

ANÁDIA PATRÍCIA ALMEIDA DE SOUZA

---

**USO DA ENERGIA EM  
EDIFÍCIOS: ESTUDO DE CASO DE ESCOLAS  
MUNICIPAIS E ESTADUAIS DE ITABIRA, MINAS  
GERAIS.**

ANÁDIA PATRÍCIA ALMEIDA DE SOUZA

**USO DA ENERGIA EM EDIFÍCIOS: ESTUDO  
DE CASO DE ESCOLAS MUNICIPAIS E ESTADUAIS  
DE ITABIRA, MINAS GERAIS.**

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado em Tecnologia do Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Tecnologia.

Área de concentração: Modelagem Matemática e Computacional – MMC

Orientadora: Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Patrícia Romeiro da Silva Jota

**Belo Horizonte**  
**Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais**  
**Diretoria de Pesquisa e Pós-Graduação**  
**2005**

Souza, Anádia Patrícia Almeida de

S729u

2005

Uso da energia em edifícios: estudo de caso de escolas municipais e estaduais de Itabira, Minas Gerais./ Anádia Patrícia Almeida de Souza - Belo Horizonte, CEFET-MG, 2005.

142f.

Dissertação: (mestrado) CEFET-MG/DPPG.

1. Eficiência Energética 2. Desempenho Energético  
3. Energia Elétrica - Consumo.

I. Título

CDD: 621.3191

Folha de aprovação. Esta folha será fornecida pelo Programa de Pós-Graduação e deverá substituir esta página.

*À minha mãe, Glória de Oliveira Almeida,  
exemplo de luta e dedicação na formação  
integral de seus filhos.*

# AGRADECIMENTOS

A Deus, criador de tudo, sem ele nada seria possível. “Quem me dera, ao menos fazer com que o mundo saiba que SEU NOME está em tudo e mesmo assim, ninguém lhe diz ao menos obrigado...”

À minha orientadora, Profa Dra Patrícia Romeiro da Silva Jota, pelo aprendizado, orientações, compreensão e convivência agradável.

Aos membros da banca de defesa do Mestrado pelo tempo dedicado à leitura deste trabalho e contribuições ao aperfeiçoamento desta dissertação.

Agradeço a todos professores e funcionários do Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais – CEFET-MG, em especial aos professores da Diretoria de Pesquisa e Pós Graduação – DPPG por contribuírem na aquisição de conhecimentos indispensáveis à realização deste trabalho.

Ao CEFET-MG, instituição de ensino de qualidade que vem contribuindo na formação de técnicos, engenheiros e mestres, onde cursei Técnico de Eletrônica, Engenharia Elétrica e Mestrado em Tecnologia.

À Companhia Energética de Minas Gerais – CEMIG, empresa parceira no Centro de Pesquisa em Energia Inteligente – CPEI do Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais – CEFET-MG, onde o trabalho foi concebido, realizado e orientado, na pessoa da professora Patrícia Romeiro da Silva Jota.

Aos colaboradores, organizadores e mantenedores do site do INFOHAB ([www.infohab.org.br](http://www.infohab.org.br)). O referido site disponibiliza, gratuitamente, dissertações, teses, artigos, periódicos, etc. Além disso, está sempre atualizado. Dessa forma, o referido site contribuiu, expressivamente, para a revisão bibliográfica desta dissertação.

À Secretaria Municipal de Educação de Itabira, na pessoa da secretária professora Maria Alice de Oliveira Lage, à Inspeção Escolar na pessoa da inspetora Silvane Maria Duarte e à Cemig na pessoa de Luciano José de Oliveira, e ainda, aos diretores, professores e funcionários das escolas públicas de Itabira pelos dados, informações, entrevistas utilizados neste trabalho.

À Prefeitura Municipal de Itabira, nas pessoas do ex-prefeito Ronaldo Lage de Magalhães, atual prefeito João Izael Querino Coelho e secretária de educação Maria Alice de Oliveira Lage pela licença especial para cursar o mestrado. E, ainda ao vereador Gilberto Antônio Magalhães pelo anteprojeto de lei que concede licença especial ao quadro de funcionários do magistério municipal itabirano para cursar cursos de pós-graduação stricto sensu.

Agradeço aos colegas de disciplinas de Mestrado e do CPEI pela convivência nesta jornada.

À minha mãe, Glória de Oliveira Almeida, pela lição de vida e exemplo a ser seguido. “Se a falta de você diz de um silêncio que cruza a nossa vida, é porque sua existência nos é essencial. Hoje mais do que nunca, a sua presença se faz sentir, pois somos a continuidade do seu brilho.” Ainda, agradeço à minha querida mãe pelo incentivo, por financiar minha permanência em Belo Horizonte para que eu pudesse estudar no CEFET-MG (Técnico em Eletrônica, totalmente, pois eu não trabalhava, tinha entre 14 e 17 anos, e Engenharia Elétrica, parcialmente, pois, infelizmente, o funcionário público mineiro recebe um baixo salário, já trabalhava no DER-MG – Departamento de Estradas de Rodagem de Minas Gerais) , por acreditar em mim, por conhecer-me, compreender-me e amar-me com um amor indescritível.

Ao meu marido (José Carlos), irmãs (Ariadna e Anadabe), irmãos (Arnaldo, Alan e Arlo), sobrinhos (não citarei, pois são doze) e pai (Aldo), pelo incentivo na continuidade deste trabalho e compreensão nos momentos de ausência e desatenção. A todos meus familiares pela convivência, alegria, companheirismo e carinho em todos os momentos, sejam de alegria ou de tristeza.

A todos que contribuíram na realização deste trabalho e que de forma falha tenha esquecido de agradecer. A todos o meu muito obrigado.

Este trabalho integra o projeto de pesquisa das instituições Cemig/CEFET-MG/PUC/UFMG através do convênio MS/AS 402000011 – registro Cemig/ANEEL P&D 016 –2001/2004 denominado Abordagem Integrada da Eficiência Energética e Energias Renováveis, coordenado na Cemig pela Dra. Antônia Sônia A. Cardoso Diniz e Eng. Eduardo Carvalhaes Nobre.

*“Feliz o homem que acha sabedoria, e o homem que adquire conhecimento”;*

*Bíblia Sagrada. A.T. Provérbios. 2. ed. Barueri, SP: Sociedade Bíblica do Brasil, 1993. Cap. 3, vers. 13, p. 440.*



# SUMÁRIO

Lista de GRÁFICOS .....	11
Lista de TABELAS .....	13
Lista de ABREVIATURAS E SIGLAS .....	15
RESUMO .....	16
ABSTRACT .....	17
<b><u>1 INTRODUÇÃO .....</u></b>	<b><u>18</u></b>
<b>1.1 USO DE ENERGIA NO SETOR PÚBLICO.....</b>	<b>19</b>
<b>1.2 USO DE ENERGIA EM ESCOLAS PÚBLICAS .....</b>	<b>19</b>
<b>1.3 OBJETIVOS E METAS DO TRABALHO.....</b>	<b>21</b>
<b>1.4 HIPÓTESES A SEREM VERIFICADAS .....</b>	<b>21</b>
<b>1.5 ESTRUTURA DO TRABALHO .....</b>	<b>21</b>
1.5.1. MATERIAIS .....	21
1.5.2. MÉTODOS .....	22
<b>1.7 PLANO DE TRABALHO .....</b>	<b>22</b>
<b>1.8 DESCRIÇÃO DA DISSERTAÇÃO .....</b>	<b>24</b>
<b><u>2 FATORES QUE INFLUENCIAM O USO DA ENERGIA EM EDIFICAÇÕES.....</u></b>	<b><u>26</u></b>
<b>2.1 A PREVISÃO DO USO DE ENERGIA EM EDIFÍCIOS.....</b>	<b>28</b>
<b>2.2 AS CARACTERÍSTICAS DE USO DE ENERGIA EM EDIFÍCIOS .....</b>	<b>28</b>
2.2.1 O USO DA ENERGIA COM SISTEMAS DE VENTILAÇÃO OU CONDICIONAMENTO .....	29
2.2.2 O USO DA ENERGIA COM ILUMINAÇÃO.....	29
2.2.3 A RELAÇÃO ENTRE HORAS DE USO E O USO DE ENERGIA EM EDIFÍCIOS .....	30
2.2.4 A RELAÇÃO ENTRE USUÁRIOS E O USO DE ENERGIA EM EDIFÍCIOS .....	31
<b>2.3 ÍNDICES DE DESEMPENHO ENERGÉTICO .....</b>	<b>33</b>
2.3.1 AEUI – ÍNDICE DE USO DE ENERGIA POR ÁREA.....	33
2.3.2 PEUI – ÍNDICE DE USO DE ENERGIA POR PESSOA .....	34
<b>2.4 PADRÕES DE CONSUMO .....</b>	<b>34</b>
<b><u>3 SISTEMAS DE ILUMINAÇÃO.....</u></b>	<b><u>36</u></b>
<b>3.1 SISTEMAS DE ILUMINAÇÃO .....</b>	<b>37</b>

<b>3.2 COMPONENTES DE SISTEMAS DE ILUMINAÇÃO .....</b>	<b>39</b>
3.2.1 FONTES DE LUZ ELÉTRICA .....	39
3.2.1.1 Cor de lâmpadas .....	39
3.2.1.2 Temperatura de cor de lâmpadas .....	39
3.2.2 REATORES.....	40
3.2.3 LUMINÁRIAS.....	40
<b>3.3 A ILUMINAÇÃO E SUA RELAÇÃO COM A REFLETÂNCIA E A COR.....</b>	<b>41</b>
<b>3.4 MÉTODOS DE ILUMINAÇÃO .....</b>	<b>41</b>
<b>3.5 INTEGRAÇÃO DA LUZ NATURAL COM A ARTIFICIAL.....</b>	<b>42</b>
<b><u>4 ILUMINAÇÃO NATURAL .....</u></b>	<b><u>44</u></b>
4.1 ILUMINAÇÃO NATURAL.....	45
4.2 SISTEMAS DE ILUMINAÇÃO NATURAL.....	46
4.3 CARACTERÍSTICAS DA ILUMINAÇÃO NATURAL .....	47
4.4 PROTEÇÕES SOLARES .....	48
4.5 A ILUMINAÇÃO NATURAL E O PROJETO LUMINOTÉCNICO .....	49
4.6 ILUMINAÇÃO NATURAL E USO RACIONAL DE ENERGIA.....	51
4.7 O USO DA ILUMINAÇÃO NATURAL EM ESCOLAS .....	53
<b><u>5 EFICIÊNCIA ENERGÉTICA .....</u></b>	<b><u>59</u></b>
5.1 EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM EDIFICAÇÕES NO MUNDO .....	63
5.2 EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM EDIFICAÇÕES NO BRASIL .....	65
5.3 PROBLEMAS PARA A EFICIENTIZAÇÃO ENERGÉTICA DE EDIFICAÇÕES NO BRASIL .....	70
5.4 EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM ILUMINAÇÃO .....	72
5.5 ESCOLAS “VERDES” .....	73
<b><u>6 ESTUDO DE CASO.....</u></b>	<b><u>75</u></b>
6.1 A CIDADE DE ITABIRA.....	77
6.2 DADOS DE ENSINO EM ITABIRA .....	77
6.3 CARACTERIZAÇÃO DO SETOR.....	78
6.4 ÍNDICE DE DESEMPENHO ENERGÉTICO .....	79
6.5 CONSUMOS ESPECÍFICOS DAS REDES MUNICIPAL E ESTADUAL .....	81
6.6 ANÁLISE DETALHADA DA REDE DE ESCOLAS.....	84
6.7 CONSIDERAÇÕES SOBRE A REDE .....	93

**7 ANÁLISE E RESULTADOS OBTIDOS .....95**

**7.1 ESCOLHA DAS ESCOLAS A SEREM ESTUDADAS.....96**

**7.2 AVALIAÇÃO DOS QUESTIONÁRIOS .....101**

**7.3 ANÁLISE DOS RESULTADOS.....111**

**7.4 LEVANTAMENTO DE DADOS .....111**

**7.5 RANKEAMENTO DAS ESCOLAS .....114**

**7.6 MAIORES CAUSAS DE DESPERDÍCIOS.....117**

**7.7 AVALIAÇÃO LUMÍNICA DAS ESCOLAS.....119**

**7.8 SIMULAÇÃO DO SISTEMA DE ILUMINAÇÃO ARTIFICIAL DOS AMBIENTES .....122**

**8 CONCLUSÃO .....125**

REFERÊNCIAS .....128

APÊNDICES .....143

APÊNDICE 1 – DADOS DA REDE ESTADUAL E MUNICIPAL .....144

APÊNDICE 2 – DADOS ESTATÍSTICOS DA REDE.....146

APÊNDICE 3 – CORRELAÇÕES DA REDE .....149

APÊNDICE 4 – QUESTIONÁRIO .....151

APÊNDICE 5 – PLANILHAS .....156

APÊNDICE 6 – PLANILHAS DE RATEIO DE ESCOLAS .....159

APÊNDICE 7- PLANILHAS DE RATEIO DE 6 ESCOLAS.....180

APÊNDICE 8 – ILUMINÂNCIAS E CARACTERÍSTICAS DE SALAS .....184

# **LISTA DE GRÁFICOS**

**GRÁFICO 1.1 – Gráficos de consumos diários da rede municipal**

**GRÁFICO 1.2 – Gráficos de consumos específicos da rede municipal**

**GRÁFICO 1.3 – Gráficos de correlações de consumos específicos da rede municipal**

**GRÁFICO 1.4 – Gráficos de barras de consumos específicos da rede estadual**

**GRÁFICO 2.1 – Gráficos de consumos diários da rede estadual**

**GRÁFICO 2.2 – Gráficos de consumos específicos da rede estadual**

**GRÁFICO 2.3 – Gráficos de correlações de consumos específicos da rede estadual**

**GRÁFICO 2.4 – Gráficos de barras de consumos específicos da rede estadual**

**GRÁFICO 3.1 – Gráficos de consumos diários da rede pública**

**GRÁFICO 3.2 – Gráficos de consumos específicos da rede pública**

**GRÁFICO 3.3 – Gráficos de correlações de consumos específicos da rede pública**

**GRÁFICO 3.4 – Gráficos de barras de consumos específicos da rede pública**

**GRÁFICO 6.1 – Análise de consumo diário e específico por aluno**

**GRÁFICO 6.2 – Análise de consumo diário e específico por sala**

**GRÁFICO 6.3 – Análise de consumo diário e específico por turno**

**GRÁFICO 6.4 – Análise de consumo diário e específico por turma**

# **LISTA DE TABELAS**

**TABELA 6.1 – Faixa de variação dos dados escolares**

**TABELA 6.2 – Exemplos de consumo específico de energia (CE)**

**TABELA 6.3 – Consumo específico das escolas públicas de Itabira**

**TABELA 6.4 – Correlação entre consumo médio diário e demais fatores**

**TABELA 6.5 – Média de consumo médio diário e consumo específico**

**TABELA 6.6 – Desvio Padrão de consumo médio mensal e consumo específico**

**TABELA 7.1 – Dados de escolas da rede estadual**

**TABELA 7.2 – Dados de escolas da rede municipal**

**TABELA 7.3 – Consumos específicos da rede estadual**

**TABELA 7.4 – Consumos específicos da rede municipal**

**TABELA 7.5 – Rateio de energia estimada e potência instalada, a partir da visita em campo**

**TABELA 7.6 – Rateio da energia considerando o consumo total real**

**TABELA 7.7 – Rateio das densidades de potência**

**TABELA 7.8 – Ranking de consumo específico**

**TABELA 7.9 – Ranking de demanda**

**TABELA 7.10 – Resultado final dos rankeamentos**

# LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

- ABILUX** – Associação Brasileira da Indústria de Iluminação
- ABNT** – Associação Brasileira de Normas Técnicas
- ANSI** – American National Standards Institute
- CEFET-MG** – Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais
- CEMIG** – Companhia Energética de Minas Gerais
- CE<sub>SALA</sub>** – kWh/sala = consumo/número de salas
- CE<sub>TURMA</sub>** – kWh/turma = consumo/número de turmas
- CE<sub>TURNO</sub>** – kWh/turno = consumo/número de turnos
- EPRI** – Electric Power Research Institute
- IEC** – International Electrotechnical Commission
- RE** – Rede Estadual (Escolas Públicas Estaduais de Itabira)
- RM** – Rede Municipal (Escolas Públicas Municipais de Itabira)
- RP** – Rede Pública (Escolas Públicas Municipais e Estaduais de Itabira)
- UFMG** – Universidade Federal de Minas Gerais



# RESUMO

Este trabalho aborda o uso de energia em edificações públicas no setor de Escolas em Itabira, Minas Gerais, sob o enfoque da eficiência energética. É apresentada uma análise estatística de dados de consumo energético, com o objetivo de traçar um perfil do consumidor na categoria de Escolas Públicas e identificar o índice mais adequado para caracterizar o uso da energia nesse setor. Estima-se que as edificações públicas brasileiras consumam 80% de toda energia elétrica gasta no setor público. Assim, os prédios públicos apresentam consumos expressivos e grandes potenciais de economia de energia.

