sugere que esta evolução será contínua e com evolução nos parâmetros básicos: eficiência, vida útil, qualidade da luz e facilidade de direcionamento

do foco luminoso, para uma melhor distribuição da luz no plano de trabalho. As normas para iluminação deverão acompanhar a inovação tecnológica de forma a restringir o uso às tecnologias de mais alto nível e com o compromisso com a qualidade.

## **4 Iluminação Pública – Aspectos Sócio-Ambientais**

### **4.1 A Questão Ambiental**

Há um significativo impacto da iluminação pública na vida terrestre. Nos seres-humanos boa parte destes impactos é percebida (e até muitas vezes questionada e contestada) e outra talvez ainda desconhecida. Alguns dos diversos impactos são a seguir apresentados e discutidos.

#### *A Poluição Lumínica*

As luminárias de iluminação pública direcionam a luz emitida pela lâmpada para o plano de trabalho, ou seja, a superfície das vias públicas. Contudo, parte desta luz é espalhada para a região superior à luminária e parte para as laterais. As luminárias mais eficientes direcionam a maior parte da luz para o plano de trabalho, reduzindo os espalhamentos, pois os mesmos não resultam em um serviço útil. Assim a função das luminárias é a de direcionar maior quantidade de luz para o plano de trabalho.

A chamada luz intrusa é a luz espalhada para as laterais e que invade locais adjacentes ao ponto luminoso. Essa luz pode causar desconforto nas edificações, que são então privadas da escuridão absoluta. Isto é, a luz intrusa invade as aberturas de edificações, tais como janelas e portas, clareando o interior das mesmas.

A luz espalhada para a atmosfera clareia os céus, causando uma falsa impressão de claridade natural nos ecossistemas e impedindo a observação de astros durante a

noite. Há diversas manifestações dos observadores dos céus descontentes com a redução do número de astros observáveis nos céus noturnos (SILVESTRE, 2005).

Dessa forma, existem ponderações a serem efetuadas para que a iluminação se limite a sua função principal e evite desconfortos ou impactos adicionais.

#### *Os Resíduos das Operações de Manutenção dos Sistemas de IP*

No mercado brasileiro de iluminação, as lâmpadas com maior eficiência luminosa (relação lumens/Watt) vem crescendo bastante nas últimas décadas. Para obter tal ganho de eficiência, a tecnologia mais aplicada consiste na utilização de mercúrio (Hg) nas lâmpadas de descarga, tais como as de vapor de mercúrio, vapor de sódio, multivapores metálicos e a fluorescente.

Segundo a *Abilux* (Associação Brasileira da Indústria de Iluminação), os setores público, industrial e de serviços correspondem por cerca de 86% do total de um volume de 80 milhões de lâmpadas comercializadas no Brasil em 2002. Este dado sugere que estes sejam os maiores geradores de descarte de lâmpadas tipo *High Intensity Discharge* - *HID* (vapor de mercúrio, vapor de sódio, mista e multivapores metálicos) e lâmpadas fluorescentes (*apud* Raposo, 2001).

As empresas, órgãos públicos e a população em geral desconhecem os efeitos adversos causados pelo mercúrio e não sabem como gerenciar os resíduos desse metal. Em 1998, 48,5 milhões de unidades de lâmpadas contendo mercúrio foram descartadas, com uma carga poluidora de cerca de uma tonelada de mercúrio, calculada com base numa média de 20,6 mg/lâmpada. No ano de 2000, esse descarte passou a 80 milhões

de unidades e este total vem crescendo, principalmente pela substituição de lâmpadas incandescentes por fluorescentes compactas mais eficientes, principalmente no setor residencial, incentivada por ocasião do racionamento de energia elétrica no Brasil em 2001 (Raposo, 2001).

Os resíduos de lâmpadas que contêm mercúrio requerem tratamento específico e não devem ser lançados livremente ao meio ambiente. Dentre as técnicas de tratamento de resíduos de lâmpadas, o destaque vai para a reciclagem, via tratamento químico ou térmico. Essa atividade, além de ser ambientalmente correta, possibilita, adicionalmente, a obtenção e reutilização de subprodutos (Raposo, 2001).

Os resíduos advindos das obras de manutenção ou modernização<sup>8</sup> dos sistemas de iluminação pública requerem cuidados especiais para que não haja contaminação do meio ambiente.

O elemento químico mercúrio ocorre naturalmente na natureza. Quando descartado no meio ambiente pelas atividades antropogênicas, pode causar sérios danos ecológicos e à saúde humana. Na natureza, é encontrado em pequenas quantidades nos mares, rochas e solo. Devidos às atividades naturais dos ecossistemas, tal como a erupção de um vulcão, o mercúrio pode ser carregado, circular na atmosfera e ser

---

<sup>8</sup> Denominam-se aqui “manutenção” intervenções nas redes de iluminação pública com fins corretivos ou preventivos. Denominam-se aqui “modernização” intervenções, em grande escala, com fins de padronização e substituição de tecnologias obsoletas, geralmente com elevados ganhos de eficiência redução da potência total instalada.

redistribuído no meio ambiente. As principais propriedades do mercúrio são apresentadas na Tabela 5 a seguir.

Tabela 5: Propriedades do Elemento Químico Mercúrio

<b>Propriedade</b>	<b>Comentários</b>
Único metal líquido na temperatura ambiente. Ponto de fusão a $-38^{\circ}\text{C}$ (235K)	Evoca a curiosidade dos humanos
Evapora facilmente. Ponto de ebulição a $357^{\circ}\text{C}$ (630K)	O vapor de mercúrio pode ser extremamente perigoso se inalado
Elevada densidade, ainda que fluido, de $13,546\text{ gm/cm}^3$	Pequenas porções têm elevado peso e movem-se facilmente. Propriedade útil na medicina
Bom condutor de energia elétrica. Resistividade elétrica de $98,4\ \mu\text{ohm.cm}$ (como referência a do cobre é de $1,67\ \mu\text{ohm.cm}$ )	Usados em alguns tipos de chaves elétricas
Dilatação e contração uniforme com a variação da temperatura	Usado em termômetros e termostatos
Combina-se facilmente com outros metais	Amálgama é uma liga de mercúrio com qualquer outro metal. Os dentistas usam-no para as obturações dentárias
Nocivo a bactérias e fungos	Já foi utilizado para pesticidas, tinturas e em pessoas para matar germes
O mercúrio pode ser facilmente incorporado em tecidos biológicos	Uma vez que o mercúrio penetra em determinado ser, ele dificilmente será expelido
Aumento da concentração na cadeia alimentar	Numa contaminação, os seres localizados no topo das cadeias alimentares, tal como humanos, podem ter milhares de vezes mais mercúrio em seus corpos que insetos e peixes, que estão na base da cadeia

Fonte: adaptado de SKAVRONECK *et al.*, 1998

Os efeitos no médio e longo prazos advindos da poluição ambiental com mercúrio ainda merecem maiores estudos, visto que muitos ecossistemas começaram a ser



contaminados há pouco tempo (tal como a poluição advinda das lâmpadas fluorescentes) e os efeitos reais podem ainda não ter sido evidenciados.

Como o mercúrio passa ao estado gasoso a uma temperatura relativamente baixa, de 357°C, há diversas ações antropogênicas que resultam em emissões de mercúrio. Na geração de energia elétrica com base fóssil, notadamente na com base em carvão, petróleo e gás natural, existe emissão de mercúrio para a atmosfera devido à queima do combustível. Na incineração de resíduos das atividades humanas, como resíduos sólidos urbanos, também ocorrem emissões quando na ocorrência de mercúrio.

Uma vez lançado na atmosfera, o mercúrio é carregado pelo ar. Depois é depositado novamente na superfície terrestre, geralmente através das chuvas, em zonas aquáticas ou terrestres, causando a contaminação.

Outra forma de contaminação seria através dos resíduos industriais e sólido urbano diretamente, ou seja, resíduos contendo mercúrio, quando incorretamente dispostos.

A contaminação pelo mercúrio pode causar sérios danos à saúde humana e ao meio ambiente, tanto pela exposição direta quanto pela sua ingestão ou inalação. O elemento mercúrio vaporiza à temperatura ambiente e mais rapidamente quando aquecido e o vapor, caso inalado, causa intoxicação.

O mercúrio elementar e sais de mercúrio podem ser transformados em mercúrio orgânico, ou metil-mercúrio, através de atividade de bactérias. Diferentemente do mercúrio elementar, o metil-mercúrio pode ser absorvido pelos organismos humanos. Isto

pode ocorrer na ingestão de peixe contaminado, por exemplo. Esta contaminação pode causar sérios danos à saúde humana (Yamachita *et al.*, 1999).

O metil-mercúrio tende a se concentrar na cadeia alimentar, especialmente em ecossistemas aquáticos, num processo chamado de bioacumulação. Ou seja, o lodo de um lago pode ter cerca de 100 a 1000 vezes a quantidade de mercúrio encontrada na água. Insetos podem extrair do lodo o metil-mercúrio, concentrando a quantidade de mercúrio. Pequenos peixes e depois maiores podem dar seqüência na cadeia, aumentando ainda mais a concentração de mercúrio. O peixe no topo da cadeia alimentar do lago pode ter níveis de mercúrio da ordem de 1.000.000 de vezes o nível encontrado na água em que vivem (SKAVRONECK *et al.*, 1998).

Em países com geração de energia elétrica com base fóssil, a emissão de mercúrio para a atmosfera pode ser significativa. Em particular, o carvão mineral, apesar de conter pequenas percentagens de mercúrio, quando é utilizado como fonte energética para a geração de energia elétrica é queimado em enormes quantidades, o que gera uma emissão considerável de mercúrio para a atmosfera. Segundo SKAVRONECK (1998), são emitidos cerca de  $1,67 \times 10^{-5}$  g de mercúrio para a atmosfera para cada kWh de energia elétrica consumida em uso final.

Exemplifica-se aqui este fato com o caso usual de instalação de uma lâmpada fluorescente em substituição a uma incandescente. A economia de energia associada a uma lâmpada compacta fluorescente de 15 W instalada em substituição a uma incandescente de 60 W, com fluxo luminoso equivalente, ao longo das 10.000 h de sua vida útil, é capaz de gerar a economia de  $45 \text{ W} \times 10.000 \text{ h} = 450 \text{ kWh}$ .

Usando o dado de SKAVRONECK (1998), essa economia de energia no uso final evitaria emissões de mercúrio da ordem de 7,515 mg na geração da energia, com base na matriz com elevada participação de combustíveis fósseis (caso dos EUA). Uma lâmpada compacta fluorescente de 15 W possui em seu interior menos de 10mg de mercúrio.

Desta forma, apesar das lâmpadas fluorescentes conterem mercúrio, elas indiretamente evitam emissões de mercúrio para a atmosfera na geração da energia, por proporcionarem um menor consumo de energia elétrica, quando comparadas com as incandescentes, em países com matriz energética baseada em combustíveis fósseis que contenham mercúrio, notadamente, carvão<sup>9</sup>.

Analisando somente do ponto de vista ambiental, haveria um dilema entre poluir o ambiente com mercúrio na geração da energia ou usar lâmpadas fluorescentes. Estas lâmpadas proporcionam menor consumo de energia elétrica e conseqüentemente menor emissão devido à geração da energia elétrica, entretanto, corre-se o risco de rompimento das cápsulas de vidro que contêm mercúrio, o que também geraria emissões de mercúrio.

A legislação ambiental brasileira sobre o descarte de lâmpadas ainda está segmentada e restrita a leis estaduais e municipais. Não há mecanismos que definam a responsabilidade e regulem a metodologia de disposição das lâmpadas contendo

---

<sup>9</sup> Para uma avaliação mais precisa teria que ser feita uma “análise de ciclo de vida”, onde deveriam ser contabilizados ainda os eventuais gastos de energia elétrica no reprocessamento de mercúrio contido nas lâmpadas, caso fossem recicladas.

mercúrio. Assim, faz-se necessário que sejam utilizados mecanismos de contorno para evitar os impactos ambientais.

Por exemplo, a Eletrobrás atualmente solicita a concessionárias de energia elétrica que prevejam e incluam os custos do descarte de lâmpadas nos novos contratos de financiamento, no âmbito do Programa Reluz (Programa Nacional de Iluminação Pública Eficiente). Na supervisão física dos contratos de financiamento estão sendo solicitados Certificados de Recepção e Responsabilidade, emitidos por empresas credenciadas por órgãos ambientais, que efetivamente realizam a correta disposição dos resíduos das lâmpadas (Eletrobrás, 2004f).

A Eletrobrás sugere que sejam considerados os custos relativos ao descarte das lâmpadas (cerca de R\$ 0,50 por lâmpada) como custos indiretos nos contratos, ou seja, estes custos devem ser considerados no custo total dos novos projetos que são apresentados com vistas a obtenção de financiamento. O Manual do Programa Reluz informa que os agentes envolvidos nas obras de melhoria dos sistemas são os responsáveis pela correta destinação dos resíduos.

A Lei no. 9.605 de 12/02/1998, que dispõe sobre as sanções penais e administrativas derivadas de atividades lesivas ao meio ambiente, a chamada "Lei de Crimes Ambientais", considera como crime, no Artigo 54, "causar poluição de qualquer natureza em níveis tais que resultem ou possam resultar em danos a saúde humana, ou que provoquem a mortandade de animais ou a destruição significativa da flora" e, no Artigo 56, "produzir, processar, embalar, importar, exportar, comercializar, fornecer, transportar, armazenar, guardar, ter em depósito ou usar produto ou substância tóxica,

perigosa ou nociva à saúde humana ou ao meio ambiente, em desacordo com as exigências estabelecidas em leis ou nos seus regulamentos".

Dessa forma, a correta disposição dos resíduos das lâmpadas, além de ser ambientalmente correta, e solicitada nos novos contratos de financiamento do Programa Reluz, é exigida por força de Lei no Brasil. Enquanto não houver legislação específica<sup>10</sup> regulamentando a responsabilidade pela destinação final das lâmpadas que contêm mercúrio, após o uso, a responsabilidade por qualquer dano à saúde pública ou ao meio ambiente recairá sobre o gerador final deste resíduo, ou seja, à pessoa física ou jurídica que o adquiriu, utilizou ou produziu, no todo ou em parte.

Através dessa iniciativa, de solicitar que seja previsto o descarte das lâmpadas nos novos projetos, a Eletrobrás pretende não somente considerar os custos relativos ao descarte no valor total do projeto, mas também estimular que o descarte e toda a logística sejam efetivamente previstos pelos agentes, ainda na fase de projeto, de forma a evitar que sejam geradas grandes quantidades de resíduos sem destinação definida.

---

<sup>10</sup> Está em discussão no CONAMA (Conselho Nacional do Meio Ambiente) um projeto de lei sobre a Política Nacional dos Resíduos Sólidos. Um dos pontos de difícil consenso trata da responsabilidade pós-consumo – responsabilidade civil e administrativa de fabricantes, importadores e distribuidores de produtos cujo descarte (depois da utilização) cause dano ao meio ambiente. Já existem Resoluções CONAMA que estabelecem a responsabilidade pós-consumo dos fabricantes e importadores de determinados acumuladores de energia e de pneumáticos (RES. CONAMA 257/99 e 258/99).

Com a criação da consciência ambiental para o correto descarte das lâmpadas, espera-se que os agentes estejam aptos a darem continuidade ao processo de disposição adequada dos resíduos nas próximas atividades de manutenção dos sistemas, após a implementação do Programa Reluz, que trata da substituição massiva dos sistemas.

Lâmpadas que contêm mercúrio, após o uso, são classificadas como resíduos perigosos (Classe 1) pela Norma ABNT 10.004/04. Diante disto, merecem cuidados especiais quanto aos procedimentos de manuseio (retirada/coleta), acondicionamento, transporte, armazenagem e destinação final, em função das suas características peculiares e dos riscos que apresentam.

A quantidade média de mercúrio encontrada, por lâmpada, é apresentada na Tabela 6. Com base nessas quantidades podem-se realizar as estimativas de descarte pulverizado de mercúrio no meio ambiente pelos sistemas de iluminação pública, quando da manutenção dos mesmos, caso não sejam tomados os devidos cuidados no manuseio e descarte das lâmpadas inservíveis.

Tabela 6: Quantidade de Mercúrio Encontrada nas Lâmpadas Comercializadas no Brasil

<b>Lâmpadas Utilizadas na Iluminação Pública</b>			
<b>Lâmpadas contendo mercúrio</b>	<b>Faixa de potências</b>	<b>Quantidade média de mercúrio</b>	<b>Faixa média de mercúrio</b>
Mista	160 W a 500 W	0,017 g	0,011 g a 0,045 g
Vapor de Mercúrio	80 W a 1000 W	0,032 g	0,013 g a 0,080 g
Vapor de Sódio	70 W a 1000 W	0,019 g	0,015 g a 0,030 g
Vapor Metálico	35 W a 2000 W	0,045 g	0,010 g a 0,170 g

Fonte: ABILUX, 2001

O tipo de poluição por quebra de lâmpadas que contêm mercúrio é em geral pulverizada, mas para se ter uma idéia da quantidade de mercúrio envolvida, pode-se efetuar uma estimativa. Na tabela 19 serão apresentados o número de lâmpadas a vapor de mercúrio e mistas que podem ser substituídas por outras de tecnologia mais avançada no cadastro nacional de IP. Adotando-se a quantidade média de mercúrio encontrada, por tipo de lâmpada, conforme a Tabela 6, chegar-se-ia a uma quantidade da ordem de 225kg de mercúrio.

No caso de grandes geradores de resíduos, como no caso das concessionárias que executam os projetos de grande porte para modernização da iluminação pública, conforme características do Reluz, a disposição dos resíduos deve ser prevista ainda na fase de projeto, de forma que se evite a geração de grandes estoques de equipamentos sem procedimentos para o descarte e destino definidos. No caso de lâmpadas, a atenção

deve ser redobrada, uma vez que a existência de mercúrio pode contaminar o ambiente e causar danos à saúde humana se não forem tomados os devidos cuidados para a armazenagem dos resíduos.

Dessa forma, o Programa Reluz vem atuando preventivamente com ações que estimulam a gestão ambiental dos resíduos, a partir do planejamento do descarte dos equipamentos retirados dos sistemas de iluminação pública ainda na fase de projeto.

Na execução do Programa os agentes são conscientizados para o correto descarte dos materiais retirados. Esta conscientização para o correto descarte capacita os agentes para que nas próximas ações de manutenção do parque de IP, após o Reluz, também seja previsto o descarte dos equipamentos.

Além disso, com o incentivo para que se destine corretamente o material descartado espera-se um aumento do número de empresas brasileiras especializadas no descarte e reciclagem das lâmpadas que contêm mercúrio.

#### **4.2 Aspectos de Segurança Pública**

Dois aspectos devem ser observados, envolvendo segurança e iluminação pública. O aspecto da segurança noturna, no tráfego de veículos e pedestres. E o aspecto associado a um aumento da sensação de segurança por parte dos usuários das vias públicas, em relação à criminalidade. No senso comum da sociedade, usualmente a iluminação pública é justificada como fator de redução de criminalidade.



Com relação à redução nos índices de criminalidade, um levantamento feito por CLARK (2004) sugere que não existiriam evidências concretas entre a melhoria da iluminação pública e a redução nos índices. O estudo sugere ainda que os governos não realizem investimentos em sistemas de iluminação onde a justificativa inclua ou implique na prevenção da criminalidade.

Um estudo inglês do Home Office, de ATKINS (1991), também conclui que não são encontradas evidências que suportem a hipótese de que uma iluminação pública eficaz reduza os registros de criminalidade. No entanto, o mesmo estudo mostra que existe, na verdade, uma redução do medo dos que trafegam pelas ruas mais bem iluminadas. Casos pontuais onde a redução da criminalidade se deu são tidos como possíveis, mas não deveriam ser generalizados.

Um outro estudo realizado por PEASE (1998), da Universidade de Huddersfield, Inglaterra, coloca em questão a publicação do Home Office. Cita, por exemplo, como uma cidade seria tomada pelo caos da criminalidade, numa situação extrema, caso fossem desligadas todas as luzes das vias públicas.

Ainda que a publicação do Home Office informe não serem encontrados registros da redução da criminalidade advinda de melhorias na IP de forma generalizada, de forma empírica, a iluminação pública pode ser justificada pela redução da sensação de risco nas pessoas que trafegam pelas vias nos períodos noturnos, sendo, assim, uma medida que tem elevada taxa de aprovação por parte da sociedade, principalmente nos locais mais afetados pela criminalidade.

A Cemig (CARVALHO, 2006) nos anos de 2004-2005 fez a priorização dos locais onde seriam executados os projetos de melhoria na iluminação pública em função dos índices de crimes violentos, no intervalo de 18:00 às 6:00 horas, da Polícia Militar do Estado de Minas Gerais do ano de 2003. Foram selecionados 200 municípios. As obras foram executadas e posteriormente comparados os novos índices de crimes violentos (ICV) obtidos no ano de 2005. Em 80 destes municípios, 40%, o ICV diminuiu. Não se pode chegar a uma associação direta. Possivelmente os projetos realizados não tiveram já em 2005 seu impacto registrado no ICV.

Ainda segundo o mesmo artigo, “uma análise mais detalhada, para o município de Belo Horizonte, onde, em 2004, foram executados projetos de eficiência energética de iluminação pública, remodelando mais de 70% dos pontos de iluminação pública a vapor de mercúrio, isto é 80 mil pontos, mostra que o ICV sofreu queda expressiva de 17%. Em artigos apresentados em jornais locais ficou evidente a aprovação da população onde os projetos foram executados e o descontentamento de moradores de bairros onde não foi feita a melhoria e subsequente denúncia da insegurança devido as más condições da iluminação. Para que se pudesse evidenciar os efeitos dos projetos executados em Belo Horizonte há a possibilidade de se trabalhar junto com a Polícia Militar utilizando as informações por ruas ou bairros, como é o caso do centro da cidade e de aglomerados. No município de Vespasiano, na região metropolitana de Belo Horizonte, foi feita a substituição de todos os pontos a vapor de mercúrio. A redução do índice de criminalidade foi significativa, 24%.”

O trabalho não discute a criminalidade na sua essência e não tenta associar como a deficiência na iluminação pública poderia ser considerada como uma de suas causas principais, tamanha a complexidade da questão.

Uma pesquisa realizada pela Eletrobrás (2006c), através do Programa Reluz, com 1.764 pessoas onde o Programa Reluz foi implementado mostra que a nova iluminação aumentou a sensação de segurança para 85% dos entrevistados e é apontada como um benefício adicional trazido pela nova iluminação por 80% das pessoas.

Com relação à segurança viária, a melhoria da IP melhora a visibilidade noturna dos automóveis e dos pedestres. Há uma correlação direta e mais facilmente demonstrada entre a redução dos índices de acidentes de trânsito e a eficácia da IP.

A iluminação de vias para veículos motorizados permite uma visão mais rápida, precisa e confortável aos motoristas, possibilitando a identificação de obstáculos e objetos estranhos na pista e a reação com freadas ou manobras (BARBOSA, 2000).