PALAVRAS-CHAVE: Eficiência Energética em Edificações Públicas, Uso Racional e Eficiente de Energia, Desempenho Energético, Energia, Conservação de Energia Elétrica.

# ABSTRACT

This work presents the energy use in public buildings in the School sector in the city of Itabira, state of Minas Gerais, Brazil, under the focus of energy efficiency. A statistical analysis of energetic consumption is presented with the goal of tracing a profile of the consumer in the category of Public Schools and to identify the most adequate index to characterize the use of energy in this sector. It is estimated that the Brazilian public buildings consume 80% of all the electric power used in the public sector. This means that public buildings present significant consume of energy and also great saving potentials.

KEY WORDS: Public Buildings Energy Efficiency, Rational and Efficiency Energy Use, Energetic Performance, Energy, Electrical Energy Conservation.

*“Feliz o homem que acha sabedoria, e o homem que adquire conhecimento”;*

*Bíblia Sagrada. A.T. Provérbios. 2. ed. Barueri, SP: Sociedade Bíblica do Brasil, 1993. Cap. 3, vers. 13, p. 440.*

# 1

## INTRODUÇÃO

## **1.1 USO DE ENERGIA NO SETOR PÚBLICO**

Os órgãos públicos, historicamente, quando aplicam recursos para obras de ampliação e reformas de suas instalações, não levam em conta projetos de eficiência energética. Isto se deve ao fato de que as despesas com energia elétrica fazem parte do custeio das instituições. Assim, a economia obtida com projeto de eficiência energética não se reverte para o próprio órgão, que vê seu orçamento reduzido no ano seguinte. Dessa forma, a eficiência energética não traz atrativo algum para os administradores públicos. Para o sucesso dos programas de eficiência energética, é fundamental o envolvimento e a colaboração dos usuários da edificação. O resultado de projetos de eficiência energética poderá ser otimizado se, paralelamente, houver uma modificação de atitudes e comportamentos dos administradores e usuários no sentido de racionalizar o uso de energia, combatendo o desperdício (PROCEL/ELETROBRÁS, ESPELHO DE LUZ, 19--?).

O uso da energia em edificações públicas é fortemente dependente da iluminação. Neste contexto, o aproveitamento mais adequado da iluminação natural auxiliaria em um maior aproveitamento da energia. Em espaços iluminados de forma adequada através de iluminação natural e sistemas de controle de iluminação artificial, pode-se obter economia de energia em iluminação entre 30% e 70%, (ALVAREZ, 1998; BAIRD; DONN; BRANDER; AUN, 1984; BENYA; HESCHONG et al., 2001; GHISI; LAMBERTS, 1997(a); MEIER; OLOFSSON; LAMBERTS, 2002). Dentro da classificação de órgão público, o setor de escolas representa uma parcela importante das edificações públicas.

## **1.2 USO DE ENERGIA EM ESCOLAS PÚBLICAS**

Na literatura internacional, alguns exemplos de escolas onde foram aproveitados os recursos com iluminação natural exemplificam claramente os benefícios. Na Carolina do Norte, Estados Unidos, escolas construídas nos municípios de Raleigh, Wake e Johnston estão utilizando os benefícios da iluminação natural. Através de sensores, que ajustam o nível de iluminação artificial em função da iluminação natural e de

sensores de ocupação, essas escolas estão consumindo de 22 a 64% menos energia que escolas similares da região. No College La Vanoise, em Modane, sudoeste da França, mais de 70% das necessidades de iluminação da escola, entre 9 e 17 horas, são atendidas pela iluminação natural. Na School of Engineering and Manufacture da De Montford University, no Reino Unido, através de sensores de ocupação e iluminação natural, estima-se economia de 50 a 75%. No Infante De Juan Manuel Health Centre, na Espanha, estima-se uma economia de 70% através da combinação de estratégias de iluminação. Na Valongo do Vouga School, em Agueda, Portugal, estima-se que 92% das exigências de iluminação poderiam ser atendidas pela luz natural (GHISI, 1997).

No Brasil, o setor público consumiu 9,2% do total de energia elétrica do país em 2001, ou seja, 28.452 GWh. Estima-se que o consumo de energia elétrica em prédios públicos represente 80% do total consumido pelo setor público, (BRASIL, 2002).

Dada a característica do nosso clima, a luz do dia pode ser utilizada com eficiência, sem necessidade de complementação pela iluminação artificial durante 70% do expediente diurno anual, no mínimo, bastando para isso que os projetos dos edifícios trabalhem adequadamente com esse parâmetro, (SCARAZZATO; LABAKI; CARAM, 2002).

Este trabalho tem por objetivo estudar o uso energético em escolas públicas, buscando dados sobre o uso energético que possam auxiliar na caracterização do setor através de índices de desempenho mais adequados e representativos. Assim, é apresentado um estudo de caso de escolas públicas municipais e estaduais de Itabira visando definir um perfil mais próximo possível de cada rede, identificar os usos da energia nas edificações analisadas, bem como sugerir formas de melhorar o desempenho energético destas edificações.

### **1.3 OBJETIVOS E METAS DO TRABALHO**

O objetivo principal deste trabalho é caracterizar os usos da energia em redes de escolas públicas buscando índices de desempenho energético que permitam o acompanhamento de ações de eficiência energética.

O objeto de estudo é a rede pública de escolas da região da cidade de Itabira. Esta rede é dividida em estadual e municipal. Analisando estas duas redes será possível caracterizar ambas sob o ponto de vista energético.

### **1.4 HIPÓTESES A SEREM VERIFICADAS**

As hipóteses que serão verificadas neste trabalho são:

O uso do índice de desempenho energético que relaciona energia por metro quadrado não é suficiente para descrever o uso da energia em escolas públicas.

É possível obter outros índices de desempenho energético que contribuam para uma avaliação mais adequada do uso de energia no setor de escolas públicas.

### **1.5 ESTRUTURA DO TRABALHO**

#### **1.5.1. Materiais**

Os materiais utilizados foram: luxímetro marca Minipa MLM-1010, precisão  $\bullet 4\% \text{Leitura} + 0,5\% \text{f.s.}$ , trena, bússola, papel, lápis, caneta, borracha, planilhas constantes dos APÊNDICES, histórico de contas de energia elétrica das escolas analisadas, papel A4, cartolina para fazer os croquis das escolas analisadas em detalhes contendo medidas internas de todos os ambientes como largura, altura, pé direito, janelas, portas, dentre outros.

### **1.5.2. Métodos**

A dissertação apresenta um estudo teórico sobre o uso de energia em escolas no Brasil e no mundo. Em seguida um estudo prático é feito dividido em duas fases. A primeira analisa o uso da energia em todas as escolas da cidade de Itabira calculando-se índices de desempenho energético. Após análises dos resultados obtidos, um grupo de escolas foi escolhido para ser submetido a uma análise detalhada quanto ao uso da energia. Esta 2ª fase da dissertação apresenta uma análise minuciosa buscando identificar fatores que auxiliassem na obtenção de índices de desempenho energético mais adequados e representativos. Em ambas as fases, adotou-se como método de pesquisa a coleta de dados via documentação disponível pelas escolas, prefeitura e concessionária local, além de visitas técnicas, vistorias, entrevistas, para a obtenção de dados não registrados, porém essenciais na análise.

### **1.7 PLANO DE TRABALHO**

Inicialmente foi feita uma revisão bibliográfica a respeito dos mecanismos para apuração do desempenho energético de edificações. Esta revisão indicou diversas possibilidades. Verificou-se alguns desdobramentos quanto a análise do uso energético em escolas públicas. Estas edificações apresentam como uso final de maior importância a iluminação. Neste sentido, diversos trabalhos abordam o uso da iluminação natural para auxiliar no aumento do desempenho energético das edificações. O uso da iluminação natural também é abordado visando o conforto visual e sua influência no desempenho escolar. Como meta desta fase tem-se o levantamento do estado da arte das pesquisas no Brasil e no mundo nesta área.

Em seguida foi realizado um levantamento das redes municipal e estadual de escolas da região de Itabira. Foram realizados levantamentos de dados e realizadas análises dos dados separadamente por tipo de setor: Setor de escolas públicas municipais, Setor de escolas públicas estaduais e unindo ambos formando o Setor de escolas públicas. Após esta caracterização setorial, uma pesquisa mais

detalhada foi elaborada visando o conhecimento de algumas unidades que compõem o setor municipal e estadual para buscar subsídios na proposição de índices de desempenho energético mais significativos. Como meta desta fase tem-se a caracterização do uso de energia de forma setorial. Foram consultados os seguintes órgãos: CEMIG, Secretaria Municipal de Educação de Itabira, Inspeção Escolar Estadual.

Posteriormente, algumas escolas foram escolhidas para serem analisadas em detalhes por apresentarem dados muito semelhantes de tamanho e número de alunos e apresentarem consumos muito distintos. Foram feitas visitas às escolas para levantar dados in loco, fotografias, questionários, entrevistas, levantamento de dados sobre equipamentos e seus usos, etc. Analisaram-se os dados objetivando a obtenção de informações importantes para a proposição de um procedimento de avaliação do setor quanto ao uso energético.

Após analisar todos os resultados obtidos em todas as etapas anteriores, chegou-se a algumas conclusões e, quanto ao procedimento para avaliação do setor de escolas públicas proposto. Além disto, foram sugeridas algumas recomendações que podem contribuir para um melhor conforto luminoso, térmico, visual, ambiental, além de propor sistemas de iluminação mais eficientes do ponto de vista energético.

Têm-se como resultados esperados:

- Contribuir para melhor definir o perfil de consumo de escolas públicas.
- Elaborar recomendações para um melhor desempenho energético das edificações.
- Ressaltar a importância do usuário da edificação na conservação de energia.
- Levantar algumas questões sobre a importância do projeto arquitetônico neste contexto.



## 1.8 DESCRIÇÃO DA DISSERTAÇÃO

O Capítulo 1 - Introdução - trata do uso de energia no setor público e em escolas públicas. Ainda, são apresentados os objetivos desta dissertação bem como a descrição da mesma.

No Capítulo 2 - Fatores que influenciam o uso da energia em edificações - são relacionados alguns dos fatores que influenciam o uso da energia em edificações e que conseqüentemente afetam o desempenho energético.

O Capítulo 3 - Sistemas de Iluminação - descreve os componentes de iluminação como fontes de luz, reatores e luminárias. Ainda, é ressaltada a importância da integração da iluminação natural e artificial para uma iluminação de boa qualidade além da economia de energia.

No Capítulo 4 - Iluminação Natural - os sistemas de iluminação natural, classificados em lateral e zenital, são definidos e caracterizados. Também são apresentadas vantagens e desvantagens de cada sistema.

O Capítulo 5 - Eficiência Energética - ressalta a importância do uso racional e eficiente de energia, citando vantagens econômicas, ambientais, financeiras, sociais, dentre outras. É apresentado um panorama da eficiência energética em edificações no mundo e no Brasil. Também há uma reflexão sobre as características que uma edificação deve possuir para ser considerada uma edificação eficiente do ponto de vista energético. Ainda, são apontados alguns problemas e entraves no tocante a uma efficientização das edificações no Brasil.

O Capítulo 6 - Estudo de caso setorial - apresenta um Estudo de Caso de Escolas Públicas da cidade de Itabira, estado de Minas Gerais, Brasil. São analisadas 28 escolas municipais e 15 estaduais.

O Capítulo 7 - Estudo de caso detalhado - analisa com um maior detalhamento 6 escolas, sendo 3 estaduais e 3 municipais. Verificou-se uma grande discrepância entre os dados das redes municipal e estadual e, além disso, as escolas analisadas com detalhes apesar de possuírem número de alunos parecidos apresentam

consumos muito discrepantes. Assim, decidiu-se investigar de perto estas escolas para verificar as possíveis causas destas discrepâncias.

O Capítulo 8 – Conclusões - apresenta as conclusões após a realização deste trabalho bem como sugere novas pesquisas para aprofundamento deste estudo.

*“Feliz o homem que acha sabedoria, e o homem que adquire conhecimento”;*

*Bíblia Sagrada. A.T. Provérbios. 2. ed. Barueri, SP: Sociedade Bíblica do Brasil, 1993. Cap. 3, vers. 13, p. 440.*

## 2

# FATORES QUE INFLUENCIAM O USO DA ENERGIA EM EDIFICAÇÕES

Neste Capítulo são relacionados alguns dos fatores que influenciam o uso da energia em edificações e que conseqüentemente afetam o desempenho energético.

A quantificação da energia por si só não fornece uma indicação do desempenho energético. O uso da energia deve estar relacionado aos seguintes fatores: tamanho da edificação, objetivo e forma de ocupação. Ainda, a inserção/implantação da edificação no meio influencia o uso da energia. É o que explica diferentes desempenhos de edifícios-padrão. Fatores mais intimamente relacionados às atividades específicas da edificação tais como: uso da energia por leito em hospitais, por estudantes em escolas, por funcionários em escritórios, por refeição em restaurantes, dentre outros podem ser usados. Assim, o clima e seus efeitos, as atividades, o tamanho, a ocupação afetam o desempenho energético. A avaliação do desempenho energético de uma edificação é importante desde o seu projeto, construção, funcionamento, durante toda a vida da edificação.

Os sistemas mecânicos e elétricos de uma edificação consomem energia para produzir transporte (elevadores), iluminação, ventilação, aquecimento e resfriamento para os usuários da edificação.