### ***4.3 A IP como Indicador de Desenvolvimento Local***

A IP pode ser um possível indicador de desenvolvimento local. Alguns dos índices de urbanização atualmente disponíveis através do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) são: existência de rede de água, pavimentação, saneamento, coleta de lixo, existência de luz elétrica, existência de sanitário e existência de telefone. A existência de iluminação pública também é levantada pelo IBGE e pode ser usada como indicador de infra-estrutura nas áreas urbanas (Tabela 2409 - Domicílios particulares permanentes e Moradores em Domicílios particulares permanentes por situação do domicílio, existência de iluminação pública, identificação e calçamento/pavimentação no entorno, do Censo Demográfico de 2000).

A Tabela 7 a seguir apresenta o percentual de atendimento de cada um desses índices, para cada região do Brasil, e a média nacional. Observa-se que entre alguns deles existem associações possíveis, ou seja, numa análise superficial é razoável, por exemplo, associar-se o percentual de atendimento de rede de água com o percentual de atendimento de iluminação pública, para cada região.

Tabela 7: Percentual de Atendimento com Índices de Desenvolvimento Local por Região

	Rede de água	Esgoto Sanitário	Sanitário	Coleta lixo	Ilumin. Elétrica	Telefone	Pavimentação	IP
NORTE	58,49	89,35	89,35	82,90	94,53	55,19	34,93	62,98
NORDESTE	57,56	64,61	64,61	62,43	69,99	34,18	44,02	64,64
SUDESTE	83,30	87,74	87,74	85,49	88,42	63,67	66,42	81,52
SUL	75,38	80,22	80,22	79,83	80,83	59,06	51,17	75,68
CENTRO OESTE	71,87	85,67	85,67	83,19	86,43	60,27	51,49	80,05
BRASIL	69,32	81,52	81,52	78,77	84,04	54,47	49,61	72,98

Fonte: IBGE - Censo Demográfico, 2000<sup>11</sup>

Os demais índices, apesar de não demonstrarem uma associação tão direta, parecem ter comportamentos ou tendências de acompanhamento no atendimento da iluminação pública.

---

<sup>11</sup> Os dados disponíveis para atendimento da IP e pavimentação englobam somente o ano de 2000 (Censo Demográfico, 2000) e os dados para os demais índices utilizados foram os da Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios (PNAD) de 2001 (foi utilizada a data disponível mais próxima à data do Censo 2000).

Analisam-se aqui essas tendências, que empiricamente parecem previsíveis, ou seja, parece razoável que o percentual de atendimento com iluminação pública possa ser estimado com base em outros índices de atendimento de infra-estrutura, chamados aqui de índices de desenvolvimento local.

Com base nos percentuais de atendimento de cada um dos índices de desenvolvimento local pode ser calculada a relação entre o percentual de atendimento da iluminação pública e o percentual de atendimento de cada um dos índices aqui selecionados. Dessa forma obtém-se uma relação que poderia servir, dentre outros, para se estimar o percentual de atendimento da iluminação pública para outros anos, visto que só há dados do ano 2000 disponíveis para atendimento de iluminação pública e pavimentação, partindo-se da premissa de que a relação entre o atendimento da iluminação pública e os demais índices não sofre grandes variações em pequenos períodos. Essa relação é apresentada na Tabela 8 a seguir para os estados e para a federação.

Tabela 8: Relação entre Atendimento de IP e Índices de Desenvolvimento Local Considerados (percentual de moradores em domicílios particulares permanentes com iluminação pública / percentual de moradores em domicílios particulares permanentes com um dos serviços listados) para os Estados Brasileiros

	Serviços						
	Rede de água	Esgoto Sanitário	Sanitário	Coleta lixo	Ilumin. Elétrica	Telefonia	Pavimentação
<b>Brasil</b>	1,03	0,84	0,93	0,95	0,91	1,36	1,32
Rondônia	1,20	0,49	0,49	0,56	0,48	0,84	2,58
Acre	1,44	0,72	0,72	0,79	0,60	0,91	1,80
Amazonas	0,90	0,70	0,70	0,74	0,65	0,98	1,13
Roraima	0,79	0,72	0,72	0,74	0,70	1,14	1,67
Pará	1,29	0,63	0,63	0,75	0,61	1,28	2,62
Amapá	1,05	0,75	0,75	0,79	0,75	1,18	2,25
Tocantins	1,25	0,85	1,02	1,02	0,97	2,33	1,72
Maranhão	1,39	1,01	1,14	1,24	0,85	2,02	1,88
Piauí	1,21	1,05	1,13	1,19	0,94	1,95	1,32
Ceará	1,15	0,87	1,00	1,06	0,93	2,14	1,28
R. Grande do Norte	1,06	0,75	0,98	0,98	0,95	1,80	1,42
Paraíba	1,04	0,79	0,94	1,00	0,91	1,92	1,62
Pernambuco	1,15	0,86	1,02	1,07	0,97	1,80	1,62
Alagoas	1,21	0,79	1,00	0,99	0,95	2,08	1,64
Sergipe	0,93	0,74	0,88	0,90	0,85	1,56	1,22
Bahia	1,13	0,81	1,01	1,02	0,96	1,94	1,48
Minas Gerais	0,99	0,84	0,96	0,99	0,95	1,41	1,19
Espírito Santo	0,97	0,77	0,94	0,99	0,93	1,39	1,46

(continuação da Tabela 8)

	Rede de água	Esgoto Sanitário	Sanitário	Coleta lixo	Ilumin. Elétrica	Telefonia	Pavimentação
Rio de Janeiro	1,03	0,87	0,90	0,93	0,90	1,24	1,22
São Paulo	0,94	0,87	0,92	0,92	0,92	1,14	1,11
Paraná	0,97	0,79	0,95	0,95	0,94	1,36	1,34
Santa Catarina	1,02	0,75	0,92	0,93	0,92	1,22	1,74
Rio Grande do Sul	1,02	0,79	0,96	0,96	0,95	1,28	1,43
Mato Grosso do Sul	1,03	0,79	0,91	0,94	0,90	1,29	1,93
Mato Grosso	1,18	0,72	0,88	0,96	0,88	1,58	1,94
Goiás	1,22	0,88	0,98	0,99	0,96	1,50	1,43
Distrito Federal	1,05	0,92	0,96	0,96	0,95	1,11	1,26
<b>Média - estados</b>	1,10	0,80	0,90	0,94	0,86	1,50	1,60
<b>Desvio padrão</b>	0,15	0,11	0,15	0,14	0,14	0,41	0,40

Fonte: Elaboração própria com dados de IBGE, 2005 (ver nota 11).

O menor desvio padrão na relação de atendimento IP/item de desenvolvimento local, entre os estados, é no esgotamento sanitário. Esse valor mostra que a relação entre esses dois índices sofre as menores variações nos estados. Os índices, a exceção de pavimentação e telefonia, apresentam desvios que podem ser considerados como equivalentes, ou seja, pode-se chegar ao índice de atendimento da IP nos estados brasileiros com razoável precisão tendo-se em mãos os índices de atendimento dos demais índices. Apesar de não necessariamente apresentarem uma equivalência entre os valores encontrados, as relações apresentadas para cada estado apresentam variações que permitem que sejam feitas associações entre os índices.

Já o índice estadual médio de atendimento mais próximo ao do índice de atendimento da iluminação pública é o índice de atendimento da coleta de lixo – evidenciada pela relação mais próxima da unidade, dentre os indicadores apresentados –, mostrando que o índice de atendimento da iluminação pública e da coleta de lixo estão bastante próximos nos estados brasileiros. Novamente excetuando-se pavimentação e telefonia, os demais índices de atendimento possuem relações com no máximo 20% de variação em relação à unidade, o que demonstra que o nível de atendimento da iluminação pública encontra relação com o nível desses demais índices. Sendo que água, sanitário e coleta de lixo possuem uma variação de no máximo 10%, ou seja, são os índices que melhor podem ser associados ao índice de atendimento da iluminação pública.

Observa-se uma relação regional entre os índices de urbanização e a existência da iluminação pública. Pode-se, portanto, agrupar os estados nas regiões do Brasil para uma demonstração dos dados numa visão mais ampla, tal como mostrado no Gráfico 3 a seguir.



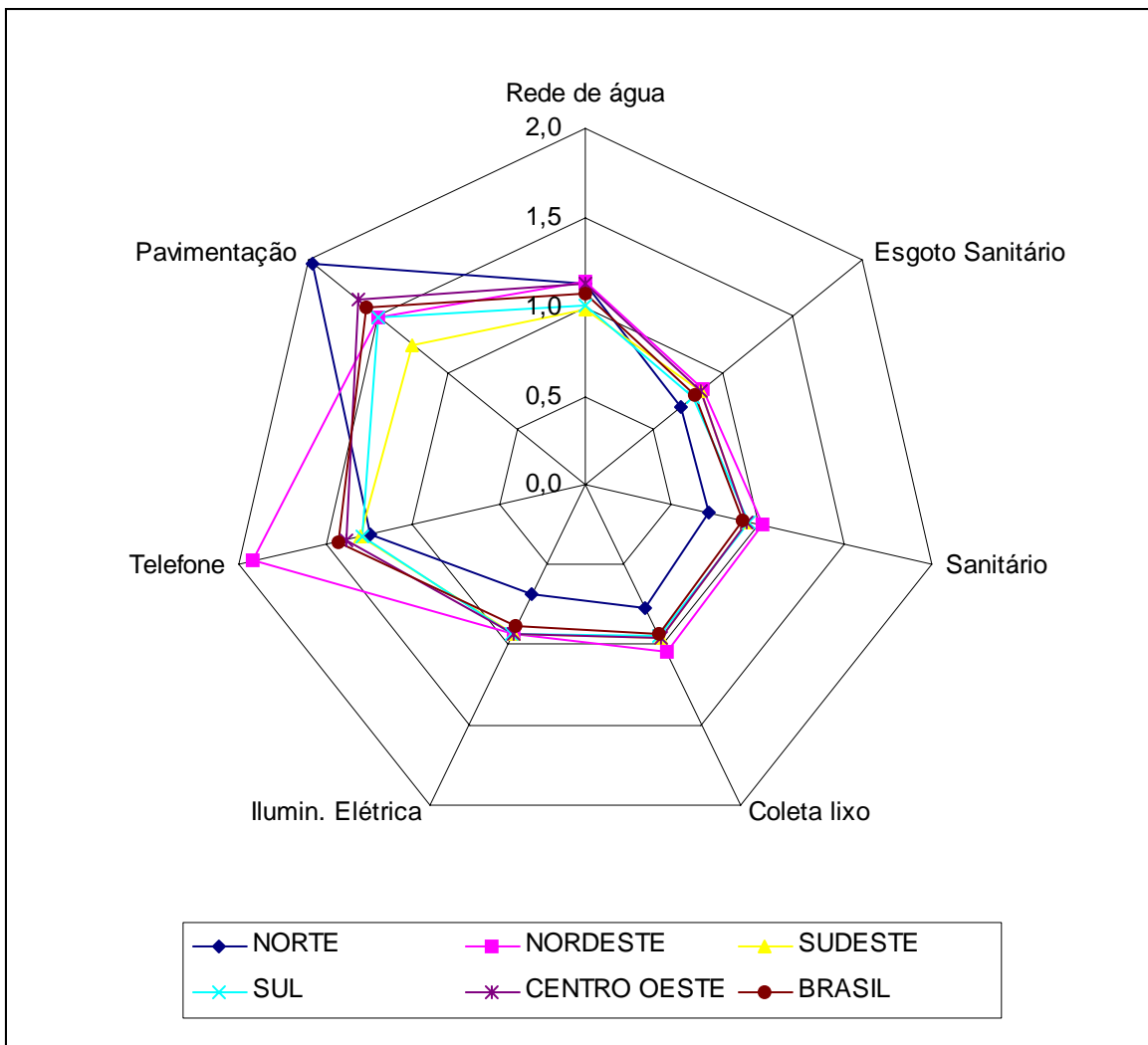


Gráfico 3: Relação entre Atendimento de IP e Índices de Desenvolvimento Local Considerados, por Região e Média Brasileira

Fonte: Elaboração própria com dados de IBGE, 2005 (ver nota 11)

Observa-se que na região Norte as associações entre o índice de atendimento da iluminação pública e os demais índices são menos evidentes. Nas demais regiões, excetuando-se os índices associados à pavimentação e telefonia, as relações entre os índices situam-se em torno da unidade, com pequenas variações, o que sugere a forte relação entre os mesmos.

A seguir apresenta-se a Tabela 9, com a relação entre a população e a quantidade de pontos de iluminação pública encontrados em cada estado brasileiro. Este indicador pode ser utilizado como um balizador do grau de alcance da iluminação pública em cada estado, no entanto deverão ser tomadas devidas precauções na análise desses dados, conforme observado adiante.

Tabela 9: Relação Habitantes por Ponto de IP em cada Estado Brasileiro (ver nota 11/12)

<b>Estados</b>	<b>Atendimento (%)</b>	<b>População</b>	<b>Número Pontos IP</b>	<b>Habitantes por ponto</b>
Rondônia	47,56	1.380.952	64.741	21,3
Acre	58,49	557.882	33.059	16,9
Amazonas	64,71	2.817.252	116.846	24,1
Roraima	69,27	324.397	38.972	8,3
Pará	59,82	6.195.965	208.297	29,7
Amapá	74,9	477.032	40.139	11,9
Tocantins	66,14	1.157.690	115.915	10
Maranhão	54,34	5.657.552	347.213	16,3
Piauí	57,3	2.843.428	168.305	16,9
Ceará	67,7	7.431.597	494.846	15
Rio Grande do Norte	69,23	2.777.509	172.613	16,1
Paraíba	67,42	3.444.794	223.549	15,4
Pernambuco	72,34	7.929.154	466.861	17

Tabela 9 - continuação

<b>Estados</b>	<b>Atendimento (%)</b>	<b>População</b>	<b>Número Pontos IP</b>	<b>Habitantes por ponto</b>
Alagoas	63,75	2.827.856	142.374	19,9
Sergipe	66,99	1.784.829	157.516	11,3
Bahia	62,71	13.085.769	614.936	21,3
Minas Gerais	78,72	17.905.134	1.790.206	10
Espírito Santo	74,46	3.097.498	260.055	11,9
Rio de Janeiro	86,37	14.392.106	1.040.908	13,8
São Paulo	86,54	37.035.456	2.939.334	12,6
Paraná	76,74	9.564.643	1.001.284	9,6
Santa Catarina	73,93	5.357.864	664.136	8,1
Rio Grande do Sul	76,37	10.187.842	830.533	12,3
Mato Grosso do Sul	77,91	2.078.070	193.562	10,7
Mato Grosso	67,49	2.505.245	191.694	13,1
Goiás	83,72	5.004.197	504.872	9,9
Distrito Federal	91,08	2.051.146	218.689	9,4
<b>Brasil</b>	<b>75,42</b>	<b>169.872.859</b>	<b>13.041.455</b>	<b>13</b>

Fonte: Elaboração Própria<sup>12</sup> (ver nota 11)

Diversos fatores podem influenciar a relação habitantes / número de pontos de IP, portanto, o indicador merece algumas ponderações. Por exemplo, depende do nível de

---

<sup>12</sup> Os dados disponíveis para atendimento da IP englobam somente o ano de 2000 (IBGE Censo Demográfico, 2000). O número de pontos de iluminação pública está associado ao ano de 2003, conforme dados da Eletrobrás, 2004b.

verticalização – quanto maior a concentração de habitantes por ruas existente, menor a relação habitante/ponto.

De forma a minimizar os efeitos dessas ponderações, poder-se-ia efetuar a exclusão de áreas verticalizadas no indicador, no entanto, tal tarefa incluiria um longo trabalho de pesquisa para regionalizar o indicador e obter resultados mais fiéis a cada localidade.

No entanto, comparando-se os índices de atendimento com a relação habitantes por ponto, pode-se avaliar a situação do atendimento da iluminação pública nos estados, um dos objetivos desse capítulo.

O Gráfico 4 a seguir apresenta três curvas para os estados brasileiros: o percentual de atendimento da iluminação para cada estado brasileiro; o inverso da relação de habitantes por ponto multiplicada por 1.000 e uma reta linearizando-se esta última curva. Pode ser observado que existe elevada tendência de acompanhamento da curva que representa o percentual de atendimento e a que representa a relação média pontos / habitante para os estados. Ou seja, mostra-se a tendência de acompanhamento desses dois índices que podem de certa forma, portanto, ser utilizados para caracterizar a situação da iluminação pública em cada local.

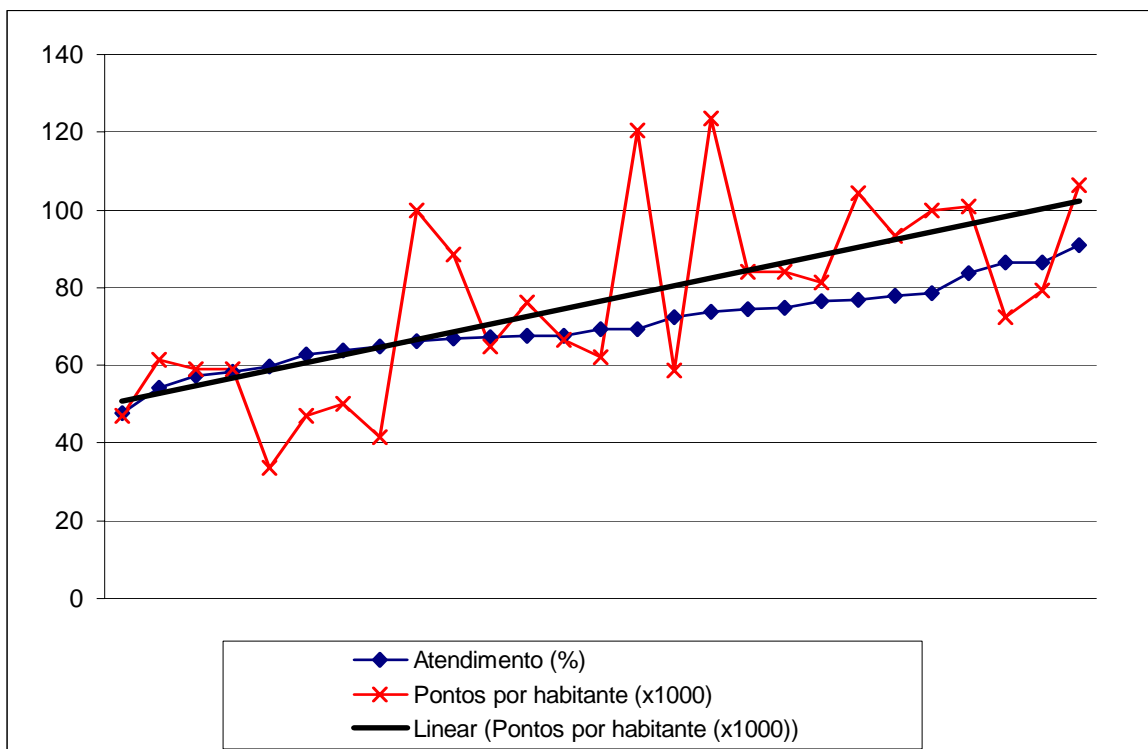


Gráfico 4: Percentual de Atendimento, Relação Pontos / Habitante x1000 e Linearização da Curva da Relação Pontos / Habitante x1000 para os Estados Brasileiros.

Obs.: No eixo das abscissas estão representados os estados brasileiros, ordenados pelo percentual de atendimento crescente.

Fonte: Elaboração própria a partir de dados do IBGE, 2005 e Eletrobrás, 2004b

Dessa forma, os indicadores aqui apresentados podem ser utilizados como parâmetros para avaliação do atendimento da iluminação pública em cada localidade.

#### **4.4 Conclusões**

Os impactos no meio ambiente das tecnologias de iluminação que contêm mercúrio são ainda pouco comentados. Hoje no Brasil comercializam-se lâmpadas de descarga contendo mercúrio, no entanto não há ainda regulamentação e uma política de governo com foco nos problemas que podem ser gerados à saúde humana e ao meio ambiente pelos resíduos advindos das lâmpadas inservíveis.

Existe na sociedade uma redução da sensação de risco nas pessoas quando se tem melhoria da IP, no entanto, é tarefa extremamente difícil se correlacionar o quanto a melhoria na IP contribui com a redução da criminalidade. Em geral, quando se tem precisão nos índices de criminalidade e os índices são elevados, diversas ações são tomadas para a sua redução. Portanto, os resultados de pesquisas na verdade apontam para diversas iniciativas para a redução da criminalidade e a parcela relativa à IP é inserida num contexto mais amplo.

Mostrou-se como a IP se correlaciona com demais indicadores de desenvolvimento local (ou índices de atendimento com infra-estrutura básica). Essa correlação provavelmente advém dos investimentos públicos direcionados de forma semelhante para esses serviços públicos. Observa-se que ainda existe uma demanda social muito significativa por esses serviços, ou seja, uma grande parcela da população ainda não atendida com infra-estrutura básica. Estímulos para que se consiga o atendimento da totalidade da população se fazem necessários para que todos possam viver em condições semelhantes de dignidade e para que se estimule a cidadania nas localidades ainda não atendidas.

## **5 Inventários de Iluminação Pública**

### **5.1 Inventário Nacional de IP**

#### *O Cadastro Nacional de IP*

Através de consulta às distribuidoras de energia elétrica de todo o Brasil foi realizada na Eletrobrás, pelo autor, em 2004, uma revisão do cadastro nacional de iluminação pública, que permite análises acerca do estado atual do segmento no Brasil.

Com base nesse cadastro global foram realizadas comparações com os levantamentos anteriores realizados pela Eletrobrás. Assim, pôde-se acompanhar como tem evoluído a iluminação pública no país. Os dados mostram que, em 1995, havia cerca de 8,8 milhões de pontos registrados, dos quais cerca de 7,1 milhões (81%) eram com tecnologia de lâmpadas a vapor de mercúrio. Através de programas de modernização, como os desenvolvidos e disseminados pelo Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica (Procel), e iniciativa própria das concessionárias e prefeituras, chega-se, em 1999, a cerca de 11,3 milhões pontos de iluminação pública cadastrados, dos quais 71% com tecnologia a vapor de mercúrio e 16% já com tecnologia a vapor de sódio. Os dados levantados para 2004 apontam para um total de mais de 13 milhões de pontos cadastrados, dos quais cerca de 52% ainda usam tecnologia a vapor de mercúrio e podem ganhar maior eficiência nas lâmpadas (eficiência luminosa, em lm/W) e mais de 40% utilizam tecnologia a vapor de sódio, conforme pode ser observado na Tabela 10. Pelo que vem sendo observado, grande parte das luminárias também pode ganhar maior

rendimento ótico, no direcionamento da luz produzida pela lâmpada para o plano de trabalho, entretanto, não há disponível um levantamento detalhado no Brasil sobre luminárias existentes no parque de IP.