O clima, o tamanho da edificação e as atividades lá desenvolvidas são fatores exógenos, que limitam as escolhas do projeto da edificação. Porém, o programa arquitetônico e, portanto, o projeto, são função do uso/atividades previstas, assim, é discutível tratar como fator exógeno. Outros fatores que limitam os projetos são os códigos de obra locais e nacionais, a tecnologia e os custos. Certas escolhas de projeto são fortemente ditadas por fatores exógenos. Por exemplo, se a edificação não recebe radiação solar direta no inverno, então a opção de aquecimento solar direto não está disponível para o projeto arquitetônico. Edificações construídas nas vizinhanças também podem reduzir a radiação solar disponível (BAIRD; DONN; BRANDER; AUN, 1984

## **2.1 A PREVISÃO DO USO DE ENERGIA EM EDIFÍCIOS**

Desde a crise do petróleo em 1973 vem aumentando a ênfase na previsão do uso de energia de uma edificação desde o estágio do projeto comparando-se várias opções de projeto. As técnicas utilizadas para previsão do uso de energia em uma edificação devem considerar três fatores principais:

- 1) O meio externo da edificação (o clima);
- 2) A construção e as características dos sistemas da edificação (os parâmetros físicos);
- 3) O gerenciamento da edificação (o comportamento do usuário).

Um bom projeto aliado a uma boa manutenção e práticas adequadas de operação pode resultar em um baixo consumo de energia na edificação.

## **2.2 AS CARACTERÍSTICAS DE USO DE ENERGIA EM EDIFÍCIOS**

As características de uso de energia em edificações vêm mudando através dos anos como resultado do avanço tecnológico, dos códigos e padrões das edificações, das mudanças de estilos arquitetônicos. Outros fatores influenciam no uso de energia tais como os equipamentos, as atividades a que se destinam, seus usuários, os efeitos das variações do clima, o ano de construção da edificação e a idade da edificação. E ainda: a localização da edificação, sua orientação e configuração, seus materiais e construção, seus sistemas de consumo de energia e controles (BAIRD; DONN; BRANDER; AUN, 1984; PAPST; PEREIRA; LAMBERTS, 1998; PEREIRA, T.C.; PAPST; PEREIRA, F.O.R.; LAMBERTS, 1999; FERNANDES, 2001). Diferentes pessoas como projetista, usuários, pessoal da limpeza e pessoal da manutenção interferem no uso de energia.

Fatores como iluminação natural, o entorno e a ventilação natural influenciam no uso de energia mesmo para edificações similares. Assim, os métodos de previsão de uso de energia precisam ser validados.

### **2.2.1 O uso da energia com sistemas de ventilação ou condicionamento**

Dentre as técnicas para redução da energia consumida pelo sistema de resfriamento ambiental pode-se citar a adequação do “microclima inserido no ambiente urbano” através do uso de materiais mais apropriados, do aumento das áreas verdes e da ocupação apropriada à paisagem natural e adaptar as edificações às condições específicas do clima da cidade com a finalidade de incorporar medidas para redução do consumo de energia e de ganhos solares, compensando as alterações radicais nas características térmicas, aerodinâmicas, de irradiação e de umidade do ambiente urbano. Estas alterações são devidas à parcela extra de calor que a cidade descarrega sobre o edifício, proveniente da dinâmica urbana que aumenta a carga térmica do ambiente externo exigindo ainda mais do sistema de resfriamento dos edifícios. Em ambientes muito urbanizados, é comum o efeito da ilha de calor, que acarreta maior consumo de energia elétrica das edificações localizadas nestas áreas por necessitar de um sistema de ar condicionado que compense, internamente, os efeitos provocados pela ilha de calor no ambiente externo. Há um aumento de 2,6% a 3,6% da carga elétrica máxima para cada aumento de 1° C na temperatura externa ao edifício em aglomerados urbanos cuja população seja maior que 100 mil habitantes. Um aumento de 1% na carga do edifício quando analisado na escala urbana pode representar um significativo aumento no consumo de energia e na capacidade instalada do sistema elétrico de uma grande cidade ou metrópole (CARLO, 2002).

### **2.2.2 O uso da energia com iluminação**

A energia elétrica consumida pelos sistemas artificiais de iluminação é, geralmente, a maior componente do uso de energia total em uma edificação, em edifícios climatizados. O calor gerado pelas lâmpadas pode contribuir para o ganho de calor

aumentando a carga dos sistemas de resfriamento de ar. Ambientes com níveis extremamente altos de iluminação podem requerer sistemas de resfriamento de ar aumentando assim o uso de energia na mesma. Apenas a iluminação artificial não gera causa do uso de condicionamento de ar, pois a iluminação é diferente de insolação.

O controle centralizado de iluminação apresenta problemas, principalmente fora do horário de funcionamento normal da edificação. Por exemplo, no horário de limpeza toda a iluminação é ligada, sem necessidade, aumentando o uso de energia na edificação (BAIRD; DONN; BRANDER; AUN, 1984).

Um simples rearranjo na disposição de lâmpadas e interruptores pode levar a uma economia de energia. Um bom projeto de iluminação deve considerar as necessidades dos usuários, as variações nos níveis de iluminação requerida, a integração da luz natural com a artificial e o controle adequado do sistema de iluminação. Sistemas de controle de iluminação mais sofisticados podem utilizar fotocélulas para desligar ou dimerizar lâmpadas quando existir iluminação natural, além de sensores de presença (BAIRD; DONN; BRANDER; AUN, 1984).

Os sistemas de iluminação artificiais são responsáveis por boa parte da energia consumida pelos edifícios podendo atingir cerca de 50% do consumo total do edifício (LEDER; PEREIRA, 1999).

A utilização da luz natural como fonte de luz interna reduz o consumo das fontes artificiais. Além da economia de energia a iluminação natural nos espaços internos inclui aspectos positivos que incluem: visão e contato com o exterior, benefícios psicológicos e fisiológicos aos usuários, qualidade da luz, elemento estético e arquitetônico (LEDER; PEREIRA, 1999).

### **2.2.3 A relação entre horas de uso e o uso de energia em edifícios**

O número de horas de uso é um fator associado ao uso de energia em edificações. Entretanto, a intensidade de uso de energia em uma edificação não é geralmente proporcional às suas horas de uso devido aos efeitos da carga térmica acumulada.

Ainda, há fatores importantes como a sazonalidade e a variação do uso/ocupação do edificante.

O primeiro fator mais importante na análise do uso de energia em uma edificação é o seu tamanho (medido em área ou número de usuários). Em seguida, vem o número de horas de uso. Assim, o número de horas de uso por semana ou por mês de sistemas de iluminação, aquecimento, resfriamento influencia expressivamente na intensidade de uso de energia de uma edificação. O número de horas de uso inclui além do horário de funcionamento normal, o horário de serviços extras e de limpeza. Em muitas edificações a limpeza é feita à noite necessitando de iluminação artificial. Assim, uma edificação que apresenta 50 horas por semana de uso de energia, pode adicionar de 10 a 20 horas semanais para limpeza e serviços extras, totalizando 60 a 70 horas por semana. Assim, ensinar a funcionários e pessoal de limpeza a ligarem apenas as lâmpadas necessárias ou reprogramar o horário de limpeza para o dia quando há iluminação natural pode reduzir de maneira significativa o uso de energia na edificação (BAIRD; DONN; BRANDER; AUN, 1984).

A redução das horas de uso dos principais serviços que consomem energia (iluminação, ventiladores, bombas, sistemas de aquecimento e resfriamento) desde o estágio do projeto influencia positivamente no uso de energia na edificação. Por exemplo, um bom layout dos interruptores das lâmpadas, controles automáticos de iluminação que respondam ao nível de luz natural ou à presença de pessoas podem reduzir o uso de energia com iluminação (BAIRD; DONN; BRANDER; AUN, 1984).

#### **2.2.4 A relação entre usuários e o uso de energia em edifícios**

A relação entre o homem e a energia é antiga, e tanto o homem moderno como o primitivo, sempre foram dependentes dela. O primitivo era dependente da energia proveniente de fontes renováveis e daquelas oriundas da natureza como ventos, água, chuvas entre outras, e as utilizava praticamente para sua sobrevivência. O homem moderno utiliza-se também de fontes não-renováveis, em grande parte das situações, para satisfazer suas necessidades de conforto. Com a evolução do tempo e a industrialização, o consumo é crescente a cada dia com interferências no



ecossistema, danos muitas vezes irreversíveis ao meio ambiente, além do desequilíbrio ecológico. Estas transformações são impostas por um modelo que privilegia a substituição de sistemas naturais por artificiais (FERNANDES, 2001).

O projetista tem muito a ensinar aos usuários da edificação sobre como a edificação deveria funcionar e tem muito a aprender deles sobre como a edificação é usada (BAIRD; DONN; BRANDER; AUN, 1984).

Nos anos 1960 e 1970, as edificações foram construídas no mundo sem a participação dos usuários no controle dos serviços de consumo de energia. No outro extremo, há edificações onde os usuários possuem um considerável grau de controle sobre seus serviços de consumo de energia e, portanto sobre suas condições de conforto (BAIRD; DONN; BRANDER; AUN, 1984).

Estudos na BRE – Building Research Establishment (Fundação de Pesquisa da Edificação), no Reino Unido, mostram que as pessoas ocupadas em suas atividades em escritórios, geralmente, ligam a iluminação artificial se a iluminação natural se torna inadequada, mas, nem sempre desligam a iluminação artificial quando a luz natural é adequada (BAIRD; DONN; BRANDER; AUN, 1984).

As pessoas ligam os serviços (iluminação, ar-condicionado, resfriamento, aquecimento, etc) quando se sentem desconfortáveis, e controles automáticos são capazes de desligar dispositivos quando certo critério de conforto (ou outra referência) é alcançado. Por exemplo, o sistema de iluminação pode ser manual quando a iluminação natural é inadequada. Fotocélulas, interruptores temporizados e controles centrais podem desligar as lâmpadas quando a iluminação natural tornar adequada ou ao final do dia de trabalho (BAIRD; DONN; BRANDER; AUN, 1984). A vestimenta dos usuários da edificação influencia no controle de termostatos de ar-condicionado. Por exemplo, se uma pessoa usando terno e gravata, no verão, controla o termostato do ar-condicionado ela, provavelmente, o ajustará para uma temperatura baixa. Assim, as outras pessoas poderão sentir frio e uma quantidade de energia desnecessária será gasta com resfriamento (BAIRD; DONN; BRANDER; AUN, 1984).

Geralmente, os usuários das edificações buscam o próprio conforto sem uma maior preocupação com a economia de energia. É pouco provável que, atitudes isoladas de conservação de energia, possam reduzir expressivamente o uso de energia. É necessário educar os usuários e dar-lhes um retorno adequado das conseqüências de suas decisões e atitudes no controle do uso da energia (BAIRD; DONN; BRANDER; AUN, 1984).

## **2.3 ÍNDICES DE DESEMPENHO ENERGÉTICO**

Para comparar o uso de energia em edificações com variações no tipo, localização e tamanho é necessário estar apto a reduzir o uso de energia para uma base comum, ou seja, normalizá-las. O índice de desempenho energético é uma ferramenta que torna possível compararmos dois diferentes níveis de uso de energia de um determinado tipo de serviço. Este índice, geralmente, é obtido dividindo-se o uso de energia por um ou mais fatores. Por exemplo, o desempenho energético de um carro pode ser obtido pela quantidade de quilômetros que ele percorre usando um litro de combustível, em km/l (quilômetros por litro de combustível) (BAIRD; DONN; BRANDER; AUN, 1984; MEIER; OLOFSSON; LAMBERTS, 2002).

Existem vários índices de desempenho energético. Os índices mais utilizados são o AEUI (Area Energy Use Index - Índice de Uso de Energia por Área) e o PEUI (Person Energy Use Index - Índice de Uso de Energia por Pessoa) (BAIRD; DONN; BRANDER; AUN, 1984). No Brasil, estes índices recebem a denominação de “consumo específico”, tanto para o consumo específico em função da área como também para o consumo específico em função do número de pessoas.

### **2.3.1 AEUI – Índice de Uso de Energia por Área**

No índice AEUI usa-se a área tendo em vista que ela é o fator de tamanho-padronizado mais comumente empregado. O índice de uso de energia por área, AEUI, é um índice que permite a comparação do desempenho energético de edifícios. O AEUI é calculado a partir do valor da energia utilizada por uma

edificação ao longo de um ano dividido pela área em m<sup>2</sup> da edificação (BAIRD; DONN; BRANDER; AUN, 1984; MEIER; OLOFSSON; LAMBERTS, 2002; WESTPHAL; GHISI; LAMBERTS, 1998).

Os usos médios de energia para edificações de tamanhos diferentes podem ser comparados usando seus respectivos índices de energia com tamanho-padronizado (BAIRD; DONN; BRANDER; AUN, 1984; MEIER; OLOFSSON; LAMBERTS, 2002).

### **2.3.2 PEUI – Índice de Uso de Energia por Pessoa**

Outro índice bastante utilizado é o índice de uso de energia por pessoa, PEUI. Este índice é indicado quando a edificação sob análise possui um número grande de pessoas que são atendidas e que afeta fortemente o uso da energia. Hotéis e hospitais são casos típicos.

Quando há uma relação muito forte entre o número de usuários e a área, isto é, a densidade de ocupação não varia muito, ambos os índices (AEUI e PEUI) são indicados para avaliar o desempenho de edificações com múltiplas atividades. Horas de uso, clima e o tipo de atividade são outros fatores usados nos índices de desempenho energético de uma edificação. Então, um clima que for 5% mais quente ou mais frio, espera-se que haja um acréscimo também de 5% no índice de uso de energia com ar condicionado ou aquecimento, respectivamente. Cada atividade deverá ser separada em uma categoria, com um índice separado. Não existe um único índice universal de desempenho energético. Índices são escolhidos não pelas propriedades ou comportamento da edificação ou dos seus usuários, mas pela particularidade de cada análise (BAIRD; DONN; BRANDER; AUN, 1984; MEIER; OLOFSSON; LAMBERTS, 2002).

## **2.4 PADRÕES DE CONSUMO**

Os órgãos de diversos países responsáveis pela padronização tentaram estabelecer diretrizes para o consumo de energia em edificações especificando faixas de valores

para diferentes atividades (EUA: Building Energy Performance Standards (BEPS); Inglaterra: CIBS - Building Energy Code; Nova Zelândia: Code of Practice for Energy Conservation in Nonresidential Buildings).

O conceito básico é classificar as atividades que ocorrem na edificação como sendo de um tipo específico, tais como: Hospital, Escola, Hotel, Escritório, etc, ou a atividade predominante na edificação. A classificação é bastante simples. Ela se torna um pouco mais difícil somente quando há várias atividades na edificação. Há que se levar em consideração, também, as pessoas, suas necessidades, prováveis comportamentos. Estas demandas e atitudes são considerações essenciais na conservação de energia e gerenciamento energético.

O consumo de eletricidade no Brasil vem crescendo a taxas médias que variam entre 4 e 5% ao ano, com expressividade no setor residencial, devido à facilidade de aquisição de bens de consumo e à demanda reprimida nesta área nos últimos dez anos. Dentre os energéticos do setor residencial, a eletricidade apresenta maior crescimento, seguido pelo GLP – Gás liquefeito de Petróleo (ROMÉRO, 1997).

Os padrões de uso são extremamente importantes na determinação do consumo de edifícios, pois descrevem toda a rotina de funcionamento do mesmo (SIGNOR, 1999).