Tabela 10: Distribuição de Lâmpadas de IP no Brasil – ano base 2004

Tipo lâmpada	REGIÃO					TOTAL	Participação
	N	NE	CO	S	SE		
Vapor de Mercúrio	336.135	1.133.676	664.419	1.430.814	3.212.811	6.777.855	52,0%
Vapor de Sódio	144.507	1.244.822	428.026	824.885	2.614.822	5.257.062	40,3%
Multivapor Metálico	1.810	15.196	220	4.278	42.096	63.600	0,5%
Incandescentes	7.415	159.298	42.767	35.059	29.775	274.314	2,1%
Mistas	11.554	215.879	88.845	109.768	93.162	519.208	4,0%
Fluorescentes	626	2.976	197	90.449	6.000	100.248	0,8%
Outras	7	16.366	258	700	31.837	49.168	0,4%
<b>TOTAL</b>	<b>502.054</b>	<b>2.788.213</b>	<b>1.224.732</b>	<b>2.495.953</b>	<b>6.030.503</b>	<b>13.041.455</b>	<b>100,0%</b>

Fonte: Eletrobrás, 2004b.

Obs.1: Alguns dos cadastros não foram atualizados por falta de informação das distribuidoras. Portanto, os números aqui apresentados podem ter pequenas variações.

Obs.2: Os cadastros das distribuidoras refletem o que utilizam para fins de faturamento das contas de energia elétrica, associadas à iluminação pública, entretanto, podem existir discrepâncias entre o que está sendo faturado e o que é de fato encontrado em campo, devido a desatualização dos cadastros. Não foi mensurada tal discrepância, por se tratar de trabalho de pesquisa de maior detalhamento que fugiria aos objetivos do levantamento da Eletrobrás.



Quase metade dos pontos de iluminação pública existentes no Brasil está localizada na Região Sudeste, refletindo o mais elevado grau de urbanização do território.

Observa-se a existência de potencial para melhoria dos sistemas e para ganhos de rendimento nas instalações, visto que atualmente a tecnologia tida como paradigma para a IP são os sistemas com lâmpadas a vapor de sódio e a ocorrência deste tipo de tecnologia se dá em somente 40,3% dos pontos de IP do Brasil. Entretanto, devem ser feitas ponderações ao uso dessa tecnologia, devido ao seu baixo índice de reprodução de cores, tal como relatado no item 3.2.

Na Tabela 11, apresentada a seguir, mostra-se que não há relação entre a potência instalada e o fluxo luminoso produzido, por tipo de lâmpada. Por exemplo, para as lâmpadas de vapor de sódio, tem-se 40,3% de participação em quantidade de lâmpadas, elas são responsáveis por cerca de 43,99% da potência instalada, no entanto produzem quase 93 bilhões de lumens, o que equivale a cerca de 61% do total de fluxo luminoso total produzido pelas lâmpadas do cadastro nacional de iluminação pública.

Já as incandescentes, representam 2,1% do total de lâmpadas, 1,86% da potência instalada, mas somente 0,44% de participação na produção de fluxo luminoso.

A potência instalada não é característica suficiente para se descrever o serviço de iluminação pública, pois o serviço depende também da tecnologia utilizada e do grau de depreciação física da instalação. O serviço, sob o ponto de vista da lâmpada, pode ser quantificado pelo fluxo luminoso que é de fato entregue. Por exemplo, com uma potência instalada relativamente menor pode-se chegar a um fluxo luminoso, um serviço, que seria maior, dependendo da tecnologia a ser aplicada. Apesar disso, o serviço é atualmente

cobrado com base na potência das lâmpadas, o que não necessariamente representa o serviço entregue, mas sim o custo do insumo energia elétrica para o seu funcionamento. Não há indicadores de qualidade que estimulem os prestadores de serviço a fornecer um serviço de melhor qualidade, principalmente porque a responsabilidade pelo serviço de IP é dos municípios e pelo fornecimento de energia elétrica, das concessionárias. Na pesquisa apresentada no Anexo II podem ser verificados exemplos de critérios de cobrança da contribuição para o custeio da iluminação pública em municípios brasileiros. Evidencia-se que os critérios de cobrança não foram efetuados criteriosamente, pois alguns deles nem mesmo são suficientes para custear o serviço de IP.

Tabela 11: Fluxo Luminoso Produzido pelas Lâmpadas com Base no Cadastro Nacional de IP Brasileiro.

	Ef. Média considerada (lm/W)	Potência (kW)	Participação em potência	Fluxo Luminoso (mi de lumens)	Participação em fluxo luminoso
Vapor de Mercúrio	50	1.066.759	48,02%	53.338	35,19%
Vapor de Sódio	95	977.264	43,99%	92.840	61,25%
Multivapores Metálico	72	30.277	1,36%	2.180	1,44%
Incandescentes	16	41.306	1,86%	661	0,44%
Mistas	22	100.717	4,53%	2.216	1,46%
Fluorescentes	68	5.071	0,23%	345	0,23%
Outras	-	-		-	-
TOTAL		2.221.394		151.579	100%

Fonte: Elaboração própria com base de dados de Eletrobrás, 2004b e 2004c.

A potência média por ponto a vapor de mercúrio (VM) é da ordem de 157W, enquanto que para pontos a vapor de sódio (VSAP) é de 186W. Isso se deve aos

programas de melhoria da IP já realizados que têm usualmente o foco na substituição das VM por VSAP, em geral priorizando os pontos de maior potência, onde se consegue maior redução, conforme será mostrado no Quadro 8.

## 5.2 Inventário Norte-Americano de Iluminação

O Departamento de Energia dos Estados Unidos – DOE publicou em setembro de 2002 o volume 1 de uma pesquisa para caracterização do mercado americano de iluminação. O volume 1 traz o Inventário Nacional Norte-Americano de Iluminação e as correspondentes estimativas de consumo. Esses dados serão aqui apresentados na Tabela 12 para efeito de comparação com os dados disponíveis para o Brasil.

Tabela 12: Uso de Energia Elétrica nos EUA para Iluminação

Segmento	Consumo kWh/ano por construção	Número de construções	Consumo total TWh/ano	Percentual
Residencial	1.946	106.989.000	208	27%
Comercial	83.933	4.657.000	391	51%
Industrial	475.063	227.000	108	14%
Áreas externas	n/a	n/a	58	8%
Totais			765	100%

Fonte: DOE, 2002

Nos EUA, segundo o DOE (United States Department of Energy, 2002), existe um total de 37,85 milhões de pontos de iluminação viária (*street lighting*), com uma participação conforme a Tabela 13 a seguir.

Tabela 13: Distribuição de Lâmpadas de IP nos EUA

<b>Tipo de lâmpadas</b>	<b>Participação na IP</b>
Incandescente	4%
Fluorescente	2%
Vapor de Mercúrio	20%
Vapor Metálico	5%
Vapor de Sódio Alta Pressão	59%
Vapor de Sódio Baixa Pressão	10%

Fonte: DOE, 2002

Observa-se que também nos EUA ainda existe potencial para melhoria dos sistemas, entretanto, o uso da tecnologia a vapor de sódio, de elevada eficiência, representa um total de 69% do parque de IP. Destaca-se ainda o uso das lâmpadas a vapor de sódio a baixa pressão, que são as de mais elevada eficiência atualmente disponíveis comercialmente, mas que possuem índice de reprodução de cores extremamente deficiente (ainda mais deficiente que as de vapor de sódio alta pressão), o que limita a sua utilização.

Nos EUA, as lâmpadas do tipo *High Intensity Discharge* (HID), ou de descarga a alta pressão, consomem 87% da energia em aplicações externas e entregam 96% dos lumens associados ao segmento.

Uma das deficiências identificadas na publicação é que, por uma simplificação perfeitamente justificável, não são considerados os conjuntos luminotécnicos, assim como neste trabalho também não se realizou este tipo de pesquisa para identificação dos níveis de obsolescência, depreciação física e tecnológico dos sistemas de iluminação pública como um todo.

### **5.3 O Caso do Peru**

Para uma comparação com o caso brasileiro, foi escolhido mais um país da América Latina de onde se obtêm dados que bem caracterizam a iluminação pública. Será efetuada uma breve introdução institucional para posteriormente se apresentar o cadastro do Peru.

O Peru efetuou um processo de reforma do setor elétrico com princípios gerais como os da reforma brasileira, com o objetivo da entrada de capital privado no setor. Em 1992 a reforma foi iniciada, com a *Ley de Concesiones Eléctricas* (LCE) N° 25844. Pela Lei, o estado peruano deve se limitar ao rol normativo, regulador e fiscalizador. Em 1994, o país privatizou as empresas de distribuição de energia elétrica. Em 2004, 6 empresas privadas dividem 70% do mercado de distribuição de energia elétrica e 14 empresas atendem os 30% restantes. O órgão regulador (*Osinerg*) a cada quatro anos realiza uma revisão tarifária para readequação das tarifas de fornecimento de energia elétrica (ACEVEDO, 2004).

Todo o serviço de iluminação pública no Peru é de competência municipal, no entanto, o serviço é em todo o país prestado pelas distribuidoras de energia elétrica (ACEVEDO, 2004).

Na capital Lima, as distribuidoras têm limites máximo de faturamento para iluminação pública estipulados pelo órgão regulador, ou seja, não podem faturar para a iluminação pública mais do que 5% de seu faturamento total. Esta é uma tentativa de estímulo à implementação de sistemas eficientes por parte das próprias distribuidoras (ACEVEDO, 2004).

Além disso, há um índice de atendimento, dado por número mínimo de lâmpadas instaladas por cliente. São estabelecidas tabelas com os índices mínimos de atendimento para cada região (ver Tabela 14). Caso a concessionária não atenda aos índices mínimos, o percentual máximo de faturamento de 5% é reduzido proporcionalmente ao desvio em relação ao índice mínimo de atendimento.

Tabela 14: Índices Mínimos de Atendimento Estipulados pela *Osinerg* no Peru.

<b>Zona</b>	<b>Empresa</b>	<b>Índice lâmpadas/cliente (mínimo)</b>
1	<i>Edelnor</i>	0.30
1	<i>Luz del Sur</i>	0.31

Fonte: ACEVEDO, 2004

Essas medidas reguladoras têm estimulado uma rápida modernização dos sistemas de iluminação pública no Peru, conforme pode ser observado na tabela 15. Ou seja, é observada a gradativa redução dos sistemas com lâmpadas de reduzida eficiência.

O total de lâmpadas no Peru passou de cerca 665 mil em 1995, com uma participação de 21% de lâmpadas a vapor de sódio, para aproximadamente 997 mil em 2004, com uma participação de quase 82% de lâmpadas a vapor de sódio. Dessa forma, as medidas tomadas no Peru servem como exemplo de formas de estímulo à melhoria da qualidade dos serviços prestados.

Tabela 15: Evolução da Quantidade de Lâmpadas Existentes no Parque de Iluminação Pública Peruano por Tipo (em milhares de lâmpadas)

Anos	Vapor de Mercúrio	Vapor de Sódio	Fluorescente	Incandescente	Mista	TOTAL
1995	422	140	2	12	89	665
1997	461	380	2	7	31	881
2001	269	698	2	2	4	975
2004	177	815	1	1	3	997

Fonte: ACEVEDO, 2004

#### 5.4 Conclusões

Observa-se que os pontos de sódio têm maior potência média por ponto instalada do que os de mercúrio, de certo porque os programas de melhoria têm em geral como prioridade os projetos onde se tem maior ganho de potência.

Os inventários de IP são a base para que se consiga efetuar um planejamento do setor. Através dos inventários é que se pode efetuar as estimativas de economia de

energia elétrica e os cenários de evolução do segmento de IP. O Brasil, apesar de dispor de um inventário com razoável precisão, visto que a cobrança do consumo na IP é feita com base no cadastro, não o utiliza forma integrada no planejamento da melhoria e expansão do setor elétrico, de forma a tomar ações integradas de economia de energia elétrica e expansão do setor elétrico. Ou seja, inserir características do uso da energia para dimensionamento e planejamento da oferta. Dessa forma, pode-se verificar os programas de economia que trazem maiores benefícios para o setor elétrico.

Nos EUA, por exemplo, como não há um inventário detalhado, faz-se necessário o levantamento do inventário através de métodos estatísticos. Este inventário, nos EUA, inclui todo o uso de energia elétrica em iluminação nos mais diversos segmentos e é justamente utilizado para que se possa integrá-lo aos cenários de expansão do setor elétrico naquele país.



## 6 Programas de Eficiência Energética em IP no Brasil

Os programas de modernização na iluminação pública há muito vêm sendo realizados. Desde a substituição dos lampiões a óleo por lampiões a gás e, posteriormente, por sistemas a energia elétrica, a evolução nas tecnologias disponíveis foi o vetor de modernização dos sistemas.

A modernização diz respeito, em geral, ao aumento do rendimento dos sistemas e à melhoria da qualidade do serviço de iluminação. O aumento no rendimento dos sistemas de iluminação é ilustrado na Tabela 16 a seguir.

Tabela 16: Evolução do Rendimento das Fontes de Produção de Luz

<b>Tipo de iluminação</b>	<b>Eficiência luminosa (lm/W)</b>
lampiões a querosene com pavio	0,1
lampiões a querosene pressurizado	0,8
lâmpadas incandescentes	13 a 17
lâmpadas fluorescentes	30 a 75
lâmpadas a vapor de mercúrio	45 a 58
lâmpadas a vapor de sódio	80 a 150

Fonte: Eletrobrás (2001 e 2004c)

Depois da definição da lâmpada elétrica como paradigma para produção de luz, diversos foram os avanços no campo da tecnologia das lâmpadas, das formas de uso e dos projetores e luminárias, conforme já abordado no item 2.1.

No caso brasileiro, registra-se que, em outubro de 1985, um estudo da Eletrobrás apontava para a existência de 328.576 pontos de iluminação pública que utilizavam lâmpadas incandescentes de 200W. Já em outubro de 1987 este total teria baixado para 162.489, através dos programas de modernização realizados com o apoio do Procel. Estas lâmpadas incandescentes de 200W foram substituídas por lâmpadas a vapor de mercúrio de 80W ou por lâmpadas a vapor de sódio de 50W (CODI, 1988). Atualmente ainda são encontradas quase 60 mil lâmpadas incandescentes de 200W, 57% das quais na região nordeste. Não parece razoável que, no atual cenário de maior restrição dos investimentos em expansão, ainda existam lâmpadas incandescentes, de tão baixa eficiência, na IP.

Entretanto, a busca por maior eficiência no parque nacional de IP pode encontrar obstáculos, principalmente quando ocorre um distanciamento entre concessionárias e municípios, na busca pela melhoria dos sistemas. No caso do Programa Nacional de Iluminação Pública Eficiente - Reluz, por exemplo, os financiamentos são concedidos pela Eletrobrás exclusivamente às concessionárias e, portanto, o atingimento dos objetivos depende das boas relações entre concessionárias e municípios.

Com relação aos sistemas de iluminação, num primeiro momento, os programas de modernização estavam mais aliados aos equipamentos de produção da luz, as lâmpadas. Posteriormente, os programas, tal como o Reluz, passaram a contemplar também a melhoria de todo o sistema de produção e direcionamento da luz, de forma que

se atinja o maior rendimento global das instalações e um serviço de melhor qualidade. Dessa forma, os programas devem contemplar os acessórios de fixação, para melhor adequar os sistemas na projeção da luz, as luminárias, para que se obtenha mais elevado rendimento, bem como os equipamentos auxiliares, de forma que se atinjam os mais elevados índices de rendimento dos conjuntos.

Sob o ponto de vista da conservação de energia elétrica, podem ser obtidos grandes benefícios com a implantação das novas tecnologias existentes para iluminação pública, evitando-se novos custos de produção, transporte e fornecimento para atendimento à expansão do segmento de iluminação pública e gerando disponibilidade de energia para outros segmentos de maior interesse para as concessionárias sob o ponto de vista de tarifa, tais como o residencial, onde as tarifas são mais elevadas, como descrito no item 2.4.

Nos programas de substituição de equipamentos, deve ser dada atenção especial ao descarte dos equipamentos retirados do parque de IP, em particular às lâmpadas. As do tipo fluorescentes e as *HID (High Intensity Discharge, ou de alta pressão)* contêm mercúrio, um elemento químico nocivo à saúde humana e ao meio ambiente. A solução atualmente mais adequada para o descarte dessas lâmpadas retiradas é o seu retorno às embalagens das unidades que foram instaladas e armazenagem em recipientes lacrados, de forma que possam ser posteriormente enviadas a empresas especializadas na reciclagem dos materiais constituintes e na separação do mercúrio<sup>13</sup>.

---

<sup>13</sup> Ênfase à questão do mercúrio das lâmpadas foi dada no item 4.1, onde podem ser obtidas maiores referências.

### **6.1 A Reutilização de Materiais e Equipamentos**

A reutilização de equipamentos em locais que ainda não disponham de iluminação pública poderia ser aceita, entretanto, seriam necessárias formas objetivas de avaliação da vida útil nos equipamentos reutilizados. Ou seja, de forma que fossem justificados os custos de retirada e re-instalação, pois, caso os equipamentos reutilizados estejam em final de vida útil, pode ser necessária nova intervenção na rede para substituí-los transcorrido um pequeno período.

Em suma, na reutilização sem uma avaliação criteriosa, o que para a maioria dos agentes é inviável, pode-se incorrer em custos mais elevados do que na instalação de equipamentos novos, por isso, em geral, a reutilização não é recomendada. Do ponto de vista energético, a questão deve ser avaliada mais profundamente, pois deve ser levado em conta o consumo associado à fabricação dos equipamentos eficientes em contraposição com a reutilização dos equipamentos durante a vida útil que ainda lhes reste, fazendo-se uma análise de ciclo de vida para uma resposta precisa.

Entretanto, pela vida útil dos equipamentos novos fabricados para iluminação pública e sua eficiência crescente na produção da luz percebe-se que não há espaço para que a maioria das tecnologias retiradas seja reutilizada. Uma lâmpada de 200W ou uma luminária aberta, de eficiência reduzida para os padrões atuais, não devem ser reutilizados, em nenhuma hipótese. Do ponto de vista do custo da energia, os equipamentos ineficientes não devem ser reutilizados, pois, caso isso ocorra, as prefeituras teriam de arcar com custos de energia mais elevados. E essa diferença no custo da energia é justamente o que em geral viabiliza a compra de equipamentos novos mais eficientes.

## **6.2 O Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica**

O Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica – Procel foi constituído pela Portaria Interministerial 1877, de 30 de dezembro de 1985, com o objetivo de integrar as ações visando a conservação de energia elétrica no país, a definição de prioridades e o acompanhamento dos projetos.

Para implementação do Procel foram criados como órgãos de Coordenação o Grupo Coordenador de Conservação de Energia Elétrica – GCCE e como órgão executivo a Secretaria Executiva do GCCE.

- Integravam o GCCE: MME, STI/MIC, SEPLAN, CDI/MIC, CODI, CCON, GAT-CRN, Conf. Nacional da Ind. e Conf. Nacional do Comércio.
- Secretaria Executiva: Eletrobrás – DCO/DEUE

Subdividiu-se o GCCE nos seguintes subgrupos:

- Consumo e consumidores;
- Legislação e normas;
- Tarifas e incentivo;
- Desenvolvimento tecnológico.

Um dos sub-programas que eram coordenados pelo sub-grupo Consumo-consumidores era o de substituição de lâmpadas incandescentes na IP por outras de vapor de sódio e de vapor de mercúrio. O objetivo do sub-programa era o de financiar, através de repasse de recursos do PME – Plano de Mobilização Energética, a

substituição de lâmpadas incandescentes na IP, por outras de vapor de sódio e de mercúrio de menor potência, mantidos os mesmos níveis de iluminação. Os recursos eram repassados através de contratos firmados entre a Eletrobrás e concessionárias e prefeituras municipais (CODI, 1988).

Segundo o relatório do CODI de 13/10/1988, os padrões de iluminação incandescente que eram então utilizados pelas concessionárias eram os seguintes:

- *Econolite*<sup>14</sup> braço longo;
- Luminária tipo prato (*econolite*) instalada em braço curto;
- Luminária aberta instalada em braço curto;
- Luminária aberta instalada em braço longo.

No caso da opção por vapor de mercúrio, o relatório previa a substituição da lâmpada incandescente, mais a introdução do reator. No caso da opção por vapor de sódio, o relatório apontava para a necessidade de inclusão do ignitor, além da instalação do reator apropriado e da substituição do soquete da luminária, pois a partida da lâmpada VSAP é precedida de um pico elevado de tensão, o que exige um maior nível de isolamento do soquete.

Dentro do Procel, um dos focos sempre foi a iluminação pública, através do estímulo à adoção de sistemas com maior eficiência (maior relação lumens/Watt). O princípio utilizado é o de substituição de sistemas obsoletos por sistemas com tecnologia

---

<sup>14</sup> As luminárias do tipo *econolite* já foram anteriormente descritas no item 2.2 desse trabalho.

mais avançada que permita uma mesma qualidade de serviço (ou mesmo superior) com redução da potência instalada.

Através do relatório do CODI de 13/10/1988 foi efetuado levantamento da situação existente no parque nacional de IP, com relação às lâmpadas incandescentes de 200W, conforme apresentado no Quadro 5 a seguir.

Quadro 5: Quantidade de Lâmpadas Incandescentes 200W Existentes em 1988 no Brasil.

<b>Empresa</b>	<b>Out/1985</b>	<b>Out/1987</b>
Celesc	365	231
Copel	43.374	31.969
CPFL	86.996	13.170
Eletropaulo	26.058	15.288
Light	45.457	40.086
Cemig	50.000	24.000
<b>BRASIL</b>	<b>328.576</b>	<b>162.489</b>

Fonte: CODI, 1988

A contribuição do Procel na substituição de lâmpadas incandescentes de 200W por vapor de mercúrio de 80W e/ou por vapor de sódio de 50W foi até outubro de 1987 de 162.489 lâmpadas, que representa 49% das lâmpadas incandescentes de 200W existentes no parque de iluminação pública do Brasil em outubro de 1985.

Nos programas de eficiência em IP a redução de potência obtida é extremamente positiva ao sistema elétrico brasileiro, já que em geral o período de operação dos sistemas coincide com a ponta da curva de carga do sistema elétrico nacional, entre

17h00 e 22h00. Nos programas de eficiência em IP, a redução de demanda na ponta do sistema é uma justificativa ainda mais significativa do que a redução de consumo obtida. Pode ser feita uma analogia com o horário de verão, onde o maior benefício é igualmente a redução do pico da curva de carga do sistema elétrico e não a redução do consumo.

Desta forma, a melhoria da eficiência no aproveitamento da energia elétrica na iluminação pública tem benefícios diretos na melhoria das condições operativas do sistema elétrico nacional, já que os acendimentos noturnos na sua maioria coincidem com o horário de ponta da curva de carga do sistema. Além disso, os programas de conservação podem ter benefícios específicos, na redução de carga e melhoria do fator de carga de circuitos de distribuição de baixa e média tensão.

Através de pesquisa realizada em 1995, pela então Gerência de Iluminação Pública do Procel, pode-se chegar a algumas previsões do potencial de economia de energia elétrica em iluminação pública, conforme apresentado na Tabela 17 a seguir.

Observa-se que havia cerca de 6,3 milhões de pontos “substituíveis”, justificáveis por critérios técnicos, proporcionando uma economia possível de 28,36% e uma redução de demanda da ordem de 500MW. No item 7.2 será mostrado que o potencial técnico atualmente existente ainda é da ordem de 300MW.



Tabela 17: Pesquisa Nacional de Potencial Técnico de Conservação de Energia em Iluminação Pública — 1995

TIPO DE LÂMPADA	SITUAÇÃO ATUAL					SUBST.	SITUAÇÃO COM SUBSTITUIÇÃO			
	QUANTIDADE		DEMANDA (MW)		CONS. (GWh)	QUANT. TROCAS	DEMANDA (MW)		CONS. (GWh)	ECON.
	I		II		III	IV	V	VI	VII	
INCAND.	337.628	3,85%	49,85	2,82%	215,35	333.980	0,38	0,03%	1,64	99,24%
MISTA	613.685	6,99%	117,24	6,63%	506,48	604.386	0,35	0,03%	1,51	98,71%
VM	7.084.760	80,68%	1.379,76	77,99%	5.958,56	5.347.586	220,33	17,38%	951,83	84,03%
VSAP	637.059	7,25%	216,85	12,26%	932,12	-	1.040,88	82,20%	4.496,60	-382,40%
FLUORESC.	107.531	1,22%	4,33	0,24%	18,71	-	4,33	0,34%	18,71	-
OUTROS	1.137	0,01%	1,07	0,06%	4,62	-	1,07	0,08%	4,62	-
<b>TOTAL</b>	<b>8.781.800</b>	<b>100%</b>	<b>1.769,10</b>	<b>100%</b>	<b>7.642,08</b>	<b>6.285.952</b>	<b>1.267,36</b>	<b>100%</b>	<b>5.474,91</b>	<b>28,36%</b>

Economia prevista de 501,74 MW e 2.167,17 GWh / ano

Consideradas 12 h diárias de funcionamento

$ECONOMIA = ((COLUNA III - COLUNA VI) / COLUNA III) \times 100\%$

Fonte: Eletrobrás, 1996

### 6.3 O Programa Reluz da Eletrobrás

Segundo o Manual do Programa (ELETROBRÁS, 2004a) “o Programa Nacional de Iluminação Pública Eficiente (Reluz) tem o objetivo de promover o desenvolvimento de sistemas eficientes de iluminação pública, bem como a valorização noturna dos espaços públicos urbanos, contribuindo para melhorar as condições de segurança pública e a qualidade de vida nas cidades brasileiras”.

O Programa Nacional de Iluminação Pública Eficiente - Reluz da Eletrobrás inicialmente previa investimentos de R\$ 2,6 bilhões (sendo que 75% por parte da Eletrobrás) para tornar eficientes 9,5 milhões de pontos de iluminação pública (IP) e instalar mais 3 milhões de outros novos pontos no Brasil.

O ReLuz foi lançado em 2000 e prorrogado, em 2002, até 2010. Pretendia-se abranger 77% do potencial de conservação de energia na IP brasileira. Atingida esta meta, o Governo conseguiria reduzir a despesa dos municípios com IP em aproximadamente R\$ 340 milhões por ano, além de uma redução estimada de 540 MW de potência.

Os projetos de eficiência para serem financiados pelo ReLuz são analisados orçamentariamente e sua viabilidade condicionada à relação benefício/custo. Ao longo da execução do projeto, a Eletrobrás realiza acompanhamentos físicos e financeiros para comprovar a aplicação dos recursos pelas concessionárias de acordo com os contratos.

Anteriormente ao lançamento do Programa ReLuz, a Eletrobrás já havia financiado a substituição de 1,43 milhões de pontos de IP, no âmbito do Procel (Programa Nacional de Conservação de Energia), e em conjunto com as concessionárias de energia elétrica. Este total de pontos foi distribuído entre 813 municípios brasileiros, significando 113,74 MW de demanda evitada e 498,20 GWh de economia de energia.

Em 2005, as metas do ReLuz foram revistas. Continuam contemplando investimentos de R\$ 2 bilhões por parte da Eletrobrás, mas as metas físicas foram

revistas. Pretende-se tornar eficientes 5 milhões de pontos de iluminação pública, e instalar mais 1 milhão no País.

O financiamento dos projetos é feito às concessionárias de energia elétrica - distribuidoras, transmissoras e geradoras – que, em articulação com as Prefeituras Municipais, executam os serviços. O valor do financiamento corresponde a até 75% do valor total do projeto. O restante constitui a contrapartida das concessionárias e das Prefeituras Municipais, que pode ser feita por meio de serviços próprios como: transporte, mão-de-obra, e outros serviços necessários à execução dos projetos.

A implementação do Programa Reluz proporciona a melhoria das condições para o turismo, o comércio e o lazer noturnos, geração de novos empregos, aumento da qualidade de vida da população urbana, redução da demanda do sistema elétrico nacional, especialmente no horário de maior consumo, e contribui para o aumento da confiabilidade e da melhoria das condições de atendimento ao mercado consumidor de eletricidade.

O Programa Reluz prevê o financiamento de projetos de melhoria e expansão dos sistemas de IP, ou ainda projetos de destaque de monumentos e prédios de valor histórico e/ou cultural. Os resultados obtidos pelo programa são apresentados a Tabela 18 a seguir. Soares (2003) demonstrou como o financiamento pode viabilizar os projetos de eficiência energética na iluminação pública.

Tabela 18: Realizações do Programa Reluz

	2001	2002	2003	2004	2005
Pontos melhoria	18.775	69.062	620.058	510.293	389.613
Redução demanda (kW)	4.171,00	5.837,00	47.992,90	69.183,54	15.510,55
Economia de energia (MWh/ano)	18.269,20	25.561,60	209.359,86	302.993,49	62.170,55
Investimento em melhoria	R\$ 3,7 mi	R\$ 10,5 mi	R\$ 93,2 mi	R\$ 73,5 mi	R\$ 60,0 mi
Pontos expansão	0	196	5.841	2.508	3.324
Investimento em expansão	0	R\$ 0,6 mi	R\$ 5,0 mi	R\$ 2,9 mi	R\$ 2,7 mi

Fonte: Eletrobrás, 2006<sup>a</sup> (mi = milhões de reais)

Observa-se que após o lançamento do Programa, ao final de 2000, sua participação foi crescente e importante na melhoria dos parques de iluminação pública, com a adoção de tecnologias de maior eficiência em substituição às existentes. Com relação à expansão de pontos de IP sua participação ainda pequena.

Os recursos utilizados pela Eletrobrás para concessão dos financiamentos são oriundos da RGR (Reserva Global de Reversão), os quais legalmente devem ser repassados às concessionárias de energia elétrica sob a forma de financiamentos para melhoria e expansão do setor elétrico.

As concessionárias podem então optar por realizar diretamente a coordenação e contratação das obras ou repassar os recursos para as prefeituras, para que estas o façam.

Os resultados são mais eficazes quando há participação ativa das concessionárias em todo o processo. Mesmo nos casos onde a concessionária repassa os recursos às prefeituras, é essencial que haja a supervisão na contratação das empreiteiras, na especificação e compra dos materiais e na coordenação das obras em campo.

#### **6.4 Os Programas de Eficiência Energética (PEE) da Aneel**

As concessionárias de energia elétrica, devem aplicar anualmente recursos em ações que promovam o combate ao desperdício de energia elétrica.

No mínimo 1% da Receita Anual (RA) auferida no ano anterior deve ser aplicada em projetos que busquem o incremento da eficiência no uso e na oferta de eletricidade e em projetos de pesquisa e desenvolvimento do setor elétrico, dentro do País.

A cada ciclo anual de projetos lançado pela Agência Nacional de Energia Elétrica (Aneel) são relacionadas as atividades nas quais deve ser realizada a aplicação de 1% da receita anual e as parcelas associadas a cada atividade.

Por exemplo, a resolução da ANEEL nº 242/98 estipula que dos 25% dos recursos a serem aplicados em eficiência, pelo menos 10% deles sejam vinculados a projetos no segmento residencial, 10% no segmento industrial e 10% em prédios públicos. No chamado lado da oferta, que corresponde aos demais 75% dos recursos, 30% no caso do sistema interligado e 10% para as regiões Norte e Nordeste, devem estar vinculados a projetos que visem a melhoria do fator de carga dos sistemas.

Somente para o ciclo 1998/99 foi feito um relatório oficial de análise de resultados do programa pela Aneel. Nos demais anos, a própria Associação Brasileira de Distribuidores de Energia Elétrica (Abradee) foi quem realizou relatórios, através da coleta de informações com as concessionárias que integram a associação. Na Tabela 19 são apresentados os resultados obtidos a cada ciclo. Os projetos eram classificados como educacional, industrial, comercial, em hospitais, em sistemas de água e saneamento, em comunidades carentes, gestão energética municipal e iluminação pública.

No Relatório referente ao ciclo 1998/99 a receita operacional anual das distribuidoras é da ordem de R\$ 16 bilhões. Sendo assim, cerca de R\$ 160 milhões seriam destinados a eficiência energética e pesquisa e desenvolvimento (P&D). O valor investido pelas distribuidoras em IP foi de cerca de R\$ 41 milhões, que superou em 20% o valor previsto e representou uma redução de potência de 37,6MW.

Tabela 19: Investimentos e Resultados dos PEE's da Aneel

<b>Ciclo</b>	<b>1998/1999</b>	<b>1999/2000</b>	<b>2000/2001</b>	<b>2001/2002</b>	<b>2002/2003</b>
<b>Empresas</b>	17	42	64	64	64
<b>Recursos (mi R\$)</b>	196,1	222,2	154,2	166	220
<b>Projetos Uso Final</b>	32%	40%	100%	100%	100%
<b>Total (mi R\$)</b>	62,8	88,8	154,2	166	220
<b>Projetos Oferta</b>	68%	60%	0	0	0
<b>Total (mi R\$)</b>	134,4	133,3	0	0	0
<b>Redução Demanda (MW)</b>	249,59	369,07	495,60	ND	ND
<b>Custo (R\$/kW)</b>	785,68	602,05	311,13	ND	ND

Fonte: Abradee, 2004

Os projetos em IP sempre tiveram participação significativa nos projetos realizados pelas distribuidoras de energia elétrica. Pelo Gráfico 5 observa-se que até 2003 cerca de 1,5 milhão de pontos já haviam sido substituídos pelos PEE's da Aneel.

O Gráfico 6 mostra como o ganho médio de potência para cada ponto substituído vem caindo ao longo dos anos, evidenciando que as concessionárias inicialmente procuravam aqueles projetos onde havia maior retorno referente à relação custo / benefício e que progressivamente o ganho de potência ao longo dos anos é cada vez menor, deixando mais restrita a margem para que haja viabilidade econômica ou mesmo inviabilizando alguns projetos (item 5.1).

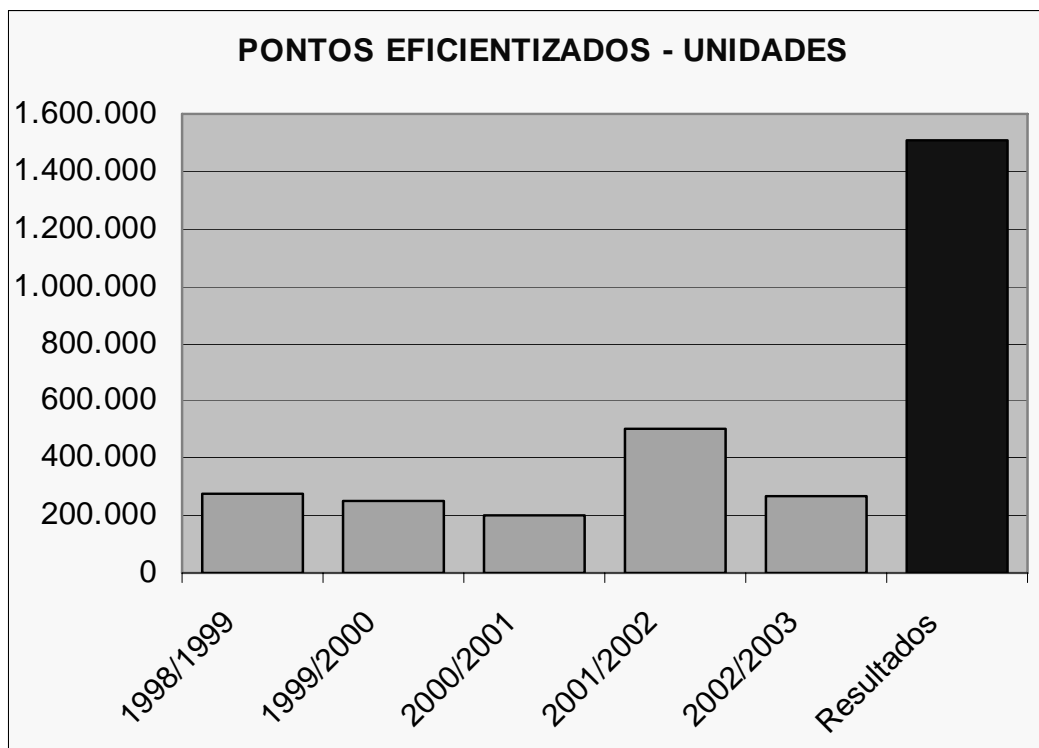


Gráfico 5: Pontos Substituídos por Conta dos PEE's da Aneel em Cada Ciclo Anual

Fonte: Abradee, 2004

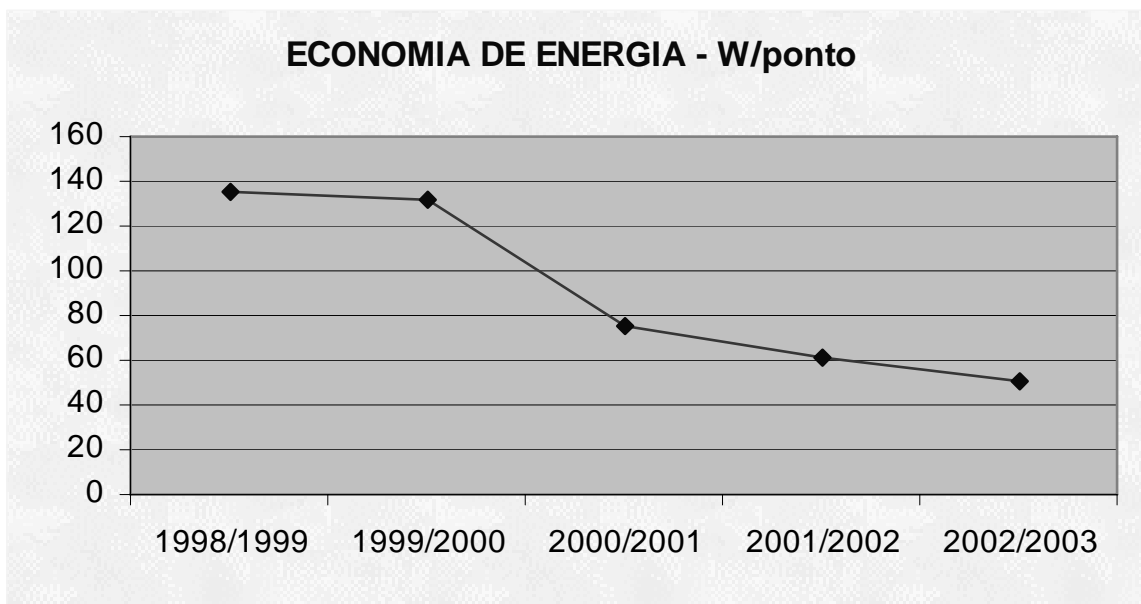


Gráfico 6: Economia de Energia em W/ponto com os PEE's da Aneel

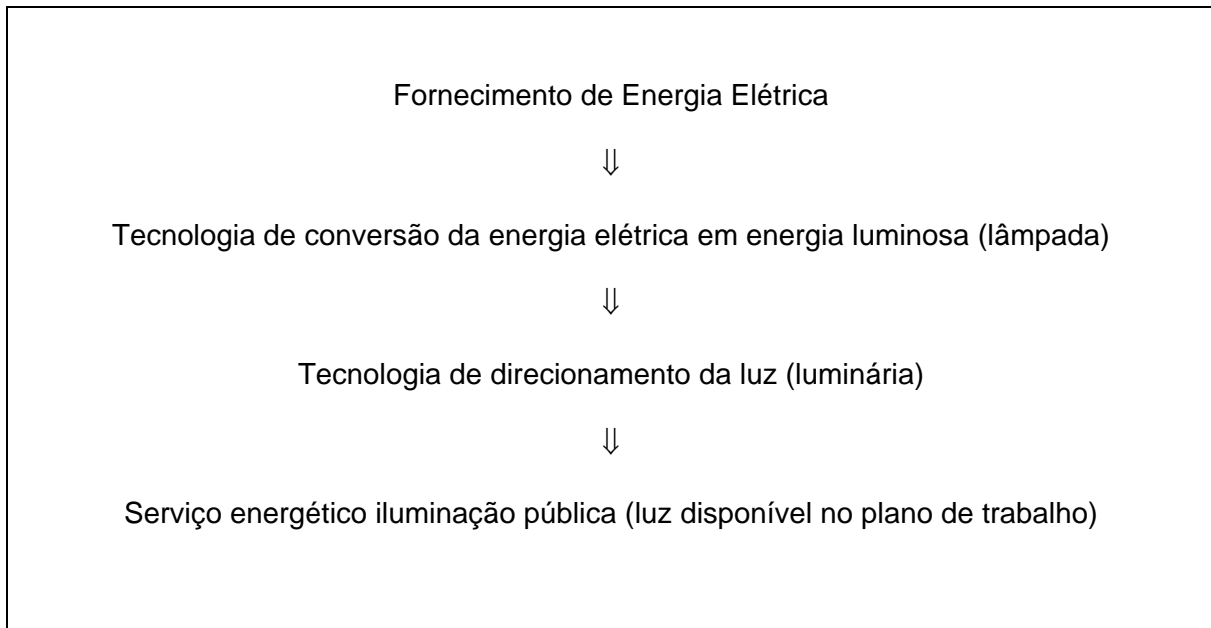
Fonte: Abradee, 2004

### **6.5 Iluminação Pública como Uso Final**

O serviço de iluminação pública consiste na iluminação de vias públicas nos períodos em que se faz necessária a produção de luz para desenvolvimento de atividades humanas. Este serviço é desempenhado por um processo conforme ilustrado no Quadro 6 a seguir.



Quadro 6: Processo de Produção do Serviço Desejado na Iluminação Pública



Fonte: Adaptado de BARBOSA, 2000

Os primeiros programas de eficiência energética na iluminação pública tinham foco na redução de consumo e potência, mas não tinham grande preocupação com a qualidade do serviço. A chamada modernização, atualmente, não se restringe à substituição de lâmpadas e reatores, mas, em geral, também envolve os conjuntos luminotécnicos (luminárias) e em alguns casos conjuntos de fixação das luminárias para que se consiga uma melhora, ou no mínimo a manutenção, do nível de qualidade do serviço existente antes da modernização nos sistemas.

O documento técnico CODI-18.10, de 13/10/1988, apresenta uma proposta para substituição de lâmpadas incandescentes na iluminação pública. O trabalho analisa técnica e economicamente a substituição de lâmpadas incandescentes por lâmpadas a vapor de mercúrio de alta pressão de 80W e, alternativamente, por lâmpadas a vapor de sódio de alta pressão de 50W. O documento recomenda a substituição das

incandescentes de 200W por vapor de mercúrio de 80W. Entretanto, não é mencionada a importância da substituição das luminárias como alternativa de melhoria da qualidade do serviço, pois este componente do sistema de iluminação pública não tinha sua importância reconhecida na ótica dos programas de modernização dos sistemas existentes, ainda que dada relevância pudesse ser uma prioridade para os agentes que efetivamente prestavam os serviços de iluminação pública. O mesmo documento adverte que na substituição por lâmpadas a vapor de sódio “inevitavelmente, na maioria dos casos, seria necessário substituir as luminárias, o que encareceria sobremaneira o serviço.” Ou seja, a substituição das luminárias era vista com restrições.

A potência das lâmpadas e reatores é que definem o serviço, na ótica da concessionária, pois a potência é que fornece o parâmetro para a estimativa de consumo e para a cobrança da fatura. No entanto, para os usuários do serviço de iluminação pública o que define o serviço é a luz que chega ao plano de trabalho, que necessariamente depende do tipo de lâmpada utilizada, mas também das características das luminárias e seu esquema de montagem (distância entre postes, altura de montagem etc.)

Com uma mesma potência de lâmpada instalada ocorrem diversos resultados, como exemplificado no Quadro 7.

Quadro 7: Qualidade do Serviço com Diversas Condições de Sistema de Iluminação  
Considerando uma Mesma Potência de Lâmpada

<b>Lâmpada</b>	<b>Luminária</b>	<b>Montagem</b>	<b>Qualidade do serviço de iluminação pública</b>
Com baixo índice de reprodução de cores em via de grande movimento de pedestres	Baixo rendimento, equipamento reutilizado em estado avançado de vida útil, equipamento com deposição de sujeira	Posteação para rede de distribuição que não foi planejada para iluminação pública, distância entre postes, altura de montagem, ângulo de inclinação e distância em relação ao centro da via do ponto luminoso inadequados	<b>Insatisfatória</b>
Com reprodução de cores adequada ao tipo de via	De alto rendimento ótico, transferindo mais de 85% da luz emitida pela lâmpadas para o plano de trabalho	Uniforme e posteação planejada para sistema de iluminação pública	<b>Satisfatória</b>

Fonte: Elaboração própria

Nessa análise a qualidade do serviço fica em primeiro plano, sem considerar custos de manutenção e operação. Para atender aos requisitos de qualidade, as lâmpadas a vapor de sódio muitas vezes seriam restringidas, pelo baixo índice de reprodução de cores que possuem, incompatível com diversas aplicações, conforme relatado no item 3.2. Tomando como exemplo aqui a situação onde há grande fluxo de pedestres em determinada via e que as lâmpadas a vapor de sódio promovem uma qualidade de reprodução de cores de luz deficiente para que se possa distinguir cores.

## **6.6 Conclusões**

Existe potencial significativo para melhoria da IP no Brasil. Diversas ações já foram tomadas neste sentido, no entanto, parece ser profícuo integrar-se as ações no planejamento da expansão do setor elétrico nacional, de forma que os esforços possam ser direcionados de forma mais eficaz.

O Programa Reluz e o PEE conviveram por um razoável período sem que necessariamente houvesse uma soma de esforços para que as ações dos dois programas tivessem contribuições complementares. Até mesmo o esforço para divulgação dos programas e com treinamento de pessoal para elaboração dos projetos poderia ser coordenado de forma conjunta, de forma que se aumentasse o poder de penetração dos programas.

Destaca-se ainda que a melhoria nos sistemas de IP deve ter como premissa a manutenção ou a melhoria da qualidade do serviço fornecido aos usuários. Não deve se resumir à substituição de lâmpadas, mas de todo o sistema de IP.