*“Feliz o homem que acha sabedoria, e o homem que adquire conhecimento”;*

*Bíblia Sagrada. A.T. Provérbios. 2. ed. Barueri, SP: Sociedade Bíblica do Brasil, 1993. Cap. 3, vers. 13, p. 440.*

# 3

## SISTEMAS DE ILUMINAÇÃO

Este capítulo trata de sistemas de iluminação. São descritos componentes de iluminação como fontes de luz, reatores e luminárias. Também é ressaltada a importância da integração da iluminação natural e artificial para uma iluminação de boa qualidade além da economia de energia.

### **3.1 SISTEMAS DE ILUMINAÇÃO**

O objetivo de sistemas de iluminação é proporcionar um ambiente visual adequado que forneça a luz mínima necessária à realização de tarefas visuais executadas por ocupantes de postos de trabalho, ou seja, a luz deve ser fornecida e direcionada à superfície de trabalho para que os ocupantes do posto de trabalho consigam desenvolver suas atividades. Esta iluminação deve atender às exigências do usuário apenas nos momentos em que se realiza a tarefa visual, normalmente determinada pelo período de ocupação do ambiente construído. Para que se atinja este objetivo é necessário o uso correto da luz, através da otimização dos níveis de iluminação, do índice de reprodução de cor e da temperatura de cor da fonte de luz, das taxas de luminâncias e contrastes (GHISI; LAMBERTS, 1997(b); GHISI, 1997).

Os critérios gerais de desempenho de iluminação devem seguir a norma, evitar a incidência direta do sol e alcançar uniformidade da iluminação. O nível ótimo de iluminância não é necessariamente o mais alto, mas aquele que nos possibilita a melhor visão sem nos causar cansaço visual (VIANA JÚNIOR; BRACARENSE; JOTA; ASSIS, 2002).

A luz determina o caráter do espaço e a sua relação com os elementos que o compõem. Entretanto, um ambiente com altos níveis de iluminância não está necessariamente bem iluminado. O ofuscamento é uma importante causa de desconforto mesmo em ambientes com níveis recomendados pela norma (VIANA JÚNIOR; BRACARENSE; JOTA; ASSIS, 2002).

Níveis adequados de iluminação devem ser proporcionados aos usuários das edificações visando o perfeito desenvolvimento da tarefa visual, além de conforto, satisfação (GHISI, 1997).

A quantidade de luz desejada e necessária para qualquer instalação depende da tarefa a ser executada. O grau de habilidade requerida, a minuciosidade do detalhe a ser observado, a cor, e a refletividade da tarefa, assim como os arredores imediatos, afetam as necessidades de iluminância, que produzirão as condições de visibilidade máxima. Os iluminamentos recomendados são baseados nas características das tarefas visuais e nos requerimentos de execução, sendo maiores para o trabalho envolvendo muitos detalhes, trabalhos precisos e trabalhos de baixos contrastes (GHISI; LAMBERTS, 1997(b); GHISI, 1997).

As tarefas visuais, apesar de serem em número ilimitado, podem ser classificadas de acordo com certas características comuns conforme a NBR 5413 (NB 57) – Iluminância de Interiores, que estabelece os valores de iluminâncias médias em serviço para iluminação artificial em interiores onde se realizam atividades específicas. Esta norma permite flexibilidade na determinação dos níveis de iluminação, sendo que três variáveis são consideradas:

- 1) A idade do observador: pessoas mais “idasas” necessitam de mais luz para desenvolver a mesma atividade que pessoas jovens.
- 2) Velocidade e acuidade do desempenho visual: necessidades críticas exigem mais luz que as casuais, ou seja, quanto maior o grau de precisão requerido para executar a tarefa, maiores serão os níveis de iluminação exigidos.
- 3) Refletância da tarefa em relação ao fundo: grande diferença de refletâncias entre a tarefa e o seu entorno próximo podem reduzir o contraste e a performance visual e/ou causar desconforto visual (GHISI; LAMBERTS, 1997(b); GHISI, 1997).

## **3.2 COMPONENTES DE SISTEMAS DE ILUMINAÇÃO**

Sistemas de iluminação elétrica geralmente consistem de algumas ou todas das seguintes partes: fontes; reatores; refletores; componentes de proteção/difusão; e luminárias. Estes componentes são descritos a seguir.

### **3.2.1 Fontes de luz elétrica**

Fontes de luz elétrica são lâmpadas com seus respectivos soquetes. Lâmpadas são disponíveis em um vasto arranjo de tipos, tamanhos, potências, distribuições, cores, revestimentos de fósforo, características de partida e operação, estilos e características térmicas. As lâmpadas mais indicadas a serem utilizadas em ambientes de trabalho são as lâmpadas fluorescentes. Estas fontes de luz apresentam altos índices de desempenho energético.

#### *3.2.1.1 Cor de lâmpadas*

As duas medidas usadas para especificar cor de fonte de luz são cromaticidade ou temperatura de cor correlata e índice de reprodução de cor. Estas quantidades descrevem, respectivamente, a aparência de cor da fonte de luz e aparência de cor dos objetos que estão sendo iluminados. Ambos são definidos de acordo com padrões internacionais e são aplicados por fabricantes de fontes de luz do mundo inteiro.

#### *3.2.1.2 Temperatura de cor de lâmpadas*

Normalmente, a temperatura de cor de uma lâmpada é escolhida primeiramente para igualar à atmosfera desejada de um ambiente; então a lâmpada com o maior índice de reprodução de cor na faixa de temperatura de cor correlata é selecionada.

A temperatura de cor de uma lâmpada é expressa em Kelvin. A temperatura de cor de lâmpada entre 2.500K e 3.500K indica cor quente e aconchegante. Em geral, lâmpadas com temperaturas de cor acima de 3.500 K criarão um ambiente funcional. Em algumas áreas comerciais como sala de recepção, escritórios, shoppings e lojas



são recomendadas lâmpadas com temperatura abaixo de 3.500 K para criar uma sensação maior de conforto. A escolha do tipo de lâmpada adequada é primordial para proporcionar um ambiente ideal à realização de tarefas e influenciar positivamente no ânimo dos usuários das edificações

### **3.2.2 Reatores**

Os reatores são vitais para a correta operação das lâmpadas fluorescentes e as de descarga em alta pressão. Eles acendem as lâmpadas, regulam a corrente elétrica, fornecem a potência correta para o bom funcionamento das lâmpadas. Os reatores eletrônicos consomem menos energia, proporcionam um fluxo luminoso maior e constante das lâmpadas; possuem dispositivos de segurança como termofusíveis, ruído inaudível e longa vida útil. Os reatores eletrônicos dimerizáveis possuem a capacidade de variar o fluxo luminoso de lâmpadas fluorescentes proporcionando uma maior flexibilidade aos sistemas de iluminação e uma melhor adequação do nível de iluminação necessário (CEMIG; CEFET-MG, 1999). Para EPRI, 1993, (citado por Ghisi, 1997), os reatores eletrônicos aumentam a eficiência do sistema lâmpada/reator em 15 a 20%.

Para avaliar o potencial de economia através da substituição de reatores eletromagnéticos por eletrônicos, Santamouris, 1995, (apud Ghisi, 1997) avaliou 13 edifícios. A economia verificada foi de 4% do consumo atual com iluminação com um período de retorno variando de 4 a 40 anos, com média aproximada de 10 anos.

Como os reatores eletrônicos reduzem as perdas, mas nem sempre são viáveis economicamente. Macedo Jr, 1996 (conforme Ghisi, 1997) recomenda que sejam avaliadas alternativas com e sem reator eletrônico e comparadas suas viabilidades econômicas.

### **3.2.3 Luminárias**

Luminárias efetivas usam a mais eficiente fonte de luz disponível que exibe as características importantes necessárias para obter um bom desempenho.

Muitas luminárias avançadas usam materiais de alta refletância desenvolvidos recentemente para melhorar a distribuição e eficiência de luz, e para ampliar o espaço entre luminárias.

Estes materiais especulares permitem o redirecionamento preciso de raios de luz incidente, permitindo controle preciso de luz. Estes diferem de refletores padrão pintados que produzem distribuição de luz incidente difusa, dispersa, muito espalhada.

Uma desvantagem de materiais especulares é que quando usados inadequadamente podem fornecer intensas imagens refletidas da fonte de luz em certos ângulos, causando um “flash” de luz que pode criar ofuscamento, estar distraído ou mesmo estar desorientando (PRADO, 1996).

### **3.3 A ILUMINAÇÃO E SUA RELAÇÃO COM A REFLETÂNCIA E A COR**

Uma superfície pode absorver ou refletir mais ou menos a radiação incidente, dependendo de sua cor e textura. Uma superfície branca, por exemplo, reflete aproximadamente 85% da luz incidente; uma cor clara, 50%; uma cor média 30% a 50%; e uma cor escura, menos de 10%, Hopkins, 1975 (citado por Oiticica; Barbirato; Silva; Machado, 2000 e Caram; Basso; Labaki; Castro, 2001). Essa quantidade pode variar se a superfície for lisa e polida ou áspera e fosca. Assim, é relevante o estudo das refletâncias das cores em diversos tipos de superfícies para que se conheça e se determine o padrão de iluminação dos ambientes.

### **3.4 MÉTODOS DE ILUMINAÇÃO**

A escolha do método de iluminação a ser utilizado é determinada pela análise do ambiente a ser iluminado e da tarefa a ser executada. Em relação à concentração de luz necessária para a realização de determinada tarefa, os métodos de iluminação podem ser classificados em:

1) Iluminação geral: propicia uniformidade de iluminância na superfície de trabalho. As luminárias são distribuídas regularmente no teto e a iluminância média deve ser igual à exigida para a tarefa.

2) Iluminância localizada: é obtida através de uma concentração maior de luminárias em determinadas posições de trabalho onde se exige uma iluminância suficientemente elevada. É um sistema de uso mais restrito para ambientes de trabalho em fábricas.

3) Iluminância suplementar: é aquela colocada nas posições de trabalho de forma a complementar a iluminação geral. É utilizada nos casos em que é necessária uma maior iluminância em um campo de trabalho específico devido à precisão requerida para se realizar a tarefa. EPRI, 1993 (segundo Ghisi, 1997) recomenda que a iluminação do ambiente pode ser de apenas 33% da iluminância dos postos de trabalho.

### **3.5 INTEGRAÇÃO DA LUZ NATURAL COM A ARTIFICIAL**

Historicamente, tem sido uma tendência não somente pensar na iluminação elétrica separadamente da luz natural bem como focalizar uma e negligenciar a outra. Embora haja pouca informação disponível no Brasil sobre o desempenho da integração de sistemas de iluminação natural e elétrica, tais sistemas existem. Estes sistemas integrados de iluminação são capazes de fornecer excelente qualidade de iluminação bem como significativa economia de energia.

Um projeto integrado de iluminação natural e artificial que considere a disponibilidade de luz natural, própria do clima local, possibilita uma redução de consumo de energia na edificação em mais de 30%, aproximadamente (CEMIG; CEFET-MG, 1999).

O projeto de iluminação além da integração luz natural – luz artificial deve fornecer interruptores independentes para cada zona iluminada pela luz natural. O circuito deve seguir o contorno da iluminação natural no espaço. Isto possibilita menores

custos quando os controles são adicionados. A chave para o sucesso é projetar um sistema confiável, simples e efetivo (BENYA; HESCHONG *et al.*, 2001).

*“Feliz o homem que acha sabedoria, e o homem que adquire conhecimento”;*

*Bíblia Sagrada. A.T. Provérbios. 2. ed. Barueri, SP: Sociedade Bíblica do Brasil, 1993. Cap. 3, vers. 13, p. 440.*

## 4

# ILUMINAÇÃO NATURAL

Este Capítulo trata da Iluminação natural. Os sistemas de iluminação natural, classificados em lateral e zenital, são definidos e caracterizados. Também são apresentadas vantagens e desvantagens de cada sistema.

#### **4.1 ILUMINAÇÃO NATURAL**

De acordo com Robbins, 1986 (citado por Cabús, 1997), a luz natural, ou qualquer outra fonte de luz, é uma manifestação visual de energia percebida pelo olho humano na faixa de radiação eletromagnética com comprimentos de onda entre 380 e 760 nm, aproximadamente. A luz natural pode ser proveniente de duas fontes: o sol e o céu, (SOUZA; KREMER; MACEDO; CLARO, 2001). Variações horárias, sazonais e atmosféricas representam variações significativas na disponibilidade da luz natural (PEREIRA; ATANASIO; WERLICH, 2001).

Depois das duas grandes guerras mundiais surgiram as primeiras incidências de crise na questão energética, cujo ápice ocorreu em 1973 com a crise do petróleo. Neste contexto, a iluminação natural pode contribuir significativamente na iluminação do ambiente. Ainda, um elevado potencial de economia pode ser alcançado se a iluminação natural for utilizada como uma fonte de luz para iluminar os ambientes internos. Em espaços iluminados adequadamente através de iluminação natural e sistemas de controle de iluminação artificial pode-se obter economia de energia entre 30 e 70% (GHISI; LAMBERTS, 1997).

Diversas são as razões que levam um projetista a utilizar a luz natural em seu projeto, dentre elas: a qualidade da luz, a comunicação visual com o meio externo, a conservação dos recursos naturais, a redução do consumo de energia e benefícios psicológicos e fisiológicos (CABÚS; PEREIRA, 1997; CABÚS, 1997).

A utilização da iluminação natural deve ser avaliada na concepção inicial do projeto e deve levar em conta a variação diária e sazonal da luz para fornecer iluminação adequada por maior tempo e menor carga térmica possíveis. Uma abertura de grandes dimensões pode causar uma entrada excessiva de luz, dependendo da

orientação, resultando em uma carga térmica indesejável, dependendo da região e da época do ano. Pequenas aberturas, ao contrário, necessitam de iluminação auxiliar (na maioria das vezes, iluminação artificial, mesmo durante um dia de céu claro, quando há mais luz no céu. O conhecimento da quantidade de luz que será admitida através da edificação pode auxiliar na tomada de decisões e mudanças de projeto. O conhecimento da distribuição espacial e temporal da iluminação natural dentro de um ambiente auxilia no projeto luminotécnico (PAPST; PEREIRA; LAMBERTS, 1998).

É importante conhecer a entrada de luz natural através das aberturas externas, nas diversas horas do dia e do ano, e com isso, desenvolver uma metodologia de análise da quantidade e da distribuição da luz natural nos ambientes internos. Assim, pode-se prever onde e quando se faz necessário o uso da iluminação artificial complementar à natural, facilitando o projeto luminotécnico (PAPST; PEREIRA; LAMBERTS, 1998).

#### **4.2 SISTEMAS DE ILUMINAÇÃO NATURAL**

Os sistemas de iluminação diurna podem ser classificados, sinteticamente, em lateral e zenital e espaços centrais compartilhados (átrios, por exemplo).. A escolha do sistema adequado de iluminação – lateral ou zenital - deve levar em conta as características do edifício, a forma e a disposição dos ambientes que compõem o edifício, o tipo de tarefa visual a ser executada, além de considerações de ordem econômica e tecnológica, assim como aspectos relativos ao clima local (CEMIG; CEFET-MG, 1999; CABÚS, 1997).