## **7 Potenciais de Economia de Energia Elétrica na Iluminação Pública no Brasil**

### ***7.1 Base para Realização dos Estudos***

Através de pesquisa realizada ao longo do ano de 2004 com as distribuidoras de energia elétrica, foi obtida a relação de lâmpadas cadastradas no Brasil (os cadastros existem nas distribuidoras para faturamento da conta de energia elétrica, associada ao consumo nos sistemas de iluminação pública, realizado por estimativa), conforme apresentado na Tabela 10. Através desse cadastro nacional atualizado pode ser feita a caracterização quantitativa da iluminação pública, incluindo-se então a potência instalada e o consumo de energia elétrica.

### ***7.2 Potencial Técnico de Economia de Energia Elétrica***

Com base nos tipos de lâmpadas existentes, pode ser efetuado estudo baseado em alternativas de substituição por novas tecnologias, de forma que para cada ponto luminoso tenha-se um fluxo luminoso equivalente ou superior ao existente. No cadastro de 2004 foram propostas as substituições conforme o Quadro 8 a seguir (em concordância com o Manual de Instruções do Programa Reluz, que tem como premissa básica a equivalência ou o maior fluxo luminoso nas substituições propostas). Os pontos que podem ser substituídos, de acordo com o cadastro nacional de IP, são então apresentados na Tabela 20.

Quadro 8: Alternativas de Substituição Propostas

<b>Tipo de lâmpada existente</b>	<b>Alternativa de substituição proposta</b>
Vapor de Mercúrio 80W	Vapor de Sódio 70W
Vapor de Mercúrio 125W	Vapor de Sódio 100W
Vapor de Mercúrio 250W	Vapor de Sódio 150W
Vapor de Mercúrio 400W	Vapor de Sódio 250W
Incandescente 100W	Vapor de Sódio 70W
Incandescente 150W	Vapor de Sódio 70W
Incandescente 200W	Vapor de Sódio 70W
Mista 160W	Vapor de Sódio 70W
Mista 200W	Vapor de Sódio 70W
Mista 250 W	Vapor de Sódio 70W
Mista 500W	Vapor de Sódio 150W

Obs.1: Observa-se que há cerca de 7.542.559 pontos de iluminação pública “substituíveis” de acordo com as características da coluna 1, conforme apresentado na Tabela 20 a seguir.

Obs. 2: Existem 28.846 lâmpadas incandescentes, mistas ou vapor de mercúrio identificadas no cadastro nacional que não se enquadram na coluna 1 do Quadro 8. Essas lâmpadas por simplificação não foram incluídas no cálculos que serão realizados.

Fonte: Elaboração própria com base em Eletrobrás, 2004a

Tabela 20: Pontos Substituíveis de Acordo com as Premissas Apresentadas

<b>Tipo</b>	<b>Potência (W)</b>	<b>Quantidade</b>
Vapor de Mercúrio	80	2.749.202
	125	2.710.557
	250	679.747
	400	618.893
Incandescentes	100	50.900
	150	155.184
	200	59.853
Mistas	160	357.304
	200	2.389
	250	145.714
	500	12.816
<b>TOTAL</b>		<b>7.542.559</b>

Fonte: Elaboração própria

Aplicando essas premissas de substituição de lâmpadas ao cadastro obtido em 2004, pode-se chegar às estimativas apresentadas no Quadro 9.

Quadro 9: Dados do Cadastro de Potencial Técnico de Economia

<b>Cadastro de 2004</b>		
Potência total instalada:	2.223	MW
Consumo total, considerando 4.380h/ano:	9.736	GWh/ano
Participação no consumo de energia elétrica:	3,23%	do faturado Brasil
<b>Potencial Técnico</b>		
(aplicando substituições propostas)		
Nova potência instalada:	1.921	MW
Consumo total, considerando 4.380h/ano:	8.414	GWh/ano
<b>Reduções Obtidas:</b>		
Potencial de redução de demanda de ponta:	302	MW
Potencial de economia de energia:	1.322	GWh/ano
Economia com redução do consumo:	195,16	milhões R\$/ano
Tarifa média para IP:	147,64 R\$/MWh	(Aneel, 2004)

Fonte: Elaboração própria

Estas estimativas compõem o Potencial Técnico, ou seja, incluem todas as substituições tecnicamente viáveis, sem considerar, no entanto, as restrições de mercado, de viabilidade econômica, e demais, impostas pelos agentes prestadores do serviço de iluminação pública. Maiores detalhes são apresentados posteriormente na Tabela 22.

### **7.3 Potencial Econômico de Economia de Energia Elétrica**

O Potencial Econômico de economia de energia elétrica representa aqui aquela parcela do Potencial Técnico que apresenta viabilidade econômica. A premissa para a



viabilidade econômica é que a alternativa de melhoria da eficiência na IP apresente uma relação benefício / custo maior do que a unidade. Ou seja, que o benefício obtido com custos evitados de demanda e energia seja maior do que o custo para implementação da alternativa. Essa é a ótica de viabilidade para o setor elétrico nacional, pois o benefício considerado corresponde ao benefício obtido com custos evitados de demanda e energia.

A metodologia que será utilizada para cálculo da relação benefício / custo é a proposta pela Agência Nacional de Energia Elétrica – Aneel, nos programas de eficiência energética das concessionárias de energia elétrica, descrita no Anexo I.

Algumas premissas fazem-se, portanto, necessárias:

- A tarifa média nacional para o subgrupo A4, utilizada para cálculo do custo evitado de demanda e de energia, foi obtida para o ano de 2004<sup>15</sup>.
- O fator de carga considerado para as redes de energia elétrica foi de 60%, valor usual considerado pelas concessionárias de distribuição (o fator de carga é necessário pela metodologia da Aneel para se chegar aos custos evitados de energia e de demanda).
- A vida útil dos equipamentos considerada conforme o Manual do Programa Reluz, da Eletrobrás, edição de 2004.
- Os custos de substituição considerados estão de acordo com a Tabela 21, apresentada a seguir.

---

<sup>15</sup> A tarifa média foi calculada através de consulta às tarifas obtidas em resoluções da Aneel de homologação de tarifas de fornecimento para 52 distribuidoras, referentes ao ano de 2004. Essa tarifa também é incluída no cálculo da estimativa de custo evitado de demanda e de energia.

Tabela 21: Custos dos Principais Equipamentos e Materiais Envolvidos numa Substituição  
(em R\$ por unidade)

	VSAP70W	VSAP100W	VSAP150W	VSAP250W
Lâmpada	20,00	25,00	30,00	35,00
Reator	25,00	25,00	32,00	45,00
Luminária	100,00	100,00	120,00	200,00
Relé	20,00			
Braço	50,00			
Conexão e fios	15,00			
Mão-de-obra	40,00			
Transporte & indiretos	5% do total			
Custo por ponto	284,21	289,47	323,16	426,32

Fonte: Elaboração própria com base em pesquisas de preços e histórico de projetos da Eletrobrás (de 2002 a 2005).

Obs.: Os valores apresentados são médias nacionais estimadas e que serão utilizadas nesse estudo. Para maior precisão nos valores é necessária uma especificação técnica mais detalhada dos equipamentos a serem utilizados, bem como uma estimativa de transporte e mão-de-obra que variam de acordo com a localidade considerada.

Com base na tabela de custos dos equipamentos podem ser efetuadas as estimativas de custos de substituição, conforme apresentado na última linha da tabela, como “custo por ponto”. Esta será a premissa de custo de instalação a ser utilizado neste estudo.

Ponderando-se o “custo por ponto” pela quantidade de pontos a serem substituídos por tipo (VSAP70, 100, 150 ou 250), ter-se-ia uma estimativa global de custo médio por ponto associada ao estudo. Portanto, **considerando-se a relação dos pontos substituíveis, pode-se chegar a um custo médio de cerca de R\$ 301 por ponto**<sup>16</sup>.

O potencial econômico será obtido, portanto, através da soma das alternativas economicamente viáveis para cada estado. Ou seja, com relação benefício / custo (RBC) maior do que a unidade. Os resultados podem ser verificados na Tabela 23, Avaliação Econômica e de Mercado, na coluna “RBC”.

Os valores maiores do que a unidade indicam que a substituição é uma boa opção para o sistema elétrico brasileiro, isto é, o custo de implementação é menor do que o benefício obtido com demanda e energia evitadas.

#### ***7.4 Potencial de Mercado de Economia de Energia Elétrica***

O Potencial de Mercado apresenta aqui aquela parcela do Potencial Técnico que poderia ser considerada viável, sob a ótica dos agentes responsáveis pela IP. Considera-se que as prefeituras são os maiores interessados e que, portanto, sob o ponto de vista das mesmas é que deverá haver viabilidade econômica para o projeto de melhoria da IP. Os indicadores que serão utilizados como premissa para análise do investimento pelas prefeituras serão o valor presente líquido (VPL) – como critério de viabilidade econômica

---

<sup>16</sup> Esse custo representa somente um parâmetro comparativo, mas não foi utilizado como dado de entrada para as avaliações econômicas aqui apresentadas.

de mercado – e, de forma a facilitar o entendimento, o tempo de retorno simples (TRS), como critério adicional de convencimento para as prefeituras<sup>17</sup>.

O VPL foi calculado para dez anos, apesar de alguns equipamentos terem vida útil de até vinte anos, pois na ótica das prefeituras considerou-se que é levada em conta uma análise a prazos mais curtos. Nesse período de dez anos de funcionamento foi considerado o custo de reposição de lâmpadas, pois as mesmas possuem vida útil menor do que dez anos. O custo de reposição considerado foi somente o associado à reposição das lâmpadas, sem considerar o custo da intervenção para a manutenção dos sistemas, por questões de simplificação, uma vez que não se dispõe de uma base de dados com custos de manutenção confiáveis, além de haver grande variabilidade nesses custos em função da região.

Observa-se que em todos os estados o VPL calculado com base nas premissas apresentadas foi negativo (ver Tabela 23), o que inviabilizaria os investimentos na ótica considerada para as prefeituras. Os menores valores para o tempo de retorno simples (TRS) foram em torno dos 6 a 7 anos.

No entanto, não se deve esgotar a análise do potencial de mercado de economia de energia elétrica na iluminação pública. Na análise pura do VPL não haveria viabilidade.

---

<sup>17</sup> Prefeituras menos capacitadas podem ter dificuldades na interpretação de ferramentas de análise de investimentos mais eficazes, tal como o VPL, portanto, o tempo de retorno simples pode ser uma alternativa mais adequada para apresentação de cálculos de viabilidade em alguns casos, por isso ela será também aqui apresentada, apesar de não ser utilizada como critério decisivo.

Entretanto, considerando-se que em diversas áreas os sistemas de iluminação pública encontram-se no final da vida útil, ou seja, os sistemas estão fisicamente depreciados<sup>18</sup>, já seriam necessárias intervenções para substituições dos sistemas por outros novos, para que se alcancem níveis de qualidade de serviço aceitáveis. Pode-se, portanto, realizar uma análise de sensibilidade do VPL em função do percentual de sistemas fisicamente depreciados, tal como apresentado nas Tabelas 24 e 25. O investimento que seria necessário para modernização dos sistemas foi descontado do percentual de sistemas fisicamente depreciados, por exemplo, para 50% de depreciação física dos sistemas, foi considerado que somente 50% do investimento para melhoria seria necessário, uma vez que já é necessário substituir o sistema, por não ser mais capaz de prover o mesmo resultado previsto em projeto (nível de qualidade insatisfatório).

Adicionalmente, estudos estatísticos poderiam ser executados em cada local, de forma que se determine a idade média dos sistemas de iluminação. Com base na idade média chega-se a um percentual de depreciação física dos sistemas e pode-se ter maior precisão para os cálculos de viabilidade econômica sob o ponto de vista de mercado. Esse tipo de análise estatística, no entanto, não será realizada aqui e optou-se por um estudo de sensibilidade do Potencial Econômico em função do nível de depreciação física.

---

<sup>18</sup> Os sistemas denominados aqui “depreciados” são aqueles que, além de do ponto de vista econômico encontrarem-se amortizados, também encontram-se depreciados com relação à qualidade do serviço que podem fornecer, visto que já esgotaram sua vida útil. Os sistemas ditos “obsoletos” são na verdade os sistemas que utilizam tecnologia ultrapassada. Um sistema novo pode ser obsoleto, por usar tecnologia obsoleta, mas não tem nenhum grau de depreciação física.

A seguir são apresentados os cálculos de sensibilidade considerando o TRS e o VPL em função do percentual de depreciação física dos sistemas de iluminação pública já instalados. O VPL, apresentado nas Tabelas 24 e 25, e o TRS, apresentado na tabela 26, apresentam grande variabilidade nos estados em função do percentual de depreciação física. Para cada estado encontra-se um percentual a partir do qual existe viabilidade para implementação dos programas de substituição massiva dos sistemas. Os valores de VPL que tornam-se positivos, para cada estado, foram destacados nas Tabelas 24 e 25. Já na Tabela 26, destacaram-se os valores mais próximos de 5 anos<sup>19</sup>, considerado como período razoável para convencimento das prefeituras pela realização dos investimentos.

Como se calculou o VPL para 10 anos, para maior fidelidade com os conceitos de matemática financeira, foi necessária a apresentação de um resultado que considere o valor residual ainda existente, referente à vida útil de luminárias, braços e acessórios, que possuem vida útil considerada de 20 anos. Portanto, foi estimado que ao final de 10 anos ter-se-ia ainda um valor residual que equivaleria à metade do valor considerado para a compra dos equipamentos novos. Esse valor foi atualizado financeiramente ao presente e somado ao VPL anteriormente encontrado. Esse valor residual pode ser imaginado como se fosse o preço de revenda desses equipamentos usados, considerando-se que ainda teriam metade de sua vida útil original ao final de 10 anos. Os dados apresentados na última coluna da Tabela 23 incluem o valor residual e a Tabela 25 apresenta a análise de sensibilidade considerando-se o valor residual.

---

<sup>19</sup> O valor de 5 anos é apenas uma referência comparativa sugerida pelo autor e não restringe os dados apresentados na Tabela 26, que incluem todos os resultados obtidos.

Soares (2003) apresentou estudo de como o financiamento pode viabilizar os projetos de eficiência energética em IP. Esta análise não será aqui efetuada, mas é de suma importância.

Tabela 22: Economia de Energia (Potencial Técnico) por Estado

	Pot Instalada	Pot Instalada	Redução	Energia	Índice
		com a	de Potência	Economizada	Economia
		Substituição		GWh/ano	Energia (%)
Amazonas Total	5,46 MW	4,29 MW	1,17 MW	5,12	21,4%
Roraima Total	2,42 MW	2,01 MW	0,41 MW	1,80	17,0%
Rondônia	6,85 MW	5,74 MW	1,12 MW	4,89	16,3%
Acre	1,46 MW	1,29 MW	0,17 MW	0,75	11,7%
Amapá	5,06 MW	3,66 MW	1,40 MW	6,14	27,7%
Pará	29,60 MW	22,90 MW	6,70 MW	29,33	22,6%
Maranhão	29,73 MW	24,89 MW	4,84 MW	21,21	16,3%
Paraíba Total	28,60 MW	18,05 MW	10,55 MW	46,19	36,9%
Pernambuco	52,10 MW	40,53 MW	11,57 MW	50,68	22,2%
Piauí	17,64 MW	13,18 MW	4,46 MW	19,53	25,3%
Sergipe Total	12,10 MW	7,80 MW	4,29 MW	18,81	35,5%
Ceará	16,73 MW	12,19 MW	4,54 MW	19,89	27,1%
Rio Grande do Norte	6,30 MW	4,72 MW	1,57 MW	6,89	25,0%
Bahia	45,32 MW	29,93 MW	15,39 MW	67,40	34,0%
Alagoas	17,61 MW	12,00 MW	5,61 MW	24,55	31,8%
Tocantins	7,98 MW	6,24 MW	1,74 MW	7,63	21,8%
Goiás Total	84,82 MW	58,48 MW	26,34 MW	115,37	31,1%
Mato Grosso	15,95 MW	11,79 MW	4,17 MW	18,24	26,1%
Mato Grosso do Sul	4,28 MW	3,49 MW	0,79 MW	3,44	18,4%
Distrito Federal	34,15 MW	23,12 MW	11,03 MW	48,33	32,3%
Rio Grande do Sul Total	86,55 MW	57,45 MW	29,09 MW	127,43	33,6%
Santa Catarina Total	47,85 MW	42,32 MW	5,53 MW	24,23	11,6%
Paraná Total	90,59 MW	73,24 MW	17,35 MW	76,01	19,2%
Rio de Janeiro Total	97,86 MW	66,80 MW	31,05 MW	136,01	31,7%
São Paulo Total	270,19 MW	201,84 MW	68,35 MW	299,36	25,3%
Minas Gerais Total	164,47 MW	135,52 MW	28,96 MW	126,82	17,6%
Espírito Santo Total	19,04 MW	15,43 MW	3,61 MW	15,81	19,0%
TOTAL	1200,69 MW	898,89 MW	301,80 MW	1321,87	25,1%

Fonte: Elaboração própria

Tabela 23: Avaliação Econômica e de Mercado

	Economia (R\$/ano)	Custo Substituição	Custo Anualizado	Benefício com Energia e Demanda Evitadas	RBC	TRS	VPL, 10%aa, 10 anos com lâmpada reposta sem custo manutenção	Valor residual (10 anos) braços, luminárias e outros	VPL, 10%aa, 10 anos considerando valor residual
Amazonas Total	R\$ 746.174,85	R\$ 12.498.213,68	R\$ 1.742.218,35	R\$ 1.210.819,75	0,7	16,7	(R\$ 8.536.372,76)	R\$ 1.401.478,77	(R\$ 7.134.893,99)
Roraima Total	R\$ 261.644,11	R\$ 6.175.155,79	R\$ 886.903,05	R\$ 424.570,54	0,5	23,6	(R\$ 4.876.813,58)	R\$ 689.975,98	(R\$ 4.186.837,60)
Rondônia	R\$ 712.322,09	R\$ 16.914.150,53	R\$ 2.430.186,87	R\$ 1.155.886,78	0,5	23,7	(R\$ 13.378.638,74)	R\$ 1.900.296,61	(R\$ 11.478.342,13)
Acre	R\$ 109.096,51	R\$ 4.123.860,00	R\$ 584.432,48	R\$ 177.031,17	0,3	37,8	(R\$ 3.658.699,23)	R\$ 461.220,62	(R\$ 3.197.478,61)
Amapá	R\$ 894.127,07	R\$ 8.455.494,74	R\$ 1.201.357,37	R\$ 1.450.902,17	1,2	9,5	(R\$ 3.395.386,38)	R\$ 945.749,26	(R\$ 2.449.637,12)
Pará	R\$ 4.270.981,39	R\$ 57.293.104,21	R\$ 8.063.931,31	R\$ 6.930.531,89	0,9	13,4	(R\$ 33.963.369,00)	R\$ 6.392.220,99	(R\$ 27.571.148,01)
Maranhão	R\$ 3.088.615,67	R\$ 77.087.671,58	R\$ 11.057.736,82	R\$ 5.011.904,15	0,5	25,0	(R\$ 61.932.249,47)	R\$ 8.644.605,37	(R\$ 53.287.644,10)
Paraíba Total	R\$ 6.726.393,38	R\$ 49.927.080,00	R\$ 6.956.772,78	R\$ 10.914.934,90	1,6	7,4	(R\$ 11.071.213,34)	R\$ 5.643.934,48	(R\$ 5.427.278,86)
Pernambuco	R\$ 7.379.568,00	R\$ 102.223.558,95	R\$ 14.573.754,71	R\$ 11.974.842,94	0,8	13,9	(R\$ 62.029.488,32)	R\$ 11.489.797,26	(R\$ 50.539.691,06)
Piauí	R\$ 2.843.837,03	R\$ 39.856.471,58	R\$ 5.693.271,89	R\$ 4.614.701,26	0,8	14,0	(R\$ 24.367.930,10)	R\$ 4.469.755,64	(R\$ 19.898.174,46)
Sergipe Total	R\$ 2.738.620,28	R\$ 22.221.733,68	R\$ 2.900.355,25	R\$ 4.443.965,79	1,5	8,1	(R\$ 6.504.322,43)	R\$ 2.488.710,85	(R\$ 4.015.611,58)
Ceará	R\$ 2.895.939,94	R\$ 30.634.397,89	R\$ 4.367.716,83	R\$ 4.699.248,78	1,1	10,6	(R\$ 14.366.894,55)	R\$ 3.475.452,03	(R\$ 10.891.442,52)
Rio Grande do Norte	R\$ 1.003.050,10	R\$ 12.796.228,42	R\$ 1.791.744,58	R\$ 1.627.651,83	0,9	12,8	(R\$ 7.281.252,64)	R\$ 1.416.683,64	(R\$ 5.864.569,00)
Bahia	R\$ 9.814.198,40	R\$ 80.817.168,42	R\$ 11.313.225,24	R\$ 15.925.523,61	1,4	8,2	(R\$ 24.566.090,19)	R\$ 9.046.052,32	(R\$ 15.520.037,87)
Alagoas	R\$ 3.575.466,10	R\$ 32.085.694,74	R\$ 4.457.253,93	R\$ 5.801.917,54	1,3	9,0	(R\$ 11.726.036,13)	R\$ 3.602.373,85	(R\$ 8.123.662,28)
Tocantins	R\$ 1.111.168,85	R\$ 17.046.934,74	R\$ 2.391.578,60	R\$ 1.803.096,40	0,8	15,3	(R\$ 11.084.325,13)	R\$ 1.889.104,29	(R\$ 9.195.220,85)
Goias Total	R\$ 16.800.219,16	R\$ 150.099.937,89	R\$ 20.213.967,89	R\$ 27.261.756,48	1,3	8,9	(R\$ 54.397.701,27)	R\$ 16.874.092,43	(R\$ 37.523.608,84)
Mato Grosso	R\$ 2.656.770,15	R\$ 25.610.207,37	R\$ 3.584.828,47	R\$ 4.311.147,39	1,2	9,6	(R\$ 10.585.061,47)	R\$ 2.877.742,34	(R\$ 7.707.319,13)
Mato Grosso do Sul	R\$ 500.770,53	R\$ 8.903.977,89	R\$ 1.232.166,96	R\$ 812.601,55	0,7	17,8	(R\$ 6.281.669,79)	R\$ 979.707,91	(R\$ 5.301.961,88)
Distrito Federal	R\$ 7.037.531,79	R\$ 43.332.461,05	R\$ 6.170.651,88	R\$ 11.419.819,94	1,9	6,2	(R\$ 2.322.837,11)	R\$ 4.927.526,61	R\$ 2.604.689,51
Rio Grande do Sul Total	R\$ 18.556.605,38	R\$ 130.934.521,05	R\$ 17.587.343,67	R\$ 30.111.848,67	1,7	7,1	(R\$ 23.630.386,70)	R\$ 14.637.608,82	(R\$ 8.992.777,88)
Santa Catarina Total	R\$ 3.528.252,60	R\$ 131.884.386,32	R\$ 18.903.423,91	R\$ 5.725.304,08	0,3	37,4	(R\$ 116.739.678,25)	R\$ 14.803.064,72	(R\$ 101.936.613,53)
Paraná Total	R\$ 11.068.128,38	R\$ 201.558.560,00	R\$ 28.057.144,25	R\$ 17.960.278,83	0,6	18,2	(R\$ 143.687.779,98)	R\$ 22.462.481,68	(R\$ 121.225.298,30)
Rio de Janeiro Total	R\$ 19.805.349,36	R\$ 152.953.881,05	R\$ 20.618.065,06	R\$ 32.138.188,57	1,6	7,7	(R\$ 39.070.795,21)	R\$ 17.170.610,88	(R\$ 21.900.184,33)
São Paulo Total	R\$ 43.592.570,22	R\$ 463.349.337,89	R\$ 64.800.871,10	R\$ 70.737.769,70	1,1	10,6	(R\$ 218.951.177,39)	R\$ 52.064.811,59	(R\$ 166.886.365,79)
Minas Gerais Total	R\$ 18.467.875,89	R\$ 353.246.533,68	R\$ 49.831.103,05	R\$ 29.967.867,11	0,6	19,1	(R\$ 257.688.488,61)	R\$ 39.199.788,17	(R\$ 218.488.700,44)
Espírito Santo Total	R\$ 2.302.236,79	R\$ 40.831.488,42	R\$ 5.766.951,47	R\$ 3.735.845,24	0,6	17,7	(R\$ 28.744.054,68)	R\$ 4.554.383,36	(R\$ 24.189.671,32)
<b>TOTAL</b>	<b>R\$ 192.487.514,00</b>	<b>R\$ 2.272.862.211,58</b>	<b>R\$ 317.178.957,78</b>	<b>R\$ 312.349.957,06</b>	<b>1,0</b>	<b>11,8</b>	<b>(R\$ 1.204.838.712,44)</b>	<b>R\$ 254.509.230,45</b>	<b>(R\$ 950.329.481,99)</b>

Fonte: Elaboração própria



Tabela 24: Análise de Sensibilidade no VPL com Percentual de Depreciação Física (expresso em milhões de R\$)

Percentual	0,0	5,0	10,0	15,0	20,0	25,0	30,0	35,0	40,0	45,0	50,0	55,0	60,0	65,0	70,0	75,0	80,0	85,0	90,0	95,0	100,0
Amazonas	-8,5	-7,9	-7,3	-6,7	-6,0	-5,4	-4,8	-4,2	-3,5	-2,9	-2,3	-1,7	-1,0	-0,4	<b>0,2</b>	0,8	1,5	2,1	2,7	3,3	4,0
Roraima	-4,9	-4,6	-4,3	-4,0	-3,6	-3,3	-3,0	-2,7	-2,4	-2,1	-1,8	-1,5	-1,2	-0,9	-0,6	-0,2	<b>0,1</b>	0,4	0,7	1,0	1,3
Rondônia	-13,4	-12,5	-11,7	-10,8	-10,0	-9,2	-8,3	-7,5	-6,6	-5,8	-4,9	-4,1	-3,2	-2,4	-1,5	-0,7	<b>0,2</b>	1,0	1,8	2,7	3,5
Acre	-3,7	-3,5	-3,2	-3,0	-2,8	-2,6	-2,4	-2,2	-2,0	-1,8	-1,6	-1,4	-1,2	-1,0	-0,8	-0,6	-0,4	-0,2	<b>0,1</b>	0,3	0,5
Amapá	-3,4	-3,0	-2,5	-2,1	-1,7	-1,3	-0,9	-0,4	<b>0,0</b>	0,4	0,8	1,3	1,7	2,1	2,5	2,9	3,4	3,8	4,2	4,6	5,1
Pará	-34,0	-31,1	-28,2	-25,4	-22,5	-19,6	-16,8	-13,9	-11,0	-8,2	-5,3	-2,5	<b>0,4</b>	3,3	6,1	9,0	11,9	14,7	17,6	20,5	23,3
Maranhão	-61,9	-58,1	-54,2	-50,4	-46,5	-42,7	-38,8	-35,0	-31,1	-27,2	-23,4	-19,5	-15,7	-11,8	-8,0	-4,1	-0,3	<b>3,6</b>	7,4	11,3	15,2
Paraíba	-11,1	-8,6	-6,1	-3,6	-1,1	<b>1,4</b>	3,9	6,4	8,9	11,4	13,9	16,4	18,9	21,4	23,9	26,4	28,9	31,4	33,9	36,4	38,9
Pernambuco	-62,0	-56,9	-51,8	-46,7	-41,6	-36,5	-31,4	-26,3	-21,1	-16,0	-10,9	-5,8	-0,7	<b>4,4</b>	9,5	14,6	19,7	24,9	30,0	35,1	40,2
Piauí	-24,4	-22,4	-20,4	-18,4	-16,4	-14,4	-12,4	-10,4	-8,4	-6,4	-4,4	-2,4	-0,5	<b>1,5</b>	3,5	5,5	7,5	9,5	11,5	13,5	15,5
Sergipe	-6,5	-5,4	-4,3	-3,2	-2,1	-0,9	<b>0,2</b>	1,3	2,4	3,5	4,6	5,7	6,8	7,9	9,1	10,2	11,3	12,4	13,5	14,6	15,7
Ceará	-14,4	-12,8	-11,3	-9,8	-8,2	-6,7	-5,2	-3,6	-2,1	-0,6	<b>1,0</b>	2,5	4,0	5,5	7,1	8,6	10,1	11,7	13,2	14,7	16,3
Rio Grande do Norte	-7,3	-6,6	-6,0	-5,4	-4,7	-4,1	-3,4	-2,8	-2,2	-1,5	-0,9	-0,2	<b>0,4</b>	1,0	1,7	2,3	3,0	3,6	4,2	4,9	5,5
Bahia	-24,6	-20,5	-16,5	-12,4	-8,4	-4,4	-0,3	<b>3,7</b>	7,8	11,8	15,8	19,9	23,9	28,0	32,0	36,0	40,1	44,1	48,2	52,2	56,3
Alagoas	-11,7	-10,1	-8,5	-6,9	-5,3	-3,7	-2,1	-0,5	<b>1,1</b>	2,7	4,3	5,9	7,5	9,1	10,7	12,3	13,9	15,5	17,2	18,8	20,4
Tocantins	-11,1	-10,2	-9,4	-8,5	-7,7	-6,8	-6,0	-5,1	-4,3	-3,4	-2,6	-1,7	-0,9	<b>0,0</b>	0,8	1,7	2,6	3,4	4,3	5,1	6,0
Goiás	-54,4	-46,9	-39,4	-31,9	-24,4	-16,9	-9,4	-1,9	<b>5,6</b>	13,1	20,7	28,2	35,7	43,2	50,7	58,2	65,7	73,2	80,7	88,2	95,7
Mato Grosso	-10,6	-9,3	-8,0	-6,7	-5,5	-4,2	-2,9	-1,6	-0,3	<b>0,9</b>	2,2	3,5	4,8	6,1	7,3	8,6	9,9	11,2	12,5	13,7	15,0
Mato Grosso do Sul	-6,3	-5,8	-5,4	-4,9	-4,5	-4,1	-3,6	-3,2	-2,7	-2,3	-1,8	-1,4	-0,9	-0,5	<b>0,0</b>	0,4	0,8	1,3	1,7	2,2	2,6
Distrito Federal	-2,3	-0,2	<b>2,0</b>	4,2	6,3	8,5	10,7	12,8	15,0	17,2	19,3	21,5	23,7	25,8	28,0	30,2	32,3	34,5	36,7	38,8	41,0
Rio Grande do Sul	-23,6	-17,1	-10,5	-4,0	<b>2,6</b>	9,1	15,6	22,2	28,7	35,3	41,8	48,4	54,9	61,5	68,0	74,6	81,1	87,7	94,2	100,8	107,3
Santa Catarina	-116,7	-110,1	-103,6	-97,0	-90,4	-83,8	-77,2	-70,6	-64,0	-57,4	-50,8	-44,2	-37,6	-31,0	-24,4	-17,8	-11,2	-4,6	<b>2,0</b>	8,6	15,1
Paraná	-143,7	-133,6	-123,5	-113,5	-103,4	-93,3	-83,2	-73,1	-63,1	-53,0	-42,9	-32,8	-22,8	-12,7	-2,6	<b>7,5</b>	17,6	27,6	37,7	47,8	57,9
Rio de Janeiro	-39,1	-31,4	-23,8	-16,1	-8,5	-0,8	<b>6,8</b>	14,5	22,1	29,8	37,4	45,1	52,7	60,3	68,0	75,6	83,3	90,9	98,6	106,2	113,9
São Paulo	-219,0	-195,8	-172,6	-149,4	-126,3	-103,1	-79,9	-56,8	-33,6	-10,4	<b>12,7</b>	35,9	59,1	82,2	105,4	128,6	151,7	174,9	198,1	221,2	244,4
Minas Gerais	-257,7	-240,0	-222,4	-204,7	-187,0	-169,4	-151,7	-134,1	-116,4	-98,7	-81,1	-63,4	-45,7	-28,1	-10,4	<b>7,2</b>	24,9	42,6	60,2	77,9	95,6
Espírito Santo	-28,7	-26,7	-24,7	-22,6	-20,6	-18,5	-16,5	-14,5	-12,4	-10,4	-8,3	-6,3	-4,2	-2,2	-0,2	<b>1,9</b>	3,9	6,0	8,0	10,0	12,1
TOTAL	-1.204,8	-1.091,2	-977,6	-863,9	-750,3	-636,6	-523,0	-409,3	-295,7	-182,1	-68,4	<b>45,2</b>	158,9	272,5	386,2	499,8	613,5	727,1	840,7	954,4	1.068,0

Fonte: Elaboração própria

Tabela 25: Sensibilidade VPL com Percentual de Depreciação Física (expresso em milhões de R\$) considerando-se o valor residual

Percentual	0,0	5,0	10,0	15,0	20,0	25,0	30,0	35,0	40,0	45,0	50,0	55,0	60,0	65,0	70,0	75,0	80,0	85,0	90,0	95,0	100,0
Amazonas	-7,1	-6,5	-5,9	-5,3	-4,6	-4,0	-3,4	-2,8	-2,1	-1,5	-0,9	-0,3	<b>0,4</b>	1,0	1,6	2,2	2,9	3,5	4,1	4,7	5,4
Roraima	-4,2	-3,9	-3,6	-3,3	-3,0	-2,6	-2,3	-2,0	-1,7	-1,4	-1,1	-0,8	-0,5	-0,2	<b>0,1</b>	0,4	0,8	1,1	1,4	1,7	2,0
Rondônia	-11,5	-10,6	-9,8	-8,9	-8,1	-7,2	-6,4	-5,6	-4,7	-3,9	-3,0	-2,2	-1,3	-0,5	<b>0,4</b>	1,2	2,1	2,9	3,7	4,6	5,4
Acre	-3,2	-3,0	-2,8	-2,6	-2,4	-2,2	-2,0	-1,8	-1,5	-1,3	-1,1	-0,9	-0,7	-0,5	-0,3	-0,1	<b>0,1</b>	0,3	0,5	0,7	0,9
Amapá	-2,4	-2,0	-1,6	-1,2	-0,8	-0,3	<b>0,1</b>	0,5	0,9	1,4	1,8	2,2	2,6	3,0	3,5	3,9	4,3	4,7	5,2	5,6	6,0
Pará	-27,6	-24,7	-21,8	-19,0	-16,1	-13,2	-10,4	-7,5	-4,7	-1,8	<b>1,1</b>	3,9	6,8	9,7	12,5	15,4	18,3	21,1	24,0	26,9	29,7
Maranhão	-53,3	-49,4	-45,6	-41,7	-37,9	-34,0	-30,2	-26,3	-22,5	-18,6	-14,7	-10,9	-7,0	-3,2	<b>0,7</b>	4,5	8,4	12,2	16,1	19,9	23,8
Paraíba	-5,4	-2,9	-0,4	<b>2,1</b>	4,6	7,1	9,6	12,0	14,5	17,0	19,5	22,0	24,5	27,0	29,5	32,0	34,5	37,0	39,5	42,0	44,5
Pernambuco	-50,5	-45,4	-40,3	-35,2	-30,1	-25,0	-19,9	-14,8	-9,7	-4,5	<b>0,6</b>	5,7	10,8	15,9	21,0	26,1	31,2	36,4	41,5	46,6	51,7
Piauí	-19,9	-17,9	-15,9	-13,9	-11,9	-9,9	-7,9	-5,9	-4,0	-2,0	<b>0,0</b>	2,0	4,0	6,0	8,0	10,0	12,0	14,0	16,0	18,0	20,0
Sergipe	-4,0	-2,9	-1,8	-0,7	<b>0,4</b>	1,5	2,7	3,8	4,9	6,0	7,1	8,2	9,3	10,4	11,5	12,7	13,8	14,9	16,0	17,1	18,2
Ceará	-10,9	-9,4	-7,8	-6,3	-4,8	-3,2	-1,7	-0,2	<b>1,4</b>	2,9	4,4	6,0	7,5	9,0	10,6	12,1	13,6	15,1	16,7	18,2	19,7
Rio Grande do Norte	-5,9	-5,2	-4,6	-3,9	-3,3	-2,7	-2,0	-1,4	-0,7	-0,1	<b>0,5</b>	1,2	1,8	2,5	3,1	3,7	4,4	5,0	5,7	6,3	6,9
Bahia	-15,5	-11,5	-7,4	-3,4	<b>0,6</b>	4,7	8,7	12,8	16,8	20,8	24,9	28,9	33,0	37,0	41,1	45,1	49,1	53,2	57,2	61,3	65,3
Alagoas	-8,1	-6,5	-4,9	-3,3	-1,7	-0,1	<b>1,5</b>	3,1	4,7	6,3	7,9	9,5	11,1	12,7	14,3	15,9	17,5	19,1	20,8	22,4	24,0
Tocantins	-9,2	-8,3	-7,5	-6,6	-5,8	-4,9	-4,1	-3,2	-2,4	-1,5	-0,7	<b>0,2</b>	1,0	1,9	2,7	3,6	4,4	5,3	6,1	7,0	7,9
Goiás	-37,5	-30,0	-22,5	-15,0	-7,5	<b>0,0</b>	7,5	15,0	22,5	30,0	37,5	45,0	52,5	60,0	67,5	75,1	82,6	90,1	97,6	105,1	112,6
Mato Grosso	-7,7	-6,4	-5,1	-3,9	-2,6	-1,3	<b>0,0</b>	1,3	2,5	3,8	5,1	6,4	7,7	8,9	10,2	11,5	12,8	14,1	15,3	16,6	17,9
Mato Grosso do Sul	-5,3	-4,9	-4,4	-4,0	-3,5	-3,1	-2,6	-2,2	-1,7	-1,3	-0,8	-0,4	<b>0,0</b>	0,5	0,9	1,4	1,8	2,3	2,7	3,2	3,6
Distrito Federal	<b>2,6</b>	4,8	6,9	9,1	11,3	13,4	15,6	17,8	19,9	22,1	24,3	26,4	28,6	30,8	32,9	35,1	37,3	39,4	41,6	43,8	45,9
Rio Grande do Sul	-9,0	-2,4	<b>4,1</b>	10,6	17,2	23,7	30,3	36,8	43,4	49,9	56,5	63,0	69,6	76,1	82,7	89,2	95,8	102,3	108,8	115,4	121,9
Santa Catarina	-101,9	-95,3	-88,7	-82,2	-75,6	-69,0	-62,4	-55,8	-49,2	-42,6	-36,0	-29,4	-22,8	-16,2	-9,6	-3,0	<b>3,6</b>	10,2	16,8	23,4	29,9
Paraná	-121,2	-111,1	-101,1	-91,0	-80,9	-70,8	-60,8	-50,7	-40,6	-30,5	-20,4	-10,4	-0,3	<b>9,8</b>	19,9	29,9	40,0	50,1	60,2	70,3	80,3
Rio de Janeiro	-21,9	-14,3	-6,6	<b>1,0</b>	8,7	16,3	24,0	31,6	39,3	46,9	54,6	62,2	69,9	77,5	85,2	92,8	100,5	108,1	115,8	123,4	131,1
São Paulo	-166,9	-143,7	-120,6	-97,4	-74,2	-51,0	-27,9	-4,7	<b>18,5</b>	41,6	64,8	88,0	111,1	134,3	157,5	180,6	203,8	227,0	250,1	273,3	296,5
Minas Gerais	-218,5	-200,8	-183,2	-165,5	-147,8	-130,2	-112,5	-94,9	-77,2	-59,5	-41,9	-24,2	-6,5	<b>11,1</b>	28,8	46,4	64,1	81,8	99,4	117,1	134,8
Espírito Santo	-24,2	-22,1	-20,1	-18,1	-16,0	-14,0	-11,9	-9,9	-7,9	-5,8	-3,8	-1,7	<b>0,3</b>	2,4	4,4	6,4	8,5	10,5	12,6	14,6	16,6
TOTAL	-950,3	-836,7	-723,0	-609,4	-495,8	-382,1	-268,5	-154,8	-41,2	<b>72,5</b>	186,1	299,7	413,4	527,0	640,7	754,3	868,0	981,6	1095,2	1208,9	1322,5

Fonte: Elaboração própria

Tabela 26: Análise de Sensibilidade no TRS com Percentual de Depreciação Física (sem considerar valor residual)

Percentual	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95
Amazonas Total	16,7	15,9	15,1	14,2	13,4	12,6	11,7	10,9	10,0	9,2	8,4	7,5	6,7	5,9	<b>5,0</b>	4,2	3,3	2,5	1,7	0,8
Roraima Total	23,6	22,4	21,2	20,1	18,9	17,7	16,5	15,3	14,2	13,0	11,8	10,6	9,4	8,3	7,1	5,9	<b>4,7</b>	3,5	2,4	1,2
Rondônia	23,7	22,6	21,4	20,2	19,0	17,8	16,6	15,4	14,2	13,1	11,9	10,7	9,5	8,3	7,1	5,9	<b>4,7</b>	3,6	2,4	1,2
Acre	37,8	35,9	34,0	32,1	30,2	28,4	26,5	24,6	22,7	20,8	18,9	17,0	15,1	13,2	11,3	9,5	7,6	<b>5,7</b>	3,8	1,9
Amapá	9,5	9,0	8,5	8,0	7,6	7,1	6,6	6,1	5,7	<b>5,2</b>	4,7	4,3	3,8	3,3	2,8	2,4	1,9	1,4	0,9	0,5
Pará	13,4	12,7	12,1	11,4	10,7	10,1	9,4	8,7	8,0	7,4	6,7	6,0	5,4	<b>4,7</b>	4,0	3,4	2,7	2,0	1,3	0,7
Maranhão	25,0	23,7	22,5	21,2	20,0	18,7	17,5	16,2	15,0	13,7	12,5	11,2	10,0	8,7	7,5	6,2	<b>5,0</b>	3,7	2,5	1,2
Paraíba Total	7,4	7,1	6,7	6,3	5,9	5,6	5,2	<b>4,8</b>	4,5	4,1	3,7	3,3	3,0	2,6	2,2	1,9	1,5	1,1	0,7	0,4
Pernambuco	13,9	13,2	12,5	11,8	11,1	10,4	9,7	9,0	8,3	7,6	6,9	6,2	5,5	<b>4,8</b>	4,2	3,5	2,8	2,1	1,4	0,7
Piauí	14,0	13,3	12,6	11,9	11,2	10,5	9,8	9,1	8,4	7,7	7,0	6,3	5,6	<b>4,9</b>	4,2	3,5	2,8	2,1	1,4	0,7
Sergipe Total	8,1	7,7	7,3	6,9	6,5	6,1	5,7	5,3	<b>4,9</b>	4,5	4,1	3,7	3,2	2,8	2,4	2,0	1,6	1,2	0,8	0,4
Ceará	10,6	10,0	9,5	9,0	8,5	7,9	7,4	6,9	6,3	5,8	5,3	<b>4,8</b>	4,2	3,7	3,2	2,6	2,1	1,6	1,1	0,5
Rio Grande do Norte	12,8	12,1	11,5	10,8	10,2	9,6	8,9	8,3	7,7	7,0	6,4	5,7	<b>5,1</b>	4,5	3,8	3,2	2,6	1,9	1,3	0,6
Bahia	8,2	7,8	7,4	7,0	6,6	6,2	5,8	5,4	<b>4,9</b>	4,5	4,1	3,7	3,3	2,9	2,5	2,1	1,6	1,2	0,8	0,4
Alagoas	9,0	8,5	8,1	7,6	7,2	6,7	6,3	5,8	5,4	<b>4,9</b>	4,5	4,0	3,6	3,1	2,7	2,2	1,8	1,3	0,9	0,4
Tocantins	15,3	14,6	13,8	13,0	12,3	11,5	10,7	10,0	9,2	8,4	7,7	6,9	6,1	5,4	<b>4,6</b>	3,8	3,1	2,3	1,5	0,8
Goiás Total	8,9	8,5	8,0	7,6	7,1	6,7	6,3	5,8	5,4	<b>4,9</b>	4,5	4,0	3,6	3,1	2,7	2,2	1,8	1,3	0,9	0,4
Mato Grosso	9,6	9,2	8,7	8,2	7,7	7,2	6,7	6,3	5,8	5,3	<b>4,8</b>	4,3	3,9	3,4	2,9	2,4	1,9	1,4	1,0	0,5
Mato Grosso do Sul	17,8	16,9	16,0	15,1	14,2	13,3	12,4	11,6	10,7	9,8	8,9	8,0	7,1	6,2	<b>5,3</b>	4,4	3,6	2,7	1,8	0,9
Distrito Federal	6,2	5,8	5,5	5,2	<b>4,9</b>	4,6	4,3	4,0	3,7	3,4	3,1	2,8	2,5	2,2	1,8	1,5	1,2	0,9	0,6	0,3
Rio Grande do Sul	7,1	6,7	6,4	6,0	5,6	5,3	<b>4,9</b>	4,6	4,2	3,9	3,5	3,2	2,8	2,5	2,1	1,8	1,4	1,1	0,7	0,4
Santa Catarina Total	37,4	35,5	33,6	31,8	29,9	28,0	26,2	24,3	22,4	20,6	18,7	16,8	15,0	13,1	11,2	9,3	7,5	<b>5,6</b>	3,7	1,9
Paraná Total	18,2	17,3	16,4	15,5	14,6	13,7	12,7	11,8	10,9	10,0	9,1	8,2	7,3	6,4	5,5	<b>4,6</b>	3,6	2,7	1,8	0,9
Rio de Janeiro Total	7,7	7,3	7,0	6,6	6,2	5,8	5,4	<b>5,0</b>	4,6	4,2	3,9	3,5	3,1	2,7	2,3	1,9	1,5	1,2	0,8	0,4
São Paulo Total	10,6	10,1	9,6	9,0	8,5	8,0	7,4	6,9	6,4	5,8	5,3	<b>4,8</b>	4,3	3,7	3,2	2,7	2,1	1,6	1,1	0,5
Minas Gerais Total	19,1	18,2	17,2	16,3	15,3	14,3	13,4	12,4	11,5	10,5	9,6	8,6	7,7	6,7	5,7	<b>4,8</b>	3,8	2,9	1,9	1,0
Espírito Santo Total	17,7	16,8	16,0	15,1	14,2	13,3	12,4	11,5	10,6	9,8	8,9	8,0	7,1	6,2	<b>5,3</b>	4,4	3,5	2,7	1,8	0,9
TOTAL	11,8	11,2	10,6	10,0	9,4	8,9	8,3	7,7	7,1	6,5	5,9	5,3	<b>4,7</b>	4,1	3,5	3,0	2,4	1,8	1,2	0,6

Fonte: Elaboração própria

### ***7.5 Análise dos Potenciais de Economia de Energia no Parque Nacional de Iluminação Pública***

A discretização realizada para os cálculos de viabilidade tomou como unidade os estados brasileiros. Ou seja, a menor unidade de agrupamento de pontos de iluminação para cálculo da viabilidade foram os estados. No entanto, caberia uma discretização mais precisa, para cada um dos municípios brasileiros, utilizando os mesmos critérios aqui estabelecidos, mas com especificação de custos associada a cada projeto.