As aberturas laterais são as mais comuns e localizam-se nas paredes verticais das edificações. A iluminação lateral é mais adequada às regiões próximas às janelas, porém como a iluminância produzida reduz-se à medida que se afasta da abertura, este sistema provoca uma distribuição de iluminâncias inadequada na maioria dos casos (LEDER; PEREIRA, 1999; CABÚS, 1997).

Em ambientes com iluminação lateral, o nível de iluminância decresce rapidamente com o afastamento da janela. O aumento da iluminância em função do aumento da área iluminante ocorre até determinado limite. Um recinto com janelas de grandes dimensões, porém com superfícies interiores escuras requererá grande nível de luz incidente, que acarretará grande carga térmica. Por outro lado, um ambiente com janelas de dimensões adequadas e superfícies interiores claras, de alta refletância, resultará em uma combinação mais adequada de luz direta (em geral indesejada em ambientes internos em países tropicais) e luz refletida, possibilitando uma maior economia de energia.

As aberturas zenitais localizam-se nos planos horizontais ou de abertura das edificações, são utilizadas quando se pretende obter uma iluminação mais uniforme ou em casos no qual o uso das aberturas laterais é inadequado. A iluminação zenital fornece, em geral, uma maior uniformidade na distribuição da luz sobre o campo de trabalho, quando comparada a sistemas laterais com menor área de abertura. No entanto, não fornece uma visão do entorno, necessidade básica na grande maioria dos ambientes. Somado a essa questão, outro problema dos sistemas zenitais é a limitação do seu uso a edificações de um pavimento ou ambientes de cobertura. (LEDER; PEREIRA, 1999; CABÚS, 1997).

Em casos de utilização de iluminância zenital, particularmente em ambientes de grandes dimensões, podem-se considerar valores médios de iluminância devido à obtenção de uma maior uniformidade sobre o plano de trabalho. A grande carga térmica existente sobre a cobertura de um edifício, própria das regiões tropicais e subtropicais deve ser contemplada no projeto de iluminação zenital de forma a limitar a superfície a valores que não comprometam o conforto térmico do ambiente (CEMIG; CEFET-MG, 1999).

#### **4.3 CARACTERÍSTICAS DA ILUMINAÇÃO NATURAL**

Dentre diversas vantagens da utilização de luz natural em edificações, destaca-se a qualidade da luz natural. Outra vantagem é a boa reprodução de cores. A qualidade



espectral da luz influencia na aparência das cores. O olho humano ajusta-se às fontes de luz e altera sua percepção de cor em função da posição espectral da radiação luminosa. Apesar dos avanços tecnológicos de lâmpadas elétricas, ainda hoje, a luz natural é a que apresenta melhor reprodução de cores (CABÚS, 1997).

A variabilidade é uma das principais características da luz natural. Isto ocorre de forma tanto quantitativa como qualitativa, com a mudança da cor durante o dia. A variação pode ocorrer pelas mudanças regulares da trajetória solar, por mudanças produzidas por fenômenos meteorológicos, como a nebulosidade e pelo movimento das nuvens e outros aspectos mais fugazes. A variabilidade da luz natural proporciona maior prazer que a monotonia dos ambientes iluminados artificialmente. A quantidade de luz do dia, no entanto, ao contrário do que ocorre com a quantidade de luz artificial, não está sob o controle do projetista (CABÚS, 1997).

Outro aspecto importante da luz natural é a sua eficácia luminosa. A eficácia, tanto da luz do sol, como da abóbada celeste é significativa quando comparada com as fontes artificiais. De um modo geral, as fontes naturais introduzem menos calor por lúmen dentro das edificações, que as lâmpadas elétricas mais comuns (CABÚS, 1997).

#### **4.4 PROTEÇÕES SOLARES**

Em um trabalho apresentado por EPRI (1993), vários modelos de proteções solares foram testados em salas de aula com pé direito de 3 metros e dimensões de 10 x 10 metros. O modelo básico, sem proteção solar, mostra níveis de iluminação muito altos próximos à janela com uma redução rápida com o afastamento da janela. Brises horizontais e verticais podem aumentar a penetração de luz natural no ambiente e torná-la mais uniforme quando o piso externo é reflexivo. As prateleiras de luz (light shelves) diminuem a iluminância próxima à janela e aumentam a penetração de luz no ambiente através da reflexão no teto. Segundo EPRI (1993), enquanto as janelas sem proteção permitem que a luz penetre a uma distância

aproximada de 1,5 vezes a altura de topo da janela, as prateleiras de luz podem aumentar esta profundidade para 2,5 vezes a altura do topo da janela (GHISI, 1997).

O mercado brasileiro já disponibiliza produtos eficazes em filtrar os raios ultravioletas. Estes incluem os vidros laminados, os policarbonatos e as películas de controle solar, para os quais a transmissão na região dos UV é de no mínimo, 1%, ou seja, aqueles materiais têm uma opacidade de 99% àquela faixa do espectro da radiação solar, o que os torna especialmente indicados para museus, bibliotecas, lojas e vitrines em geral.

Em termos percentuais, o policarbonato apresenta 0% de transmissão na faixa dos UV, o laminado incolor (2%) e o vidro incolor (38%) (SCARAZZATO; LABAKI; CARAM, 2002).

#### **4.5 A ILUMINAÇÃO NATURAL E O PROJETO LUMINOTÉCNICO**

Nos países de clima tropical, altos níveis de iluminação natural no interior de ambientes construídos podem produzir um desconforto visual por ofuscamento excessivo, e ainda um aumento da carga térmica aumentando o consumo de energia para o resfriamento através de ar condicionado e ventiladores (JOTA; BRACARENSE, 2001).

Segundo CABÚS (1997) podem-se definir três regiões de iluminâncias no ambiente, em relação à luz artificial:

- 1) Insuficientes (iluminâncias abaixo de 70% do valor da norma).
- 2) Satisfatórias (iluminâncias entre 70% e 130% do valor da norma).
- 3) Excedentes (iluminâncias acima de 130% da norma).

A utilização da luz natural no ambiente construído muitas vezes é negligenciado pelos projetistas no momento de concepção do projeto. Geralmente, estuda-se a

orientação do terreno para implantar o edifício de forma a posicionar determinados cômodos numa posição mais ou menos privilegiada em relação à posição do sol, porém, na maioria das vezes negligencia-se a utilidade da luz natural, seja ela proveniente da luz direta do sol ou da luz solar refletida na abóbada celeste, no estudo de iluminação do ambiente projetado. Assim, em grande parte dos projetos a iluminação é artificial, mesmo durante o dia, aumentando os custos com o consumo de energia e desperdiçando uma fonte gratuita que poderia proporcionar luz abundante, de boa qualidade, além de melhor conforto ambiental (LIMA, 2002).

Atualmente, a simulação computacional possibilita a obtenção de aspectos quantitativos como níveis de iluminância e luminância e também, a visualização de efeitos qualitativos da iluminação através de figuras de falsa cor (figuras que ilustram a distribuição da luz diretamente sobre as superfícies de uma cena 3D e são usadas para visualizar a luminância ou o iluminamento do modelo usando uma escala linear ou logarítmica) e imagens fotorealísticas (LIMA, 2002).

As variáveis que interferem no projeto de iluminação natural são:

- 1) Condicionantes locais: clima, orientação, época do ano, hora do dia.
- 2) Implantação da edificação: influência do entorno natural ou edificado.
- 3) Forma, tamanho e localização das janelas.
- 4) Materiais do piso, paredes e teto.
- 5) Dimensões dos compartimentos.
- 6) Elementos externos próximos (LIMA, 2002).

Muitas dessas variáveis são propriedades de sítio onde será implantado o projeto e não podem ser modificadas. Assim, o projetista pode atuar nas variáveis que interferem diretamente no nível de iluminância tais como a forma, tamanho e localização das janelas (LIMA, 2002).

No Brasil, como ainda não existem normas ou outros instrumentos reguladores que priorizem uma melhor utilização da iluminação natural dos edifícios, torna-se imprescindível a implementação de pesquisas e a divulgação do tema com o objetivo de formação de massa crítica junto aos profissionais de projeto e representantes de corporações mercantis e comerciais, construtores e produtores de insumos para o segmento da construção civil (SCARAZZATO; LABAKI; CARAM, 2002).

A avaliação da iluminação natural em um projeto pode ser feita de três maneiras distintas:

- 1) Métodos gráficos simplificados.
- 2) Simulação com modelos em escala reduzida.
- 3) Simulação em computador (PAPST; PEREIRA; LAMBERTS, 1998).

#### **4.6 ILUMINAÇÃO NATURAL E USO RACIONAL DE ENERGIA**

A iluminação natural pode contribuir significativamente na iluminação do ambiente (GHISI; LAMBERTS, 1997). Smiley, 1996, (citado por Ghisi, 1997), afirma que na Carolina do Norte, Estados Unidos, escolas construídas nos municípios de Raleigh, Wake e Johnston estão utilizando os benefícios da iluminação natural. Através de sensores que ajustam o nível de iluminação artificial em função da iluminação natural e de sensores de ocupação estas escolas estão consumindo de 22 a 64% menos que escolas similares da região.

Na Durant Middle School, em Raleigh, através da redução de ganhos de calor proporcionada pela iluminação natural comparada com a artificial, o sistema de refrigeração também pôde ter seu custo de implantação reduzido, o que permitiu um tempo de retorno do investimento de nove meses (GHISI, 1997).

The European Commission, 1994, apud Ghisi, 1997, alerta para o correto dimensionamento das esquadrias para aproveitamento da iluminação natural, pois o custo de uma esquadria é maior que o custo de alvenaria para a mesma área.

Segundo Fong e Kiss, 1996, (citado por Ghisi, 1997), sistemas simples como janelas altas e cores claras nas superfícies internas podem aumentar os níveis de iluminação natural no ambiente interno em um fator de três.

Opdal e Brekke, 1995, (citado por Ghisi, 1997), verificaram uma economia média de 30% em iluminação, nos escritórios da Noruega, onde se utilizam sistemas de controle de iluminação artificial em função da iluminação natural. A utilização de sensores de presença mostra um potencial de economia de energia em iluminação de 60% (GHISI; LAMBERTS, 1997).

A utilização da luz natural em ambientes internos, além de representar aumento na produtividade e qualidade de vida dos usuários das edificações ainda possui expressiva contribuição em projetos de eficiência energética (PAULA; SILVA; CARDOSO, 2002). A iluminação natural, desde que utilizada adequadamente, pode contribuir de forma expressiva com a redução do consumo de energia elétrica em hipermercados, supermercados, agências bancárias e qualquer edificação.

Em espaços iluminados de forma adequada através de iluminação natural e sistemas de controle de iluminação artificial pode-se obter economia de energia em iluminação entre 30% e 70% (GHISI; LAMBERTS, 1997).

No Brasil, já existe tecnologia de materiais e produtos, bem como procedimentos de projeto suficientemente desenvolvidos para garantir este benefício. O país está situado entre as latitudes 5°N e 32°S, portanto entre as regiões do planeta mais bem servidas de luz natural (SCARAZZATO; LABAKI; CARAM, 2002). Dadas as características dos nossos climas, a luz do dia pode ser utilizada com eficiência, sem necessidade de complementação pela iluminação artificial durante 70% do expediente diurno anual, no mínimo, bastando para isso que os projetos dos edifícios trabalhem adequadamente com aquele parâmetro (SCARAZZATO; LABAKI; CARAM, 2002).

Robbins, 1986 e Energy Research Group, 1994 (apud Cabús, 1997), afirmam que cerca de 50% da energia consumida em edificações não residenciais é gasta com a iluminação em excesso e é bastante comum no Brasil, citando diversos trabalhos de pesquisadores brasileiros como M. Romero (1989), L. Lomardo (1989) e S. Rocha (1990). Diversas são as pesquisas relacionando a iluminação natural à conservação de energia, no Brasil e no mundo (CABÚS, 1997).

#### **4.7 O USO DA ILUMINAÇÃO NATURAL EM ESCOLAS**

Um estudo do grupo “HMG – Heschong Mahone Group” do Instituto “New Buildings Institute” (Instituto de Edificações Novas), descobriu uma correlação estatística entre a quantidade de luz do dia em salas de aula de escola elementar e o desempenho de estudantes em testes padronizados de Matemática e Leitura. Esta pesquisa foi executada pelo programa Pesquisa de Energia de Interesse Público da Comissão de Energia da Califórnia (HMG – HESCHONG MAHONE GROUP, 2002).

Os pesquisadores analisaram os dados de desempenho de estudantes de 1997 e 1998 das escolas “Capistrano Unified School District” (Califórnia) e “Seattle Public School District” (Washington).

Neste estudo eles observaram:

- 1) Os estudantes de escola elementar em salas de aula com níveis mais elevados de luz do dia apresentam uma melhoria de 21% em avaliações de aprendizagem em comparação com os estudantes em salas de aula com níveis mínimos de luz do dia.
- 2) As características físicas das salas de aula não estão associadas com as variações no absenteísmo dos alunos, portanto, não influenciam no absenteísmo dos alunos.

Os resultados indicam que a luz do dia influencia positivamente na melhoria do desempenho de alunos. Assim, a luz natural pode ter relevantes implicações em projetos de escolas e outras edificações. As preferências dos professores

entrevistados eram por: janelas, luz natural, visibilidade em suas salas de aula, maior espaço, boa localização, tranquilidade, depósito e água nas salas de aula.

As expectativas dos professores eram ter um controle ambiental completo. Assim, eles poderiam controlar: os níveis de luz, a penetração do sol, as condições de acústica, a temperatura e a ventilação em suas salas.

Foram observadas as notas dos alunos por cada série em separado para verificar se existia uma correlação com a idade dos alunos. Não houve acréscimo nem decréscimo nos efeitos da luz do dia por série. Assim, pode-se concluir que os efeitos da luz natural no desempenho dos alunos não parecem ser progressivos com o aumento da faixa etária dos alunos, nem crianças mais jovens parecem ser mais sensíveis à luz natural do que crianças mais velhas em seus desempenhos escolares (HMG – HESCHONG MAHONE GROUP, 2002).

Outro estudo apresenta os resultados obtidos em três grandes escolas que possuíam uma variedade de condições de iluminação natural em suas salas de aula. As salas de aula foram classificadas de acordo com a quantidade e a qualidade da luz do dia disponível. As escolas de ensino fundamental foram escolhidas porque tipicamente, as crianças passam todo o ano em uma única sala de aula. Isto tornaria possível isolar diretamente os efeitos da sala de aula em estudo.

Os três estados estavam localizados em San Juan Capistrano, Califórnia; Seattle, Washington e Fort Collins, Colorado. Estes estados apresentam diferentes climas, diferentes tipos de edificações escolares, diferentes currículos e diferentes protocolos de testes.

Os estados forneceram várias informações sobre as características demográficas dos estudantes, os programas escolares especiais, o tamanho das escolas, etc. Foram adicionadas informações sobre as condições físicas das salas de aula, da arquitetura das salas, fotografias, registros e visitas em várias escolas, em cada estado, para classificar as condições da iluminação natural em mais de 2000 salas de aula.

Cada sala de aula foi classificada numa escala de 0 a 5, de acordo com o tamanho e matiz de suas janelas, a presença e o tipo de iluminação do céu, um código de iluminação da luz do dia holístico, no seu conjunto completo tanto qualitativo quanto quantitativo de luz do céu proveniente de janelas e “toplighting” (clarabóias) combinados.