Esses projetos para cada município, ou mesmo para localidades específicas de dentro dos municípios, permitiriam uma avaliação específica sob a ótica de cada prefeitura. No entanto, para uma estimativa global, foco deste trabalho, a discretização por estado permite que se chegue a um resultado de uma forma expedita, que atende aos propósitos da análise. No entanto, os resultados finais devem ser analisados levando-se em conta essas ponderações.

Apesar de existirem potenciais de economia de energia elétrica da ordem de até 37%, tal como no estado da Paraíba, observa-se que nem sempre a modernização dos sistemas é viável economicamente, dependendo da ótica de análise.

A Tabela 27 a seguir apresenta os potenciais de economia de energia elétrica de forma consolidada.

Tabela 27: Resumo dos Potenciais de Economia de Energia Elétrica nos Sistemas de Iluminação Pública (expressos em potência elétrica, MW)

	Percentual de depreciação física			
	0%	30%	50%	70%
Potencial Técnico	301,80 MW	301,80 MW	301,80 MW	301,80 MW
Potencial Econômico	211,81 MW	211,81 MW	211,81 MW	211,81 MW
Potencial de Mercado	0 MW	134,76 MW	236,11 MW	296,09 MW

Fonte: Elaboração própria

O Potencial Técnico calculado admite que todas as substituições tecnicamente viáveis podem ser implementadas. Chega-se a um potencial da ordem de 302MW, o que representa uma economia de 1,32 TWh/ano em energia.

Considera-se aqui que o Potencial Econômico não varia em função do grau de depreciação física dos sistemas, pois se trata de uma avaliação de viabilidade econômica na ótica das concessionárias, sob o aspecto de custos evitados com demanda e energia, não tendo uma relação direta com a qualidade do serviço ou com a priorização de despesas, uma vez que os recursos para modernização dos sistemas deverão em geral serem desembolsados pelos municípios.

O Potencial de Mercado é apresentado como função do percentual de sistemas fisicamente depreciados existentes e considera o valor residual de determinados equipamentos ao final de 10 anos de operação. Quando não há depreciação física nos sistemas, não faria sentido para as prefeituras realizar os investimentos e não se tem viabilidade, significando zero de economia de energia possível na tabela (0MW). Para

50% de depreciação física dos sistemas, o Potencial de Mercado está muito próximo em economia de energia ao Potencial Econômico. Neste ponto, admite-se que 50% do custo necessário para a modernização dos sistemas representam um dispêndio necessário para que o sistema existente volte a ter as características de qualidade de serviço para as quais foi projetado. Portanto, esses 50% do custo para a modernização foram subtraídos do investimento necessário no cálculo de viabilidade. O mesmo raciocínio foi aplicado para outros percentuais de depreciação física dos sistemas. Com o aumento do grau de depreciação física o Potencial de Mercado chega a superar o Potencial Econômico.

### **7.6 Estímulos à Melhoria da Eficiência**

Apesar de os potenciais apresentados serem significativos e viáveis, conforme demonstrado, julga-se aqui que para se implementar projetos de melhoria das instalações com foco na eficiência energética na iluminação pública é necessário que se criem facilitadores. Um dos estímulos seria aumentar o poder de penetração de mecanismos já existentes.

No atual modelo do Programa Reluz, o programa de financiamento para sistemas de iluminação pública da Eletrobrás, as concessionárias não têm como uma obrigação a realização da modernização na IP. Os recursos da Reserva Global de Reversão (RGR) estão disponíveis para utilização em condições atrativas, entretanto, muitas vezes as concessionárias não se interessam pelo Programa, por vários motivos, tais como:

- concessionárias já possuem planejamento de aplicação dos recursos obrigatórios em eficiência energética em outras ações<sup>20</sup> (de resultados algumas vezes dificilmente mensuráveis). Neste íterim, deve-se lembrar que a eficiência energética na iluminação pública, desde que realmente comprovada, não traz muitas dúvidas com relação à efetividade das ações e os benefícios em termos de economia de energia (MWh) e de redução da demanda no horário de ponta (kW) são facilmente mensurados;
- concessionárias têm dúvidas com relação à condição financeira das prefeituras, muitas das quais encontram-se freqüentemente em inadimplência com as suas contas mensais de energia elétrica;
- burocracia para obtenção dos financiamentos junto aos organismos de governo, que sofrem com as mudanças de administração.

Neste contexto, medidas que poderiam estimular a entrada das concessionárias nos programas seriam:

- mecanismos que estabelecessem garantias para garantir que o pagamento das parcelas relativas aos financiamentos de iluminação pública sejam honrados pelos municípios;
- aplicação compulsória pelas concessionárias de uma parcela de recursos em eficiência energética na IP;

---

<sup>20</sup> No ciclo 2005/2006 do Programa de Eficiência Energética da Aneel, que orienta a aplicação pelas concessionárias dos recursos compulsórios em eficiência energética, não poderão ser aplicados recursos em projetos de eficiência energética em iluminação pública.

Com relação aos municípios, também se observa que há deficiências que muitas vezes os impedem de realizar a modernização dos sistemas de iluminação pública, tais como:

- falta de capacitação para avaliação econômica de projetos;
- falta de informação;
- relações ruins com concessionárias, o que dificulta o acesso a recursos, tais como os oferecidos pelo Programa Reluz;
- Falta de diálogo com concessionárias, o que restringe o acesso a informações e desenvolvimento no uso da energia elétrica, visto que as concessionárias possuem competência nessa área, além de competência nas áreas de manutenção e intervenções na rede de energia elétrica.

Medidas de contorno para esses problemas identificados podem auxiliar na implementação dos programas de substituição dos sistemas de iluminação pública. Soares (2003) apresentou avaliação de como o financiamento é importante para se viabilizar os programas de melhoria da IP.

### ***7.7 Benefícios Diretos e Indiretos dos Programas de Eficiência na IP***

Apesar de critérios econômicos aplicados ao cadastro de iluminação pública já justificarem os programas de eficiência para a iluminação pública, uma avaliação dos demais benefícios deve ser realizada para que se tenha uma avaliação qualitativa.



### *Geração de Empregos*

Através de pesquisa realizada com diversos municípios que implementaram programas de eficiência energética na IP, em particular o ReLuz, (ver Anexo II) obtiveram-se os dados apresentados no Quadro 10 para composição de equipes de gestão, projeto e execução das obras de melhoria dos sistemas.

Quadro 10: Homem-hora Envolvidos nas Obras de Melhoria dos Sistemas de IP

<b>Total atividades</b>	<b>Total HH</b>	<b>Atividades/HH</b>
3719	2880	1,29
6648	4800	1,39
3016	2880	1,05
3170	2880	1,10
3859	3360	1,15
3073	2880	1,07
6950	5280	1,32
746	1440	0,52
1689	2400	0,70
2714	2880	0,94
6686	5280	1,27
6382	5280	1,21
	<b>Média</b>	<b>1,08</b>
	<b>Desvio</b>	<b>0,26</b>

Fonte: Elaboração própria com dados obtidos da pesquisa descrita no Anexo II

A quantidade de atividades representa a soma de quantidade luminárias, lâmpadas e braços substituídos. A coluna homem-hora (HH) representa o total de envolvidos em gestão, projeto e execução das obras multiplicado pelo número de horas em que estiveram envolvidos no projeto. Pode-se assim obter o indicador atividades/HH para uma estimativa global de quantidade de empregos que seriam gerados no caso da substituição em massa.

Isto é, para um total de 7,54 milhões de pontos substituíveis apresentados no Potencial Técnico, ter-se-ia uma quantidade de cerca de 3 x 7,54 milhões de atividades, incluindo os conjuntos com lâmpadas, luminária e braços. Numa estimativa hipotética, para realizar essa quantidade de atividades seriam necessários cerca de 10 mil pessoas trabalhando durante cerca de um ano em todo o país na atividade de substituição dos sistemas, numa jornada de 44 h / semana.

#### *Redução dos Custos de Manutenção*

Dependendo do nível de obsolescência e depreciação física dos equipamentos constituintes dos sistemas existentes, a opção mais viável para redução dos custos de manutenção pode ser a substituição por completo dos sistemas, de forma a reduzir estoques e gerar padronização nos sistemas.

#### *Benefícios para as Concessionárias de Energia Elétrica*

Redução de perdas operativas com a redução de carga no horário de ponta, deslocamento de consumo para outros segmentos onde a tarifa seria mais atrativa, além dos custos evitados em expansão da oferta já evidenciados no Potencial Econômico.

### *Evolução da Tecnologia*

O uso de tecnologias mais novas em detrimento de tecnologias já ultrapassadas, com ganhos de eficiência, vem a estimular o uso e a fabricação de tecnologias mais modernas.

### *Benefícios para os Municípios*

A melhoria da qualidade dos sistemas de iluminação pública traz dignidade para os locais mais deficientes em infra-estrutura. A iluminação pública para esse tipo de localidade é recebida como um grande estímulo e valorização dos ambientes durante a noite que muitas vezes muda repentinamente a vida social de comunidades.

A melhoria da qualidade dos sistemas, além da redução dos gastos municipais com manutenção e fornecimento de energia elétrica, promove uma melhor prestação do serviço de iluminação pública, o que traz aprovação para as administrações municipais.

Segundo o IBAM (Instituto Brasileiro de Administração Municipal, 2004), o Plano Municipal de Gestão de Energia Elétrica da Cidade de Salvador, iniciado em 1997, permitiu a redução de 38% no consumo de energia elétrica da iluminação pública (cerca de 39 GWh/ano), representando uma economia de R\$ 2,9 milhões por ano. O projeto contemplou a modernização de 103.248 dos atuais cerca de 116.353 pontos de iluminação instalados. O Programa de Eficiência da Rede de Iluminação Pública da Cidade do Rio de Janeiro trouxe desde meados de 1998, uma economia anual de R\$ 7 milhões, com a substituição de aproximadamente 85.000 lâmpadas eficientes. Cerca de

74% do consumo (726.000 MWh) municipal corresponde à iluminação pública. E os principais projetos eficientes realizados, destacando-se a dos Municípios de Salvador, Porto Alegre, Campo Grande e João Pessoa, teriam totalizado 93.732 MWh de energia conservada. O resultado da apuração da Enquete tabulada no Formulário de Adesão da Rede Cidades Eficientes e do Auto-Diagnóstico para Avaliação da Eficiência Energética nos Municípios, mostrou que 83,66% dos Municípios têm interesse em desenvolver projetos de combate ao desperdício de energia elétrica em iluminação pública, seguida de 76,80% em prédios públicos, 47,06% em educação, 45,75% em saneamento, 14,71% outros (eletrificação rural) e 2,94% não responderam.

### **7.8 Conclusões**

Os 300 MW de redução de potência tecnicamente viáveis são a demonstração do enorme potencial ainda existente para melhoria dos sistemas de iluminação pública. Não obstante, as restrições econômicas imposta pelo setor elétrico e as restrições de mercado imposta pelas prefeituras podem reduzir esse potencial, mas diversos fatores podem fazer com que se chegue mais perto no potencial técnico, tal como depreciação física dos sistemas e financiamentos.

Os potenciais de economia de energia elétrica são a demonstração da importância dos programas de melhoria, numa visão global. No entanto, não se deve deixar de integrar a essa visão a importância da IP para as localidades com índices de atendimento com infra-estrutura básica deficientes, tal como mostrado no Capítulo 4.

## 8 Conclusão

A iluminação pública foi a origem das indústrias de rede de gás e energia elétrica, que vieram a se tornar o paradigma mundial para distribuição dessas duas formas de energia. A indústria do petróleo também se iniciou de forma a abastecer de querosene os lampiões para iluminação pública. Um dos primeiros serviços energéticos viabilizados pela energia elétrica foi a iluminação pública.

A iluminação pública não é essencial para a sobrevivência dos seres humanos, mas tem caráter fundamental para elevar a auto-estima das comunidades, principalmente das menos favorecidas, servindo inclusive como estímulo à cidadania.

Existe forte relação entre índices de atendimento com serviço de iluminação pública e índices de atendimento de desenvolvimento local. Essa forte relação fica mais evidente nas regiões Nordeste, Sul, Sudeste e Centro-Oeste. Na região Norte essa relação fica mais distante, provavelmente devido às especificidades locais bastante antagônicas em relação ao restante do país. Os índices de atendimento que se situam mais próximos ao índice de atendimento da iluminação pública são rede de abastecimento de água, esgotamento sanitário, existência de sanitário, coleta de lixo, iluminação elétrica, enquanto que telefonia e pavimentação, além de encontrarem uma grande variação nos estados, encontram-se com índices de atendimento bastante diferentes, não sendo adequadas para associações com o atendimento com serviço de iluminação pública.

Com a aplicação das novas tecnologias na IP, as necessidades da sociedade poderão ser atendidas com considerável redução na potência instalada por ponto. Sob a ótica das concessionárias, essa energia elétrica economizada, resultante da aplicação das novas tecnologias, poderá ser disponibilizada para outros segmentos onde a tarifa é mais atrativa.

A potência instalada não é o suficiente para descrever a qualidade do serviço de iluminação pública, pois o serviço depende das tecnologias utilizadas, essencialmente de sua eficiência na conversão da energia elétrica em energia luminosa e do rendimento das luminárias. Apesar disso, o serviço é atualmente cobrado com base somente na potência das lâmpadas. Através de indicadores de qualidade que tivessem influência na remuneração pelo serviço poderia ser estimulada melhora na qualidade do serviço. No entanto, como a responsabilidade pela prestação do serviço de IP é dos municípios e pelo fornecimento da energia elétrica das concessionárias, a solução não seria simples. No caso do Peru alguns indicadores de qualidade têm se mostrado eficazes, pois o serviço de IP, apesar de ser de responsabilidade dos municípios, é concedido às concessionárias e regulado através de um órgão do governo.

A existência de um tributo específico para IP parece ser necessária para que exista uma regularidade no financiamento da IP e para que o seu custeio não seja em função de outras prioridades das administrações municipais.

Há poucos mecanismos formais para a melhoria da qualidade do serviço de iluminação pública prestado, portanto, essa é uma área onde ações legais poderiam estimular a melhoria dos serviços, a exemplo do que foi apresentado para o caso do Peru.

A composição da tarifa de iluminação pública poderia ter influência da qualidade dos serviços prestados (principalmente quando há concessão dos serviços), tal como:

- verificações amostrais, por exemplo, dos níveis de iluminância, de forma que houvesse um estímulo aos prestadores do serviço pela melhoria na qualidade (incluindo todos elementos dos sistemas de iluminação pública<sup>21</sup>);
- fator de majoração quando houvesse melhoria das tecnologias utilizadas nos sistemas de iluminação pública.

Neste trabalho não se realizou pesquisa para identificação do nível de obsolescência, depreciação física e tecnológico dos sistemas de iluminação pública. Essa pesquisa permitiria uma avaliação global dos sistemas de iluminação, chegando-se ao serviço de fato entregue aos usuários e comparando-o ao consumo de energia pelos sistemas que estão instalados no país.

Estudos mais aprofundados sobre custos de manutenção e expansão são necessários para que se possa calcular tarifas de consumo de energia elétrica com mais precisão para cada região, assim como se calcular a contribuição para iluminação pública

---

<sup>21</sup> A expressão “sistemas de iluminação” foi definida na Introdução deste trabalho e não faz referência somente às lâmpadas, que efetivamente representam a maior contribuição para a redução das potências finais de cada sistema, mas a todo o conjunto luminotécnico, incluindo suportes, luminárias, chaves de comando e reatores. Ou seja, todo o sistema responsável por prover, a partir de determinado insumo energético, o serviço de iluminação pública. Todos os componentes do sistema são importantes, pois participam para um melhor aproveitamento da energia na produção da luz visível, seja na conversão da energia em energia luminosa, seja no direcionamento do fluxo luminoso para o plano de trabalho, a superfície das vias públicas.

(CIP) com maior propriedade, uma vez que os municípios estabelecem critérios próprios (e alguns até arbitrários) para sua cobrança.

A reutilização de equipamentos em locais que ainda não disponham de iluminação pública poderia ser aceita, entretanto seriam necessárias formas práticas de avaliação da vida útil nos equipamentos reutilizados, de forma que fossem justificados os custos de retirada e re-instalação, pois, caso os equipamentos reutilizados estejam em final de vida útil, pode ser necessária nova intervenção na rede para substituí-los transcorrido um pequeno período. Estudos de ciclo de vida seriam interessantes.

Com relação à viabilidade econômica da melhoria dos sistemas com base na melhoria da eficiência dos sistemas, observa-se que devem ser realizadas análises sobre a ótica dos diversos agentes. Apesar de as análises terem sido feitas com premissas estipuladas, mostra-se que em função de cada expectativa têm-se diferentes potenciais de economia de energia. Caso sejam considerados somente aspectos técnicos para a melhoria dos sistemas, tem-se um Potencial Técnico. No entanto, assumindo-se o critério admitido como premissa de viabilidade econômica pelo setor elétrico brasileiro, tem-se um Potencial Econômico. Com as expectativas de retorno dos investimentos na melhoria dos sistemas pelas prefeituras, tem-se um Potencial de Mercado. Com base nos potenciais Econômico e de Mercado, obtém-se um Potencial Global de viabilidade atual da melhoria nos sistemas. Essas implementações de melhoria não são automaticamente implementadas por diversos fatores, tais como:

- outra prioridade de investimentos por parte dos municípios;
- escassez de recursos;
- falta de informação e falta de competência técnica nos municípios para análises econômico-financeiras;



- aspectos políticos diversos (relações entre concessionárias e municípios, dependência das decisões nos municípios nos prefeitos etc.);
- facilidade de restrição de investimentos na iluminação pública sem impactos tão importantes se comparados com aspectos básicos, como educação e saúde.

Portanto, programas de estímulo às obras de melhoria dos sistemas, tal como o Programa Reluz, da Eletrobrás, têm caráter fundamental para que os sistemas de iluminação pública sejam modernizados. Permitindo gastos com energia elétrica otimizados, representando uma menor parcela nos orçamentos municipais e otimização da utilização dos recursos energéticos com maior eficiência, ou seja, com serviços equivalentes fornecidos com quantidades menores de insumos energéticos.

#### *Sugestões de Trabalhos Futuros*

Serão aqui apresentados alguns temas, referentes à iluminação pública no Brasil, que foram levantados com a realização desse trabalho que são limitações deste trabalho, portanto, serão aqui relacionados como sugestões para um maior desenvolvimento futuro:

1. A influência da medição do consumo como fator de deterioração do cadastro nacional de iluminação pública;
2. Estatísticas de depreciação física dos sistemas de iluminação pública;
3. Estatísticas de índices de atendimento, por localidades;
4. Análise de vida útil de sistemas de iluminação;
5. Análise e previsões de expansão dos sistemas de iluminação pública;
6. Cenários de evolução da IP no Brasil;
7. Análise energética e análise de ciclo de vida na IP;

8. Custo de oportunidade para concessionárias, considerando que a economia de energia elétrica na IP poderia ser fornecida a outros segmentos onde a tarifa é mais atrativa para as concessionárias;
9. Estudo estatístico correlacionando índices de criminalidade com a IP;
10. Levantamento de custos, tempo e geração de empregos nas intervenções de manutenção em IP;
11. Demanda social por infra-estrutura básica, por localidade;
12. Relação entre investimentos públicos e índices de atendimento de infra-estrutura básica (indicadores de desenvolvimento local);
13. Alternativas de financiamento público para infra-estrutura básica;
14. A viabilização de programas de melhoria da eficiência na IP através de financiamento.

## 9 Referências Bibliográficas

- ABILUX, 2001– *Associação Brasileira da Indústria de Iluminação - 3ª Reunião do Grupo de Trabalho sobre Lâmpadas Mercuriais da Câmara Técnica do CONAMA - Dados Técnicos de Lâmpadas contendo Mercúrio* - Brasília, DF.
- ACEVEDO, M. R., 2004 – *Mitos y Realidades del Alumbrado Público de Eletricidad* – Luxamerica 2004 – 10p.
- ANEEL - *Manual para Elaboração do Programa Anual de Combate ao Desperdício de Energia Elétrica da ANEEL* – Ciclo 1999/2000, disponível em [www.aneel.gov.br](http://www.aneel.gov.br) (acesso em jan/2005).
- \_\_\_\_\_ - *Relatório Síntese dos Programas de Combate ao Desperdício de Energia Elétrica* – Ciclo 1998/99, out/1999, disponível em [www.aneel.gov.br](http://www.aneel.gov.br) (acesso em jan/2006).
- ATKINS, S., 1991 – *The Influence of Street Lighting on Crime and Fear of Crime* – Home Office Crime Prevention Unit, Londres – 59p.
- BARBOSA, R., 2000 – *A Gestão e o Uso Eficiente da Energia Elétrica nos Sistemas de Iluminação Pública* (Dissertação) – USP, São Paulo – 182p.
- \_\_\_\_\_, 1996 – *Princípios e Diretrizes para uma Política de Iluminação Pública Eficiente em João Pessoa* – IEE/USP – 22p.
- BREMAEKER, F. E. J. de – *A Iluminação Pública no Brasil: Situação e Custeio* – IBAM, 2001 – 13p.
- CEB, 2003 – *Iluminação Pública no Distrito Federal - Companhia Energética de Brasília* – disponível em [www.ceb.com.br](http://www.ceb.com.br) (acesso em dez/2004).
- CLDC, 2005 - *City Lights Design Competition – A Brief History of Street Lighting in New York City* – disponível em [www.nyc.gov](http://www.nyc.gov) (acesso em jul/2005).
- CLARK, B. A. J. , 2002 – *Outdoor Lighting an Crime, Part 1: Little or no Benefit* – Astronomical Society of Victoria, Australia – disponível em <http://www.asv.org.au> (acesso em jul/2005)
- CODI, 1984 – *Iluminação Pública, Procedimentos Comerciais, Recomendações* – Relatório SCSC.30.02 de 28/11/1984, Comitê de Distribuição (CODI). Abradee, Rio de Janeiro – 27p.

- \_\_\_\_\_, 1988 – *Substituição de Lâmpadas Incandescentes no Sistema de Iluminação Pública* – Relatório SCPE.33.01 de 13/10/1988. Comitê de Distribuição (CODI), Abradee, Rio de Janeiro, 51p.
- CONTADOR, C., 2000 – *Projetos Sociais, Avaliação e Prática* – Ed. Atlas, São Paulo, 4<sup>a</sup>.ed, 375p.
- COSTA, G. J. C. da, 1998 – *Iluminação Econômica: Cálculo e Avaliação - Procel* - Ed. Edipucrs, Porto Alegre– 503p.
- DOE, 2002- *U.S. Lighting Market Characterization, Volume I: National Lighting Inventory and Energy Consumption Estimate* – DOE - U.S. Department of Energy, EUA – 120p.
- ELETROBRÁS, 1995 – *Planilha com Pesquisa Nacional de Potencial de Conservação de Energia em Iluminação Pública*, PROCEL/RELUZ (documento interno Eletrobrás).
- \_\_\_\_\_, 1996 – *Cadastro Nacional de Iluminação Pública de 1995* - Gerência de Iluminação Pública do Procel, PROCEL (documento interno Eletrobrás).
- \_\_\_\_\_, 1999 – *Planilha com Pesquisa Nacional de Potencial de Conservação de Energia em Iluminação Pública*, PROCEL (documento interno Eletrobrás).
- \_\_\_\_\_, 2001 – *Conservação de Energia Elétrica, Eficiência Energética em Instalações e Equipamentos* – PROCEL - Eletrobrás/EFEL – 467p.
- \_\_\_\_\_, 2002a – *A Implantação do ReLuz nas Cidades Brasileiras* – artigo do IX CBE, Rio de Janeiro.
- \_\_\_\_\_, 2002b – *Eletrobrás 40 anos* – Centro da Memória da Eletricidade no Brasil, Rio de Janeiro – 196p.
- \_\_\_\_\_, 2003 – *Mercado e Carga Própria, Anual 2002* – Rio de Janeiro - 50p.
- \_\_\_\_\_, 2004a - *Manual do Programa ReLuz* , Eletrobrás/PROCEL – Rio de Janeiro – 55p – disponível em [www.eletobras.com/procel](http://www.eletobras.com/procel).
- \_\_\_\_\_, 2004b – *Cadastro Nacional de Iluminação Pública de 2003* – Departamento de Desenvolvimento de Projetos Especiais, PROCEL (documento interno Eletrobrás).
- \_\_\_\_\_, 2004c – *Guia Técnico Procel-ReLuz* – Eletrobrás, PROCEL, Rio de Janeiro – 175p.

\_\_\_\_\_, 2004d – *Planilha com Pesquisa Nacional de Potencial de Conservação de Energia em Iluminação Pública* (documento interno Eletrobrás).

\_\_\_\_\_, 2004e – *Planilha: Consumo Faturado em 2003, por segmentos, DEM* (documento interno Eletrobrás).

\_\_\_\_\_, 2004f – *Descarte de Lâmpadas de Iluminação Pública – Eletrobrás/PROCEL, Rio de Janeiro – 12p. - disponível em [www.eletrabras.com/procel](http://www.eletrabras.com/procel).*

\_\_\_\_\_, 2006a, *Planilha de Acompanhamento do Programa Reluz* (documento interno Eletrobrás).

\_\_\_\_\_, 2006b, *Substituição de luminárias convencionais por luminárias a LED na Iluminação Pública*, 18p. (documento interno Eletrobrás).

\_\_\_\_\_, 2006c, *Pesquisa em Iluminação Pública, Programa Reluz - jan/2006* (documento interno Eletrobrás).

FRANCISCO, J.A., 2002 – *A proposta de emenda constitucional para a TIP – disponível em <http://jaf.tripod.com.br/monografias/tip2.htm>, 2p.*

FRÓES, L. L.; SIQUEIRA, M. da C.; RAMALHO, C. R. de J. L.; COIMBRA, C. M.; ANJOS, M. F. R. dos; SANTOS, S. N. P.; FONSECA, V. Z. da; PINTO, A.B.A. , 2004 - *Findings, Results and Monitoring Brazil's Efficient Street-Lighting Program – ReLuz – Septimo Congreso Panamericano de Iluminación - Luxamerica, Lima, Peru, 5p.*

FRÓES, L.L.; ANJOS, M. F. R. dos; MARIOTO, W.; SANTOS, S. N. P.; RAMALHO, C. R. de J. L.; FONSECA, V. Z. da; PINTO, Á. B. A.; SIQUEIRA, M. da C.; SILVA, L. A. L. , 2005 – *Perspectivas e Panorama da Iluminação Pública no Brasil – artigo IX SNPTEE / GCE, 7p. – Premiado com segundo lugar no GCE (Grupo de Estudos em Conservação de Energia).*

FRÓES, L. L.; SIQUEIRA, M. da C.; RAMALHO, C. R. de J. L.; COIMBRA, C. M.; ANJOS, M. F. R. dos; SANTOS, S. N. P.; FONSECA, V. Z. da; PINTO, Á.B.A. , 2004 - *Constatações, Resultados e Acompanhamento do Programa Nacional de Iluminação Pública Eficiente – ReLuz – Congresso Brasileiro de Energia - CBE, 11p.*

GAMA, P.H.R.P.; MORAES, C.H.V. de; MARTINS, A.R.S.; YAMACHITA, R.A.; AOKI, A.R., 2001 — *Rede Cooperativa de Reciclagem: Uma Proposta de Metodologia de Trabalho para o Progresso da Humanidade Buscando o Desenvolvimento Sustentável — artigo GI/ANPTEE- 6p.*

- GDRC, 2005 - *The 3R Concept and Waste Minimization* – Global Development Research Center – disponível em <http://www.gdrc.org/> (acesso mar/05).
- GELLER, H. S., 1994 – *O Uso Eficiente da Eletricidade* – INEE, 1ª ed. - 225p.
- GELLER, H. S., 2003 – *Revolução Energética: Políticas para um Futuro Sustentável* – Ed. Relume Dumará: USAID, 1ª ed., Rio de Janeiro – 299p.
- IBAM, 2004 – *Receitas Municipais* - INSTITUTO BRASILEIRO DE ADMINISTRAÇÃO MUNICIPAL (IBAM) – disponível em [www.ibam.org.br](http://www.ibam.org.br) (acessos de jun a dez/2004)
- IBGE, 2000 – *Censo Demográfico* - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – disponível em [www.ibge.gov.br](http://www.ibge.gov.br) (acesso jan/2005)
- \_\_\_\_\_, 2000 – *Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios* - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – disponível em [www.ibge.gov.br](http://www.ibge.gov.br) (acesso jan/2005)
- JANNUZZI, G. de M.; SWISHER, J.N.P. , 1997 – *Planejamento Integrado de Recursos Energéticos* - Ed. Autores Associados, Campinas – 246p.
- KOZLOFF, K.; COWART, R.; JANNUZZI, G. DE M.; MIELNIK, O. , 2001 – *Energia: Recomendações para uma Estratégia Nacional de Combate ao Desperdício* – USAID, Campinas, 193p.
- MEMÓRIA, 2004 – *Reflexos da Cidade: A Iluminação Pública no Rio de Janeiro – Centro da Memória da Eletricidade no Brasil*, 2ª.ed., Rio de Janeiro– 164p.
- ON, 2005 – *Horários de Ocaso e Nascimento do Sol* - OBSERVATÓRIO NACIONAL – disponível em [www.on.br](http://www.on.br), acesso em agosto de 2005.
- PEASE, K. , 1998 – *Crime Prevention Studies*, volume 10 - *A Review of Street Lighting Evaluations: Crime Reduction Effects* – University of Huddersfield, Inglaterra– pp. 47 a 76 (29p.)
- PHILLIPS, 2006 – *Informações sobre iluminação com o uso de LED* – disponível em <http://www.luz.philips.com/> (acesso em mar/2006).
- RAPOSO, C. , 2001 — *Contaminação Ambiental Provocada pelo Descarte não Controlado de Lâmpadas de Mercúrio no Brasil* — Tese de Doutorado UFOP, 193p.
- RIOLUZ, 1997 - *I Seminário Internacional sobre Eficiência em Iluminação Pública* (Anais) – Rioluz, Rio de Janeiro – 173p.

- SCHAEFFER, R.; COHEN, C.; ALMEIDA, M.A.; ACHÃO, C.C.; CIMA, F.M., 2004 – *Energia e Pobreza: Problemas de Desenvolvimento Energético e Grupos Sociais Marginais em Áreas Rurais e Urbanas do Brasil* – PPE/COPPE/UFRJ – 80p.
- SCHECHTMAN, R. , 1991 - *Aplicação da Gerência Pelo Lado da Demanda Ao Planejamento Energético*. In: FINEP/UNESCO. (Org.). CAPACITAÇÃO PARA A TOMADA DE DECISÕES NA ÁREA DE ENERGIA: COLETÂNEA FINEP/UNESCO. MONTEVIDÉU, URUGUAI, 61p.
- SILVESTRE, R.F., 2005 – *Poluição Luminosa - Uma ameaça à Beleza do Céu Noturno* – Universidade Federal de Uberlândia - UFU - <http://inga.ufu.br/~silvestr/polumin/> (acesso em março de 2005).
- SKAVRONECK, S.; STENSTRUP, A., 1998 – *Mercury: In Your Community and the Environment* – WISCONSIN DEPT. OF NATURAL RESOURCES - PUB-CE-23998 – 52p.
- SOARES, G. A., 2003 - *Análise de indicadores para avaliação de projetos de eficiência energética em Iluminação Pública* - Monografia (MBA Executivo) – Universidade Federal do Rio de Janeiro - UFRJ, Instituto COPPEAD de Administração – COPPEAD - 29p.
- SOARES, M.A.S.C., 2006 – *Iluminação Pública e Criminalidade* – Cemig, artigo Sendi 2006 – 6p.
- YAMACHITA, R. A.; GAMA, P.H.R.P.; HADDAD, J.; GUARDIA, E.C., 1999 — *Incentivos para a Reciclagem de Lâmpadas Visando a Conservação do Meio Ambiente* — artigo GIA/SNPTEE, 6p.

*Resumo de Páginas na Internet visitadas:*

<http://inga.ufu.br/~silvestr/polumin/> - acesso em mar/2005.

<http://www.gdrc.org/> - acesso mar/2005.

<http://www.sintese.com> - acesso em jan/2004.

[www.aneel.gov.br](http://www.aneel.gov.br) - diversos acessos ao longo de 2004 e 2005.

[www.eletobras.com/procel](http://www.eletobras.com/procel) - diversos acessos ao longo de 2004 e 2005.

[www.ibam.org.br](http://www.ibam.org.br) - acesso jul/2004.

[www.nyc.gov](http://www.nyc.gov) - acesso em jul/2005.

[www.on.br](http://www.on.br) - acesso em ago/2005.

[www.planalto.gov.br](http://www.planalto.gov.br); <http://legis.senado.gov.br/con1988> - legislação, acesso jan/2004 a mar/2005



## 10 Anexos

### Anexo I – Metodologia para Cálculo da Relação Benefício / Custo (RBC)

A relação benefício/custo dos projetos de melhoria da eficiência é determinada considerando-se:

como benefício, a redução de demanda e a energia anual economizada.

como custo, o investimento total anualizado no projeto para melhoria da eficiência energética, de acordo com a vida útil de cada equipamento a ser instalado.

Assim, a relação benefício/custo será dada pela expressão:

onde,

$$RBC = \frac{(EE \times CUEE) + (RD \times CUEP)}{K}$$

EE = Energia economizada [MWh/ano];

CUEE = Custo unitário evitado de energia [R\$/MWh];

RD = Redução de demanda [kW];

CUEP = Custo unitário evitado de potência [R\$/kW.ano].

K = Investimento total anualizado do projeto de eficiência energética.

Os custos unitários evitados de energia e potência deverão ser obtidos com base na metodologia apresentada no “Manual para Elaboração do Programa Anual de Combate ao Desperdício de Energia Elétrica da ANEEL” – Ciclo 1999/2000.

Obs. A concessionária deverá informar o valor do Fator de Carga (FC) a ser utilizado no cálculo de CUEE e CUPE, e adotar para os índices de perdas de potência e energia na baixa tensão os valores de 20% e 8%, respectivamente.

#### Cálculo da Redução de Demanda

A redução da demanda é obtida pela seguinte expressão:

$$RD = PTA - PTP \text{ (kW) , onde}$$

PTA: potência total instalada no sistema atual;

PTP: potência total instalada no sistema proposto.

#### Cálculo da Energia Economizada - EE

$$EE = \frac{RD \times 4.380}{1.000} \text{ (MWh/ano), onde}$$

$$1.000$$

4.380 = número de horas de funcionamento anual do sistema de IP.

#### Cálculo do investimento total anualizado - K

No caso do projeto contemplar equipamentos com vida útil diferentes, o investimento anualizado do projeto será composto pelo somatório dos investimentos anualizados correspondentes a cada equipamento, considerando sua respectiva vida útil, segundo metodologia descrita a seguir:

$$K = \sum CA, \text{ onde}$$

CA = custo anualizado para cada tipo de equipamento, sendo

$$CA = FRC \times CPE, \text{ onde,}$$

FRC = fator de recuperação de capital

onde,

$$FRC = \left[ \frac{i}{1 - ((1+i)^{-n})} \right]$$

n = vida útil esperada de cada equipamento/tipo, em anos

(n = vida útil (h) / 4.380 h/ano).

i = taxa de desconto: 12% a.a..

CPE = custo do equipamento acrescido da parcela correspondente a outros custos diretos (exceto materiais) e custos indiretos, calculado pela seguinte expressão:

$$CPE = CE + \left( \frac{OCD + CDI}{CM} \right) \times CE$$

onde,

CE = Custo do equipamento/tipo;

OCD = Soma dos outros custos diretos, excluindo os de materiais;

CDI = Soma dos custos indiretos,

CM = Custo total de materiais.

---

O cálculo de RBC realizado nesse trabalho teve como base a tarifa para o subgrupo A4, considerando-se uma média nacional para 52 concessionárias distribuidoras com tarifas homologadas pela Aneel em 2004. Com base nesses valores, chegou-se aos seguintes valores para os custos unitários evitados:

- custo unitário evitado de demanda: 497,41 R\$/kW.ano
- custo unitário evitado de energia: 122,73 R\$/MWh

## Anexo II – Pesquisas Realizadas em Locais que Implementaram o Programa Reluz

Essa pesquisa foi realizada por Mércia da Fonte, representante da Chesf, com a co-participação na formulação dos questionários do autor desse trabalho.

O formulário de pesquisa foi enviado em julho de 2004 aos municípios de João Pessoa, Fortaleza, Paulista, Caruaru, Natal e Patos, todos da região nordeste. A seguir apresentam-se os resultados, com os percentuais obtidos para cada opção de resposta. Alguns dos dados da pesquisa foram omitidos por se tratar de documentos muito extensos, que fogem ao foco deste trabalho.

1. O Município, de acordo com o art. 30, inciso V, da Constituição Federal, é competente para dispor de serviços públicos de interesse local, dentre eles o de iluminação pública. Indique a seguir qual a entidade que efetivamente executa os serviços no seu Município.

3/6	Prefeitura
0	Concessionária
3/6	Ambas

2. O Município dispõe de Leis próprias sobre a Contribuição de Iluminação Pública

0	Não
6/6	Sim, favor anexar cópia

3. Existe na Prefeitura Municipal órgão, autarquia ou setor responsável pela Iluminação Pública?

0	Não
---	-----

6/6 Sim

4. Como é cobrada a Contribuição de Iluminação Pública ao consumidor?

O município cobra diretamente ao consumidor

5/6 O município tem convênio com a concessionária para cobrança do valor

1/6 Outra opção. Favor especificar (ainda não é cobrada)

5. Qual o valor mensal arrecadado pelo Município (média mensal) e como é calculada a Contribuição de Iluminação Pública para os consumidores?

Prefeitura A – R\$ 700.000,00, através de Lei Complementar

Prefeitura B – R\$ 5.250.000,00, calculado em função das faixas de consumo

Prefeitura C – calculado em função das faixas de consumo

Prefeitura D – R\$ 228.000,00, calculado em função das faixas de consumo

Prefeitura E – R\$ 1.200.000,00, com valores definidos em Lei Complementar

Prefeitura F – R\$ 70.000,00, valor previsto

6. A Contribuição de Iluminação Pública é:

2/6 Insuficiente para pagamento da fatura mensal à concessionária

1/6 Suficiente apenas para pagamento da fatura mensal

1/6 Suficiente para pagamento da fatura mensal, mais a manutenção

0 Suficiente para pagamento da fatura mensal, mais a manutenção e gestão

1/6 Suficiente para pagamento da fatura mensal, mais a manutenção, gestão e expansão

1/6 Suficiente para pagamento da fatura mensal, mais a manutenção e expansão

0 Outra opção favor especificar

7. Como é considerado pelo município o Programa Nacional de Iluminação Pública

Eficiente – Reluz?

3/6 Ótimo

2/6 Bom

1/6 Regular

0 Péssimo

8. O Programa está atingindo seu objetivo?

3/6 Sim

3/6 Não

9. Caso pelo menos uma das respostas das duas questões anteriores não tenha sido satisfatória, informar qual (ais) a (s) principal (ais) barreira (as) existentes

0 Falta de comunicação

4/6 Dificuldade para receber os recursos do Programa

1/6 Dificuldade com a contrapartida

0 Dificuldade na contratação de empresas para realização dos serviços

0 Dificuldade de comunicação com a concessionária repassadora

0 Dificuldade com a empresa contratada

0 Outras. Citar

(um dos municípios não apontou barreiras)

10. Qual a situação do projeto?

0 Concluído

6/6 Em andamento

0 Ambos

11. O orçamento básico do projeto foi utilizado como parâmetro na licitação?

4/6 Sim

2/6 Não

12. Quanto tempo demorou a formalização do Termo de Parceria para realização do projeto de “Eficientização” Energética do Município (considerar o tempo decorrido entre a solicitação do Município e a liberação da primeira parcela)?

Prefeitura A - 120 dias

Prefeitura B – sem resposta

Prefeitura C – ainda sem previsão de recebimento da primeira parcela do financiamento

Prefeitura D – 18 meses

Prefeitura E – sem resposta

Prefeitura F – 18 meses

13. Qual (is) o (s) principal (is) motivo (s) da demora entre a solicitação do Município para a realização do projeto e a assinatura do Termo?

1/6 Político

0 Burocrático do Município

4/6 Burocrático do Repassador

1/6 Burocrático da Eletrobrás

1/6 Outros. Especificar Demora na elaboração do projeto técnico

(um município apontou mais de um motivo)



14. O projeto está seguindo ou seguiu o cronograma previsto no plano de trabalho?

1/6 Sim

5/6 Não

15. Caso a resposta da questão anterior seja negativa especificar o(s) motivo(s)

4/6 Falta de liberação dos recursos da concessionária para o Município;

0 Problemas com as empreiteiras;

1/6 Falta de recurso do Município para pagamento de contrapartida;

0 Demora na elaboração da prestação de contas por parte do município;

0 Mudança no projeto inicial;

0 Outros. Especificar

16. O Município obteve outro financiamento para cobertura da contrapartida?

0 Sim

1/6 Não

17. Qual o destino dos materiais não danificados retirados após a implantação do Projeto?

1/6 Reaproveitamento para outros logradouros

0 Destruídos.

5/6 Outros. Especificar

Prefeitura A - Parte reaproveitados e parte leiloados

Prefeitura B – Reaproveitamento de luminárias fechadas e doação para geração

de emprego e renda na fabricação de objetos artesanais com o material

retirado

Prefeitura D – Lâmpadas VM e acessórios entregues à concessionária e lâmpadas VSAP e acessórios entregues ao Departamento de Energia da Prefeitura Municipal

Prefeitura E – Parte reaproveitados e parte guardados

Prefeitura F – Pequena parte reaproveitada em áreas onde inexistia iluminação pública

18. Qual o destino do material danificado retirado após a implantação do Projeto?

Prefeitura A – leiloados

Prefeitura B – fabricação de objetos artesanais para geração de emprego e renda e leilão dos materiais inservíveis

Prefeitura C – reaproveitamento ou sucata

Prefeitura D – armazenamento

Prefeitura E – armazenamento

Prefeitura F – pequeno aproveitamento

19. Qual o consumo (em kWh e R\$) em iluminação pública anterior a “eficientização”?

Prefeitura A – 2.748.921kWh/mês e R\$ 394.403,11 (jan/2003)

Prefeitura B – 1.668.170 kWh e R\$ 347.529,85/mês

Prefeitura C – 1.100.000 kWh e R\$ 240.000,00

Prefeitura D – 1.193.000kWh e R\$ 240.147,11

Prefeitura E – 2.856.191,99 kWh/mês e R\$ 512.515,09

Prefeitura F – 537.120kWh e R\$ 91.992,54 (ago/2004 –171,27 R\$/MWh)

20. Qual o consumo (em kWh e R\$) após a “eficientização”?

Prefeitura A – 2.449.811kWh/mês e R\$352.665,51 (jan/2003)

Prefeitura B – 1.024.100 kWh e R\$ 213.320,03/mês

Prefeitura C – esperada economia de 30%

Prefeitura D – 1.167.000 kWh e R\$ 233.145,90

Prefeitura E – 3.020.074,79 kWh/mês e R\$ 541.922,22

Prefeitura F – 469.372 kWh e R\$ 80.389,34

21. Quanto a Prefeitura gastava em manutenção mensal (média) antes do projeto?

Prefeitura A – R\$ 34.502,90 (jan/2003)

Prefeitura B – paga valor fixo em função de contrato de gestão integral

Prefeitura C – R\$ 18.000,00

Prefeitura D – concessionária é que realiza praticamente toda a manutenção

Prefeitura E – R\$ 47.155,72

Prefeitura F – R\$ 17.000,00

22. Quanto a Prefeitura está gastando em manutenção mensal (média) após a implantação do projeto?

Prefeitura A – R\$ 30.707,94 (jan/2003)

Prefeitura B – R\$ 660.000,00

Prefeitura C – sem resposta, pois ainda não havia concluído o projeto

Prefeitura D – concessionária é que realiza praticamente toda a manutenção

Prefeitura E – R\$ 49.861,43

Prefeitura F – 9.500,00

23. Qual a estimativa de pessoas diretamente beneficiadas com o Projeto?

Prefeitura A – 218.000 habitantes

Prefeitura B – 390.000 habitantes

Prefeitura C – 300.000 habitantes

Prefeitura D – 260.000 habitantes

Prefeitura E – 232.000 habitantes

Prefeitura F – 60.000 habitantes

24. Qual a relação benefício / custo após a implantação do projeto? Anexar memória de cálculo.

Prefeitura A – RBC = 1,30

Prefeitura B – sem resposta

Prefeitura C – RBC = 0,99

Prefeitura D – RBC = 7,59 (previsto)

Prefeitura E – RBC = 1,194

Prefeitura F – RBC = 2,06

Observação: Para os projetos não concluídos, responder às perguntas considerando a situação atual e informando o percentual de realização do projeto