Os códigos usados neste estudo baseavam-se nas condições de luz do dia ao meio-dia em “lux” no critério qualitativo descrito a seguir:

1) *Código 5 da luz do dia*: sala de aula com iluminação natural adequada e uniforme sem necessidade de utilizar iluminação artificial durante a maior parte do ano na escola, +/- 538,00 “lux” na maioria das carteiras.

2) *Código de luz do dia 4*: a sala de aula apresenta boa iluminação natural e, ocasionalmente, não precisa de iluminação artificial adicional. A luz do dia pode apresentar grandes variações de níveis de iluminação. Possui +/- 322,80 “lux” nas carteiras.

3) *Código de luz do dia 3*: a sala de aula possui níveis adequados de iluminação natural apenas em áreas restritas da sala de aula, como próximo às janelas. Às vezes, pode-se desligar o sistema de iluminação elétrica. Apresenta +/- 161,40 “lux” em algumas carteiras.

4) *Código de luz do dia 2*: a sala de aula apresenta baixo e/ou irregular nível de luz do dia. Necessita de iluminação artificial adicional em determinados períodos do dia. Possui +/- 107,60 “lux” em áreas limitadas.

5) *Código de luz do dia 1*: a sala de aula possui uma iluminação natural mínima. Janelas muito pequenas e/ou de cor escura ou clarabóia inadequada. Necessita de luz artificial o tempo inteiro. Apresenta +/- 53,80 “lux” em áreas limitadas.

6) *Código de luz do dia 0*: a sala de aula não possui iluminação natural (HMG – HESCHONG MAHONE GROUP, 2002).



Finalmente, o estudo analisou o desempenho de testes de 8.000 a 9.000 estudantes por distrito. Foram analisados os resultados de testes de matemática e leitura em todos os três distritos. Eles foram analisados separadamente; alternadamente usando o código holístico de luz do dia citado acima; e em separado, janelas e códigos de luz do céu, em 12 modelos estatísticos.

A escola “Capistrano Unified School District” foi selecionada para estudo devido a fatores como:

- 1) Os administradores do Distrito padronizaram os testes no outono e na primavera, possibilitando comparar a variação dos resultados dos testes de matemática e leitura dos estudantes;
- 2) Os estudantes permaneceram na mesma sala de aula o ano inteiro;
- 3) As salas de aula são padronizadas, facilitando o controle das condições de influência individual da localização da escola e vizinhanças.

Na análise foram incluídas informações adicionais como as condições de ventilação, aquecimento, ar condicionado, (HVAC) das salas de aula (HMG – HESCHONG MAHONG GROUP, 2002).

Em Capistrano, usando uma equação de regressão, foram controladas 50 outras variáveis, sendo observado:

- 1) Os alunos das salas de aula, com os maiores níveis de luz do dia foram 20% mais rápidos nos testes de matemática e 26% nos testes de leitura, no ano de 1997 e de 1998 em comparação com alunos das salas de aula com níveis mínimos de luz do dia.
- 2) Os estudantes das salas com maiores áreas de janela similarmente foram 15% mais velozes em testes de matemática, e 23% mais rápidos em leitura do que os alunos das salas com mínimas áreas de janela.

3) Os estudantes que possuíam clarabóia bem projetada em suas salas de aula, que permitia ao professor controlar a quantidade de luz do dia dentro da sala e difundia a luz do dia por toda sala inteiramente, também foram 19% a 20% mais ágeis nos testes do que os estudantes que não possuíam uma clarabóia em suas salas. Entretanto, as clarabóias mal-projetadas, que permitiam a irradiação da luz solar direta dentro das salas e não possibilitavam ao professor o controle da luz do dia dentro das salas de aula influenciavam negativamente no desempenho dos alunos. Ainda, em três dos quatro modelos de Capistrano, as salas de aula que possuíam janelas operáveis, contribuíam positivamente no desempenho dos alunos, com aumento de 7% a 8% na rapidez de aprendizagem. Todos estes efeitos relativos apresentavam 99% de certeza nas estatísticas (HMG – HESCHONG MAHONE GROUP, 2002).

Nas escolas dos distritos de Seattle e Fort Collins, apenas o teste no fim do ano letivo foi padronizado.

Assim, foram comparados os resultados finais destes testes padronizados de matemática e de leitura destes distritos, Seattle e Fort Collins, com os resultados médios encontrados nas escolas do distrito de Capistrano.

Também, nos dois distritos, os efeitos da iluminação natural no desempenho dos alunos foram positivos e significativos: 99%.

Ainda, os estudantes cujas salas de aula apresentavam os maiores níveis de iluminação natural obtiveram notas de 7% a 18% superiores às dos alunos cujas salas possuíam os mínimos níveis de iluminação natural (HMG – HESCHONG MAHONE GROUP, 2002).

Os três distritos possuem diferentes currículos e estilos de ensino, diferentes projetos de edificações escolares e climas muito diferentes.

E, ainda, os resultados dos estudos mostram de forma consistente que os efeitos de iluminação natural no desempenho dos estudantes são positivos e bastante significativos.

Esta consistência nos resultados em diversos ambientes escolares aponta para a validade do efeito da iluminação natural no desempenho de estudantes. Outros fatores que não foram incluídos neste estudo podem também influenciar nos resultados, tais como: a qualidade do professor e do aluno, a vida familiar, a saúde, a nutrição, os talentos individuais, a motivação, etc. Assim, é possível que alguma outra variável, possa influenciar no resultado da variável de interesse.

As informações dos levantamentos dos professores de Capistrano não são suficientes para conclusões universais sobre preferências de professor e comportamentos. Entretanto, é fortemente sugestivo que o ambiente físico é um fator chave na aprendizagem.

O controle do ambiente é importante para os professores, especialmente quando eles descobrem que não têm este controle em suas salas. Assim, professores desejariam controlar os níveis de luz, penetração do sol, condições acústicas, temperatura e ventilação em suas salas de aula. Também gostariam de ter salas mais amplas, espaço para depósito e água.

O controle das condições do ambiente pelos professores pode apresentar impactos significativos no uso de energia em termos de economia de energia e de conforto e produtividade.

*“Feliz o homem que acha sabedoria, e o homem que adquire conhecimento”;*

*Bíblia Sagrada. A.T. Provérbios. 2. ed. Barueri, SP: Sociedade Bíblica do Brasil, 1993. Cap. 3, vers. 13, p. 440.*

# 5

## EFICIÊNCIA ENERGÉTICA

Este capítulo ressalta a importância do uso racional e eficiente de energia, citando vantagens econômicas, ambientais, financeiras, sociais, dentre outras. É apresentado um panorama da eficiência energética em edificações no mundo e no Brasil. Também há uma reflexão sobre as características que uma edificação deve possuir para ser considerada uma edificação eficiente do ponto de vista energético. Ainda, são apontados alguns problemas e entraves no tocante a uma efficientização das edificações no Brasil.

O uso adequado e racional de energia elétrica é fundamental tanto por razões econômicas e sociais como ambientais, pois no Brasil a oferta de energia elétrica está diretamente vinculada a expressivos investimentos e ao alagamento de extensas áreas para a formação de represas. A energia, como qualquer outro insumo da produção, também produz expressivos custos. Assim, é fundamental melhorar a eficiência na utilização deste recurso em equipamentos e processos.

A cada kWh não utilizado, que é gerado por usinas termelétricas, há uma redução de emissão de cerca de 1 kg de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), um dos principais gases que provoca o efeito estufa. Hidroelétricas inundam uma média de 600 m<sup>2</sup> para cada 1.000 W gerados; neste espaço são derrubadas cerca de 150 árvores. Isto exemplifica a relação entre o uso e a produção de energia elétrica e a sociedade humana nas questões ambientais (CEMIG; CEFET-MG, 1999).

Existem várias formas de geração de energia elétrica, entretanto, todas elas causam algum tipo de impacto ambiental. Todo e qualquer tipo de tecnologia para gerar energia agride o ecossistema em algum nível. As formas de geração de energia foram divididas em duas classes: energia verde e não-verde. Ainda existe muita polêmica a respeito do que pode ser classificado como verde.

O Brasil possui cerca de 93% da sua energia gerada por fonte renovável (hidroelétricas) podendo ser classificada como energia verde (não emite poluição na atmosfera, não causa aquecimento e é uma fonte renovável) (CEMIG; CEFET-MG, 1999).

O impacto ambiental da energia proveniente de usinas hidroelétricas não é desprezível. Adicionalmente, o desperdício de energia no Brasil é muito elevado. Assim, a maior jazida de energia no país está no uso racional da energia instalada e não na construção de novas usinas. Em termos tanto financeiros como ecológicos, a energia conservada é mais barata do que a energia produzida.

Anualmente, cerca de 20% de toda a energia elétrica gerada no Brasil é desperdiçada. Isto equivale à energia gasta anualmente no Estado de Minas Gerais. Para reduzir este desperdício, a Eletrobrás, através do Procel tem investido em projetos diversos que incluem diagnósticos energéticos de setores industriais e projetos junto a escolas de ensino fundamental (CEMIG; CEFET-MG, 1999).

Para que a energia elétrica esteja disponível ao consumidor, um grande caminho é percorrido. O sistema inclui usinas geradoras, subestações elevadoras, linhas de transmissão, subestações abaixadoras e linhas de distribuição. O custo total deste sistema é muito elevado e o mau uso da energia é revertido para todos os consumidores que pagam este investimento. O metro quadrado de construção custa cerca de US\$250, enquanto que para suprir esta mesma construção com energia elétrica o setor energético e, portanto a sociedade, investe cerca de US\$400/m<sup>2</sup> (CEMIG; CEFET-MG, 1999).

Dentre os efeitos causados por usinas hidroelétricas podem ser destacados:

- 1) Transformação de rios em lagos.
- 2) Alagamento de grandes áreas.
- 3) Comprometimento da flora e fauna da região.
- 4) Submersão de sítios arqueológicos ou de interesse histórico e paisagístico.
- 5) Afeta o ciclo de reprodução de peixes.
- 6) Remanejamento de populações.

Os elevados custos econômicos, sociais e ecológicos da geração de energia justificam a prática e a disseminação do uso racional desta energia. A energia é um insumo indispensável em nossas vidas. Usar a energia de forma racional é usufruir todos os benefícios que ela nos proporciona, sem desperdícios. Assim, daremos nossa parcela de contribuição para a redução dos custos econômicos, sociais e ecológicos (CEMIG; CEFET-MG, 1999).

A conservação e o uso racional de energia não implicam na redução do conforto e/ou privação dos benefícios que ela nos proporciona. É transformar a sociedade do desperdício em uma sociedade que utilize seus recursos globais de maneira mais racional, em especial os insumos energéticos. Adicionalmente, as ações de conservação e uso racional de energia podem conduzir à redução da necessidade de novas centrais de geração de energia elétrica, contribuindo para a preservação do meio ambiente. E ainda, os recursos financeiros públicos obtidos com a economia de novos investimentos de geração de energia, nas edificações públicas, em especial, podem ser aplicados em áreas essenciais como saúde e educação pública, por exemplo.

Basicamente, a conservação de energia pode compreender dois estágios: a eliminação dos desperdícios e a introdução de técnicas que aumentem a eficiência no uso da energia.

Geralmente, a eliminação dos desperdícios requer um investimento mínimo ou nulo, e os resultados são obtidos através da conscientização dos consumidores e usuários. Para o aumento da eficiência energética são necessários investimentos para a substituição dos conjuntos lâmpadas-reatores-luminárias por outros mais eficientes, substituição ou introdução de dispositivos de gerenciamento, operação e controle eficientes e adequados, sendo que estes investimentos têm retorno garantido.

## 5.1 EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM EDIFICAÇÕES NO MUNDO

Os Estados Unidos desenvolveu e implantou normas de eficiência energética de edificações. Na Califórnia, por exemplo, existe a Title 24 (o estado possui 24 diferentes climas), uma norma que foi desenvolvida e teve sua implantação obrigatória naquele estado (SIGNOR, 1999).

Em 1992, surge nos EUA o Energy Policy Act, que determinava que todo o país deveria desenvolver normas de eficiência energética em edificações, a serem implantadas até 1994. Tais normas deveriam tomar como base (alcançando ou superando) àquelas desenvolvidas pela ASHRAE. Estas normas foram produzidas pela ASHRAE até 1980 e posteriormente em conjunto com a Illuminating Engineering Society of North America - IES. A norma ASHRAE teve sua primeira versão publicada em 1975, sendo atualizada em 1980, e após isso, teve sua primeira revisão em 1989, que foi intitulada ASHRAE/IES 90.1 – 1989 – Energy Efficient Design of New Buildings Except Low-Rise Residential Buildings. Ela combina especificações prescritivas e de desempenho, utilizando a mesma metodologia da maioria dos países que possuem normas, e foi utilizada como base para as Normas de Hong Kong, Jamaica, Arábia Saudita, Singapura, Tailândia, Filipinas e Malásia (SIGNOR, 1999).

Após o aperfeiçoamento decorrente de sua utilização e de suas modificações posteriores, a última versão da norma, publicada em 1989, possui as seguintes diretrizes:

- 1) Estabelecer as condições mínimas para o projeto energeticamente eficiente de novas edificações, bem como a maneira a serem construídas, operadas e mantidas de modo a minimizar o consumo de energia, sem prejudicar o conforto ou a produtividade de seus ocupantes.
- 2) Prover critérios para um projeto eficiente e métodos para determinar a conformidade com tais critérios.



3) Estabelecer um guia confiável para projetos energeticamente eficientes (SIGNOR, 1999).

O código conta com requerimentos básicos referentes à iluminação, envelope, equipamentos, sistemas, ar condicionado, aquecimento de água e gerenciamento de energia. Estes requerimentos devem ser observados por todas as novas edificações e, quando for o caso, deverão ser adicionados requerimentos complementares que acompanham a cada seção (SIGNOR, 1999).

Em 1993 foi publicado o “Energy Code for Commercial and High-Rise Residential Buildings”, que é uma versão simplificada e atualizada da ASHRAE/IES 90.1, desenvolvido para auxiliar no desenvolvimento das demais normas estaduais, conforme determinava o Policy Act. No sentido de melhorar as condições da norma foram estabelecidos os seguintes objetivos:

- 1) Minimizar o esforço requerido aos projetistas para demonstrar a conformidade de seus projetos com a norma.
- 2) Permitir o uso de ferramentas computacionais relativos à iluminação e envelope.
- 3) Permitir a engenheiros e arquitetos certificar a conformidade utilizando-se do método do orçamento.
- 4) Simplificar as tabelas relativas ao envelope para maior facilidade de leitura.
- 5) Simplificar as tabelas relativas a eficiências de equipamentos.
- 6) Incorporar informações ao código sempre que possível, visando reduzir a necessidade de referência e outras normas (SIGNOR, 1999).

A IECC – International Energy Conservation Code vem tratando de tópicos como envelope, HVAC (aquecimento, ventilação e ar condicionado) e iluminação de edificações.

## 5.2 EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM EDIFICAÇÕES NO BRASIL

O emprego de padrões arquitetônicos adequados, a utilização de produtos e materiais energeticamente eficientes e a implementação adequada de projetos de eficiência energética possibilitam reduções de até 60% no consumo de energia de edificações residenciais, segundo a ABILUX - Associação Brasileira da Indústria de Iluminação. Assim, arquitetos e engenheiros influenciam na quantidade do consumo de energia no país, uma vez que edificações planejadas adequadamente, desde a fase inicial de projeto, com aplicação de estratégias bioclimáticas na concepção das edificações e uso de equipamentos energeticamente eficientes, podem reduzir significativamente o consumo de energia (LAMBERTS; GHISI; PAPST, 2000).

Regulações propostas no Brasil pedem por mínimas eficiências em projetos de edificações e fabricação de equipamentos. Se espera que estas regulamentações traduzam em custos operacionais mais baixos para os usuários, demanda de energia reduzida para as concessionárias de energia, e potencialmente mais baixas emissões de carbono para o país. O conceito de “edifícios de energia eficiente” tem implicações imediatas em regulações, economia, demanda de energia, e o ambiente. Uma definição é necessária também para comparar desempenhos de energia de edificações ou avaliar eficiência de energia absoluta. Três critérios são propostos para um edifício de energia eficiente:

- 1) O edifício deve ser equipado com equipamentos eficientes e usar materiais adequados para a localização e condições;
- 2) O edifício deve fornecer amenidades e serviços apropriados ao uso pretendido do edifício; e
- 3) O edifício deve operar de tal maneira que tenha um uso de energia baixo comparado a outros edifícios similares (MEIER; OLOFSSON; LAMBERTS, 2002). Um edifício eficiente deve, no mínimo, estar acima da média em todos os três aspectos.

Quando definindo padrões mínimos de eficiência, uma definição de eficiência de energia baseada em custos de ciclo de vida mínimos é provável resultar em padrões mais cuidadosos, e maior economia de energia, do que uma estratégia baseada em eliminar as unidades menos eficientes (MEIER; OLOFSSON; LAMBERTS, 2002).

Observa-se, geralmente, que alguns edifícios pela simples instalação de um dispositivo de eficiência, são denominados eficientes do ponto de vista energético, o que pode, na melhor das hipóteses, somente afetar uma pequena parcela do uso total de energia da edificação. Projetistas podem afirmar serem seus edifícios eficientes por simplesmente reunirem as regulações mínimas necessárias (MEIER; OLOFSSON; LAMBERTS, 2002).

Avaliar a eficiência de uma edificação é muito difícil. A eficiência de uma geladeira pode ser expressa em um valor simples, kWh/ano. Edifícios são muito mais complexos porque envolvem diversos fatores. Por exemplo, como deveria a energia consumida na forma de eletricidade ser comparada a outros combustíveis? A demanda de pico deveria ser considerada como um fator em eficiência energética? O custo de energia em vigor está adequado com a definição de eficiência? (MEIER; OLOFSSON; LAMBERTS, 2002).

Mesmo sem responder a todas estas questões, o desempenho esperado da edificação pode ser comparado a padrão de edificação de outros projetos (simulado ou real). Critério bastante simples de eficiência pode ser avaliado. Por exemplo, o edifício reúne os objetivos do projeto? Um projeto é superior a outro? (MEIER; OLOFSSON; LAMBERTS, 2002).

Mas como avaliar uma edificação após a sua construção e em operação adequada a questões mais amplas como sistemas de taxaço apropriados, contratos de economias compartilhados, e medida do sucesso de programas padrões de edifício?

Há dois aspectos desta questão:

- 1) Comparar (ou ranking) a eficiência energética de edifícios.
- 2) Avaliação absoluta da eficiência energética de um edifício.

Em termos práticos estas questões se traduzem em duas questões. Primeiro como pode uma pessoa decidir se um edifício é mais eficiente do que um outro edifício? Segundo, como pode uma pessoa decidir se um edifício é “eficiente”? (MEIER; OLOFSSON; LAMBERTS, 2002).

Assim, a primeira exigência significa estabelecer eficiência relativa e a segunda, eficiência absoluta. Novamente, não há um resultado simples correto, e pessoas sensatamente podem diferir (MEIER; OLOFSSON; LAMBERTS, 2002).

Uma maneira para avaliar a eficiência é simular o uso de energia para avaliar a eficiência de uma edificação e compará-lo a um valor alvo. A simulação aproximada tem algum valor em que ele revela o comportamento ideal de uma edificação ou seu comportamento com condições atmosféricas e de operação padronizadas.

Por outro lado, a simulação aproximada ignora a abundância de informações sobre condições reais tais como as contas das concessionárias, dados de sistemas de gerenciamento de energia, e conhecidos padrões de ocupação. Mais importante, uma simulação aproximada não pode mesmo começar a endereçar importantes aspectos de construção, operação e manutenção. Por exemplo, a edificação tem um desempenho como o projetado? A edificação pode ser melhorada? (MEIER; OLOFSSON; LAMBERTS, 2002).

Uma aproximação bastante atrativa é inferir a eficiência de dados de operação tal como é feito no programa Energy Star. Por exemplo, um indicador simples de desempenho é um uso de energia anual total do edifício dividido por sua área de piso. Estes valores são largamente conhecidos e são apropriados para comparações de edificações similares (tais como escolas na mesma cidade). Entretanto, é fácil confundir um edifício de baixa-energia com um edifício de energia eficiente (e um edifício de alta-energia com um edifício ineficiente) (MEIER; OLOFSSON; LAMBERTS, 2002).

Edifícios que operam 24 horas por dia podem aparentar serem ineficientes devido ao seu alto uso de energia. Porém, quando seus usos de energia são ajustados para

refletir estes horários prolongados, eles podem apresentar um melhor resultado quando ranqueados (MEIER; OLOFSSON; LAMBERTS, 2002).

Técnicas de avaliação mais complexas são possíveis. Uma aproximação é tratar a edificação como uma “caixa preta” e derivar parâmetros de desempenho de séries de tempo de energia (“time series energy”), tempo (condições climáticas) e outros dados. Esta técnica é freqüentemente chamada “modelamento inverso” (“inverse modeling”). Alguns destes parâmetros podem ser associados com a eficiência de energia do edifício (MEIER; OLOFSSON; LAMBERTS, 2002).

Mesmo sendo difícil definir um indicador simples de eficiência energética de edificações, acreditamos que uma edificação eficiente energeticamente deve conter elementos de três categorias:

- 1) A edificação deve conter tecnologias de energia-eficiente que, quando operando como projetado, reduzirão efetivamente o uso de energia.
- 2) A edificação deve suprir as amenidades (o conforto) e características apropriadas para aquela tipologia de edificação.
- 3) A edificação deve ser operada de modo eficiente. A evidência desta operação é o baixo uso de energia relativo a outras edificações similares (MEIER; OLOFSSON; LAMBERTS, 2002).

A Coelba – Companhia de Eletricidade do Estado da Bahia, a Iberdrola Empreendimentos do Brasil e a UFSC - Universidade Federal de Santa Catarina estão elaborando uma norma específica para regulamentar a eficiência de energia nas edificações, sejam elas residenciais, comerciais ou públicas. O projeto está orçado em R\$80 mil, cerca de 23 mil dólares. Estes recursos fazem parte do Plano Anual de Eficiência Energética da Coelba. Uma das preocupações do projeto é o conforto ambiental e a eficiência energética. Estes estão sendo considerados nos diversos elementos de um projeto arquitetônico tais como: orientação, forma, dimensionamento, escolha de materiais e localização das aberturas, utilizando os

princípios bioclimáticos (sombreamento, temperaturas, ventilação natural, etc) <<http://www.labeeee.ufsc.br/index/reportagens.html>>.

Uma das propostas é limitar o uso do vidro nas fachadas para evitar o aquecimento do prédio e, conseqüentemente, o aumento do consumo de energia com o uso de ar-condicionado. O isolamento térmico para as coberturas, evitando assim, a entrada do calor, bem como os usos de lâmpadas mais eficientes também são considerados.

Além de benefícios econômicos e ambientais, a eficiência energética pode melhorar o uso e a qualidade do ambiente interno de edificações (WESTPHAL; LAMBERTS, 2000). A participação do setor de edificações no consumo geral de energia no Brasil é de 42%, representando assim uma parcela significativa a ser considerada em qualquer programa de conservação de energia elétrica (GRASSO; GHISI; LAMBERTS, 1998).

A variável “consumo de energia” é um importante critério de projeto e parâmetro de avaliação do desempenho da edificação (GRASSO; GHISI; LAMBERTS, 1998).

As ações orientadas para a racionalização do consumo de energia têm-se pautado pela tônica do avanço tecnológico dos equipamentos e sistemas de controle prediais. Porém, pouco se tem feito no campo do projeto da edificação. Para solução da questão é necessária uma maior conscientização do meio técnico e do usuário no sentido de incorporar o consumo de energia como parâmetro de projeto (GRASSO; GHISI; LAMBERTS, 1998).

O incentivo a edificações energeticamente eficientes é uma forma de reduzir a demanda de energia elétrica nas edificações. A eficiência energética não está associada apenas à economia financeira, ela está associada também ao bem-estar e conforto do usuário (CARLO, 2002).

Os regulamentos energéticos são instrumentos legais que disciplinam as condições térmicas dos edifícios visando a redução do consumo atual e potencial de energia. O regulamento incentiva o uso de técnicas passivas, caracterizando as componentes térmicas relacionadas com os aspectos construtivos, diminuindo a solicitação de

tecnologias ou sistemas ativos de aquecimento ou resfriamento (ROMÉRO; BERALDO; SAFT; ABREU, 2002).

O Brasil, maior e mais populoso país da América Latina, enfrenta atualmente a maior crise energética de sua história. Os problemas recentes com consumo de energia elétrica iniciaram-se nos anos 80 quando o crescimento da demanda superou o crescimento da produção. Nos anos 90, com o processo de privatização do setor, o Estado deixa de investir e a iniciativa privada, por ausência de regras claras, demora a realizar seus investimentos. Nesse período, o consumo cresce em torno de 15.000 GWh/ano, alcançando 56,2 GWh em abril de 2001, valor superior ao da oferta de energia que era de 52GWh (ROMÉRO; BERALDO; SAFT; ABREU, 2002).

A atenção do governo está voltada para o aumento da produção e o Procel – Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica está direcionado à redução das perdas nas concessionárias, racionalização do uso da energia elétrica e eficiência energética dos aparelhos elétricos (ROMÉRO; BERALDO; SAFT; ABREU, 2002).

O mercado da construção civil no país se beneficia da ausência de um instrumento legal de qualificação do desempenho termo-energético dos projetos de arquitetura, para construir edifícios de baixa qualidade e sem preocupações com as características climáticas locais, obrigando os usuários a estarem permanentemente em ambientes condicionados, seja para o resfriamento ou para o aquecimento destes (ROMÉRO; BERALDO; SAFT; ABREU, 2002).

### **5.3 PROBLEMAS PARA A EFICIENTIZAÇÃO ENERGÉTICA DE EDIFICAÇÕES NO BRASIL**

O aproveitamento da iluminação e ventilação naturais pode diminuir ou eliminar a necessidade de uso da iluminação artificial e do ar condicionado. A arquitetura utilizada no país reflete padrões de países com clima temperado e não aproveita a excelente quantidade de luz natural ao longo do ano, apresentando nível de

eficiência energética equivalente a de países menos desenvolvidos, como Bangladesh < <http://www.guiafloripa.com.br/energia/energia/eficiencia.php>>.

A maioria dos edifícios construídos no Brasil apresenta problemas de eficiência energética devido, dentre tantos fatores, a:

- 1) Falta de interesse em questões ambientais e eficiência energética;
- 2) Projeto de arquitetura desvinculado do contexto climático;
- 3) Absorção, sem análise crítica, de velhos dogmas e paradigmas da arquitetura norte-americana;
- 4) Falta de conhecimento técnico a arquitetos, engenheiros e outros envolvidos na construção das edificações;
- 5) Especulação imobiliária: a arquitetura como prestadora de serviços para o setor imobiliário;
- 6) Não utilização da inércia térmica como estratégia passiva de climatização (aquelas que não consomem energia para funcionar);
- 7) Características de projeto que agravam os ganhos de calor, por exemplo, a criação de estufas nos espaços entre vigas e panos de vidros, produzindo mais calor para o interior das edificações;
- 8) Pouca ou nenhuma utilização de ventilação e iluminação naturais;
- 9) Inexistência de legislações para otimizar o consumo de energia nas edificações, restabelecer diretrizes para um projeto de edificação eficiente do ponto de vista energético;
- 10) Diversos pontos de vista e interesses: quem constrói (objetiva o menor custo imediato, em geral); quem compra (nem sempre está informado ou se interessa pelo



menor custo de utilização); dentre outros envolvidos e seus interesses (investidor inicial, projetista, usuário final, etc);

11) Não existe uma valorização dos prédios com investimentos em eficiência energética (uma classificação como prédio eficiente, etiquetado pelo Procel ou pelo Inmetro, possibilitaria esta valorização, além de informar ao consumidor o que ele está comprando, vantagens, menor custo de manutenção, etc);

12) As preocupações de custos têm sido direcionadas à fase de construção, desconsiderando os processos de manutenção, destinando pouca ou nenhuma atenção ao desempenho e eficiência das edificações;

13) As empresas que projetam e constroem, raramente, ocupam o prédio posteriormente. Por isso, não há uma preocupação com o custo de operação. É necessário um mecanismo de informação oficial, custo de operação por metro quadrado, por exemplo, de modo a permitir ao comprador ou usuário comparar, instrumentalizando-o para uma compra ou ocupação que resulte em menor custo de operação <<http://www.arcoweb.com.br/debate14d.asp>> (Arq. Louise Land B. Lomardo; <<http://www.arcoweb.com.br/debate14c.asp>> (Arq. Joana Carla Soares Gonçalves).

## **5.4 EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM ILUMINAÇÃO**

A eficiência energética representa a capacidade de transformação da menor quantidade de energia possível para a geração da máxima quantidade de trabalho possível. Nos sistemas de iluminação representa a quantidade de energia utilizada na produção de luz visível e é medida através da relação lúmen/Watt (lm/W) (GHISI, 1997).

O conceito de eficiência energética em iluminação torna-se insignificante se o sistema de iluminação não fornece as condições adequadas para a realização da tarefa visual. A utilização de tecnologias energeticamente eficientes não deve

prejudicar o conforto e a satisfação do usuário bem como o desenvolvimento da tarefa visual (GHISI, 1997).

Em estudos realizados na Holanda, Weersink e Meyer, 1996 (apud Ghisi, 1997), afirmam que a utilização de sistemas de iluminação energeticamente eficientes pode reduzir o consumo de energia do edifício em 20%.

Na elaboração de projetos de iluminação devem ser consideradas a quantidade e a qualidade da iluminação (GHISI, 1997).

Em um edifício, o sistema de iluminação é parte integrante de todo o conjunto que o compõe. Iluminação, ganhos de calor gerados por equipamentos e ocupantes e sistemas de ar condicionado são interdependentes. A iluminação artificial contribui para os ganhos internos de calor de um edifício e deve ser considerada no projeto do sistema de ar condicionado. Segundo CADDET, 1995, (apud Ghisi, 1997), a carga de aquecimento gerada por 2 kW de iluminação de um edifício deve ser compensada por 1 kW extra de energia elétrica para ar condicionado. Isto mostra a necessidade de utilização da iluminação natural nos ambientes internos, pois, segundo EPRI, 1993 (apud Ghisi, 1997), esta é termicamente mais eficiente que a iluminação artificial, ou seja, a carga térmica inserida no ambiente pela iluminação natural é menor do que a criada pela artificial.

## **5.5 ESCOLAS “VERDES”**

Escolas nos Estados Unidos gastam mais de 6 bilhões com energia por ano. A aproximação “edifício inteiro” usa tecnologias avançadas, produtos e materiais energeticamente eficientes, projetos solares passivos para maximizar o desempenho e eficiência de suas edificações. É um sistema integrado usando componentes que são projetados e construídos juntamente para aumentar o conforto e produtividade dos usuários (WERNER, 1999).

Edificações de escolas não necessitam gastar energia, poluir o ambiente e fornecer condições pobres de aprendizagem. Já existem conhecimento e produtos para

tornar as escolas mais sustentáveis e eficientes energeticamente. O ideal é maximizar o uso de iluminação natural, incorporar tecnologias mais eficientes e aumentar a ventilação natural reduzindo a necessidade de ar condicionado. Como resultado estas escolas têm melhorado a qualidade do ar interno, minimizado o desperdício de construção e operação e reduzido os impactos ambientais negativos. Tais “escolas verdes” são bem posicionadas dentro da comunidade. Adicionalmente, tem-se reduzido os custos de energia por cerca de 40%. Embora o custo de construção de “escolas verde” possa ser 15-20% mais altos do que a construção tradicional de escolas, o custo é pago em 2 a 5 anos com a redução de contas de energia (WERNER, 1999).

Estas economias permitem às escolas operar em custos mais baixos e também oportunizam às comunidades reinvestir em propósitos educacionais tais como livros e programas, além de fornecer significativos benefícios ambientais : reduzindo-se o consumo através do aumento da eficiência pode reduzir emissões de  $\text{NO}_x$ ,  $\text{SO}_2$  e  $\text{CO}_2$  por um total de 1 milhão de toneladas por ano. Considerando a vida típica de uma escola isto pode representar uma redução de mais de 60 milhões de toneladas de poluentes, ajudando a proteger nosso ambiente local e global (WERNER, 1999).

Além de todos os ganhos energéticos nas edificações de escolas existe ainda um fator importante que é a importância das escolas no processo de ensinar e aprender a utilizar a energia.

*“Feliz o homem que acha sabedoria, e o homem que adquire conhecimento”;*

*Bíblia Sagrada. A.T. Provérbios. 2. ed. Barueri, SP: Sociedade Bíblica do Brasil, 1993. Cap. 3, vers. 13, p. 440.*

# 6

## ESTUDO DE CASO

Este Capítulo apresenta um Estudo de Caso de Escolas Públicas da cidade de Itabira, estado de Minas Gerais, Brasil.

Este trabalho tem por objetivo estudar alguns dados do setor de escolas públicas tentando caracterizá-lo através de índices de desempenho mais adequados e representativos. Assim, é apresentado um estudo de caso comparativo de escolas públicas municipais e estaduais de Itabira visando definir um perfil mais próximo possível de cada rede, identificar os usos da energia nas edificações analisadas, bem como sugerir formas de melhorar o desempenho energético destas edificações.

Foram feitos levantamentos junto a CEMIG (histórico de contas de energia), Secretaria Municipal de Educação de Itabira (dados da rede municipal), Inspeção Escolar de Itabira (dados da rede estadual). Foram levantados os números de alunos, de salas, de turnos, de turmas e calendários de todas as escolas públicas de Itabira. A partir destes dados foram calculados diversos consumos específicos, conforme apresentado no APÊNDICE 1.

Foi feita uma análise estatística dos dados levantados bem como dos índices de consumo específico, tais como média, mediana, desvio padrão e faixa de variação. Esta análise estatística teve como objetivo caracterizar e modelar matematicamente a rede municipal e estadual do setor de escolas públicas de Itabira. Os dados desta análise estatística são mostrados no APÊNDICE 2.

Para analisar mais detalhadamente o setor, algumas escolas foram visitadas e foram feitos levantamentos minuciosos sobre os equipamentos e suas rotinas de utilização. Foram aplicados questionários aos usuários dessas edificações para uma melhor caracterização quantitativa e qualitativa de cada ambiente (em especial, salas de aula). Nos ambientes analisados foram observados itens como iluminação artificial, iluminação natural, integração luz natural e artificial, conforto visual, conforto térmico, aberturas, ventilação natural, ventilação mecânica, visão para o exterior, entorno, setorização de circuitos, sistemas de controle, dentre outros (APÊNDICE 4).

Estimativas a respeito do consumo em iluminação e equipamentos foram feitas nas edificações escolares analisadas. As planilhas utilizadas são apresentadas no APÊNDICE 4.

A partir das análises obtidas neste trabalho, pretende-se contribuir para um melhor acompanhamento e análise do desempenho energético em escolas públicas, com conseqüente redução da fatura de energia elétrica, além de aquisição de hábitos de uso racional de energia elétrica, adequada integração da luz natural e artificial, conscientização da importância do aproveitamento da luz natural e da ventilação natural para o conforto visual e térmico. Pretende-se ainda, discutir a importância de um projeto arquitetônico adequado para se obter conforto visual, térmico e ambiental; melhorar o humor, a produtividade e o prazer em realizar tarefas (visão para o exterior); integração da luz natural e artificial; além da economia de energia, preservação do meio ambiente, etc.

## **6.1 A CIDADE DE ITABIRA**

Itabira é uma cidade mineradora, e está localizada na região sudeste do Brasil, no estado de Minas Gerais. Itabira possui dois distritos, Nossa Senhora do Carmo e Ipoema, zonas rurais. Itabira possui área de 1.257 km<sup>2</sup> com população estimada em 2004 de 104.846 habitantes (Fonte IBGE – Cidades@).

O clima de Itabira é tropical de altitude. Sua altitude varia de 783m a 1.672m. A latitude é 19°15'18" e sua longitude, 43°47'45". A temperatura média anual é 20,1°C. Possui temperatura média máxima anual de 26,5° C e média mínima anual de 15,9°C.

## **6.2 DADOS DE ENSINO EM ITABIRA**

Foram feitos levantamentos junto à Secretaria Municipal de Educação de Itabira e a Inspeção Escolar. Assim, de acordo com estes levantamentos, existem 31 escolas municipais, 16 estaduais e 10 privadas, desconsiderando escolas privadas de

educação infantil. Neste estudo foram consideradas 15 escolas estaduais, pois não foi levado em consideração o Centro Estadual de Educação Continuada Professora Dorinha Ferreira – CESEC por tratar-se de ensino supletivo, matrícula por disciplina, portanto fora dos padrões das outras escolas da rede estadual. Também foram consideradas 28 escolas municipais para serem analisadas, pois a Escola Municipal Dinorah Alvarenga, Escola Municipal Odília Oliveira Costa e Ipocarmo não foram consideradas. A Escola Municipal Dinorah Alvarenga funciona no prédio da Escola Estadual José Ricardo Martins Fonseca. Assim, os 31 alunos, 1 sala, 2 turnos, 2 turmas foram incluídos na Escola Estadual José Ricardo Martins Fonseca. A Escola Municipal Odília Oliveira Costa funciona no prédio da Escola Estadual Antônio Martins Pereira. Assim, os 15 alunos, 1 sala, 1 turno, 1 turma foram incluídos na Escola Estadual Antônio Martins Pereira. A Escola Ipocarmo é uma escola agropecuária, portanto fora dos padrões das outras escolas da rede municipal. As escolas da rede particular não são objeto deste estudo.

As escolas municipais possuem um calendário letivo único. Porém, as escolas estaduais não possuem um calendário único. Contudo, todas as escolas públicas, tanto municipais quanto estaduais possuem 200 dias letivos anuais. Por esta razão, as análises serão realizadas utilizando o consumo anual e não mensal. Observou-se ainda, que nos históricos mensais de contas de energia elétrica, algumas escolas apresentam consumos zeros e outros meses consumos elevados se comparados à média de consumo. Então, buscou-se resposta a estes questionamentos e a Cemig informou-nos que, em algumas escolas, devido à dificuldade de leitura (escolas da zona rural, principalmente), as leituras são feitas de 3 em 3 meses. Assim, optou-se por considerar o consumo anual e os 200 dias letivos que são padronizados para todas as escolas das duas redes: municipal e estadual.

### **6.3 CARACTERIZAÇÃO DO SETOR**

Considerando que as escolas são predominantemente públicas (82,4%), estas foram eleitas para serem foco desse estudo. A cidade de Itabira apresenta um grupo

bastante diversificado de escolas contemplando desde escolas de pequeno porte (com 3 salas de aula e 44 alunos) a escolas de grande porte (com 26 salas de aula e 2.086 alunos). O consumo energético também varia em função do tamanho da escola e das facilidades disponíveis, tais como: laboratórios, pátios e/ou ginásios esportivos, salas de informática, salas de vídeo, auditórios, etc. O menor consumo energético avaliado no período de janeiro a dezembro de 2004 foi de 1.789 kWh e o maior 76.280 kWh. As escolas funcionam em um, dois ou três turnos.

A TAB. 6.1 mostra a faixa de variação de alunos, salas, turnos, turmas e alunos por turma na rede municipal, estadual e pública (municipal + estadual).

A TAB. 6.1 apresenta alguns dados que caracterizam o porte das escolas analisadas. Observe que a rede de escolas municipais é caracterizada por escolas de pequeno e médio porte, enquanto a rede estadual é composta por escolas de médio e grande porte. Utilizando os dados coletados também foi possível obter o número médio de alunos por turma que é muito inferior nas escolas municipais.

TABELA 6.1  
Faixa de variação dos dados escolares

	Alunos	Salas	Turnos	Turmas	Alunos por turma
Municipais	44 - 662	3 - 15	1 - 3	2 - 36	14 - 28
Estaduais	421 - 2086	8 - 26	2 - 3	16 - 57	26 - 43
Públicas	44 - 2086	3 - 26	1 - 3	2 - 57	14 - 43

#### 6.4 ÍNDICE DE DESEMPENHO ENERGÉTICO

O índice de desempenho energético é muito utilizado para auxiliar na avaliação do consumo de energia em diversos setores. No Brasil, utiliza-se o termo consumo específico (CE) para representar este índice. O CE é um parâmetro importante para se saber se a instalação está operando eficientemente com relação ao uso da energia elétrica, e pode ser calculado pela equação 6.1.



$$CE_i = \frac{CA_i}{QP_i} \quad (\text{equação 6.1})$$

onde:

$CA_i$  – consumo anual de energia no período analisado;

$QP_i$  - quantidade produzida (ou serviço) no período analisado.

A TAB. 6.2 apresenta alguns exemplos clássicos de CE para alguns setores.

TABELA 6.2  
Exemplos de consumo específico de energia (CE)

Atividade	Valor	Unidade
Indústria do cimento	125	(kWh/tonelada)
Indústria cerâmica	0,045	(kWh/telha)
Hotel	28	(kWh/hóspede)
Escritórios institucionais	4	(kWh/m <sup>2</sup> )
Indústria do alumínio	18.500	(kWh/tonelada)

No caso de escolas, pode-se utilizar algumas quantidades como referência para o cálculo do Consumo Específico, a saber: área, dias trabalhados, número de alunos, número de turnos, número de salas e número de turmas. Cada uma dessas variáveis nos fornece uma visão diferenciada do uso da energia. É comum a utilização de mais de um índice de desempenho energético para que essas informações possam ser extraídas.

Para avaliar o perfil de uso de energia nas escolas públicas, foram utilizados quatro tipos de índices de desempenho energético (CE):

- Energia gasta por aluno kWh/aluno -  $CE_{\text{aluno}}$
- Energia gasta por turno kWh/turno -  $CE_{\text{turno}}$
- Energia gasta por sala kWh/sala -  $CE_{\text{sala}}$

- Energia gasta por turma kWh/turma -  $CE_{turma}$

Não se utilizou o consumo médio diário como referência para o cálculo do consumo específico, pois ao longo do ano o número de dias letivos é padronizado em 200 para todas as redes. Caso se dividisse por este número teríamos números muito pequenos para análise que só dificultaria o entendimento e análise. A variável mais significativa para ser utilizada no cálculo do consumo específico para cada tipo de uso final é identificada analisando-se uma maior consistência dos dados e uma maior representatividade. A seguir serão avaliadas as quantidades citadas acima.

## **6.5 CONSUMOS ESPECÍFICOS DAS REDES MUNICIPAL E ESTADUAL**

A partir dos dados levantados, calcularam-se os consumos específicos das escolas públicas de Itabira considerando os quatro apresentados no item 6.4. A TAB. 6.3 apresenta esses consumos específicos.

A TAB. 6.3 apresenta os valores mínimos e máximos dos índices de desempenho energético calculados. Como os calendários das escolas não são idênticos, optou-se por levantar o índice anual levando em consideração que todas as escolas obedecem ao número de dias letivos iguais a 200. Para se fazer uma análise precisa para cada escola, deveria ser verificado o número exato de dias letivos, ou de atividades que a escola teve no período. Devido a grande dificuldade de se obter tais dados optou-se por trabalhar com o número 200 dias letivos para todas as escolas.

TABELA 6.3  
Consumo específico diário das escolas públicas de Itabira

	Municipais	Estaduais	Públicas
CE <sub>dia letivo</sub> (kWh/dia)	8,94 - 156,26	34,39 - 381,40	8,94 - 381,40
CE <sub>aluno</sub> (kWh/(dia*aluno))	0,13 - 1,41	0,07 - 0,18	0,07 - 1,41
CE <sub>sala</sub> (kWh/(dia*sala))	2,97 - 21,21	3,82 - 19,40	2,97 - 21,21
CE <sub>turno</sub> (kWh/(dia*turno))	8,94 - 93,36	17,19 - 127,13	8,94 - 127,13
CE <sub>turma</sub> (kWh/(dia*turma))	2,67 - 21,21	2,15 - 7,28	2,15 - 21,21

O estudo de correlação dos índices de desempenho das escolas indicou que existe uma ligação efetiva entre o consumo médio diário (kWh/dia letivo) e o número de alunos, salas e turmas da escola, TAB. 6.4. As correlações entre as variáveis das escolas estaduais são muito mais elevadas

O coeficiente de correlação de Pearson (  $r$  ), paramétrico, varia de  $-1$  a  $1$ , dado pela equação:

$$r = \frac{\sum (x - \bar{x})(y - \bar{y})}{\sqrt{\sum (x - \bar{x})^2 \sum (y - \bar{y})^2}}$$

TABELA 6.4  
Correlação entre consumo médio diário e demais fatores

	kWh/dia x alunos	kWh/dia x salas	kWh/dia x turmas	kWh/dia x turnos
Municipais	0,70	0,72	0,78	0,69
Estaduais	0,93	0,86	0,93	0,24
Públicas	0,82	0,81	0,83	0,54

\*Todas as correlações apresentaram índice de significância de 100%.

Apesar dos altos valores dos desvios-padrão, alguns indicativos podem ser obtidos destes dados.

TABELA 6.5 – Média de consumo médio diário e consumo específico diário

Média	$CE_{\text{dia letivo}}$ kWh/dia	$CE_{\text{aluno}}$ kWh/(dia*aluno)	$CE_{\text{sala}}$ kWh/(dia*sala)	$CE_{\text{turno}}$ kWh/(dia*turno)	$CE_{\text{turma}}$ kWh/(dia*turma)
Municipais	68,85	0,35	8,89	40,21	6,50
Estaduais	125,83	0,11	9,06	47,21	3,95
Públicas	88,73	0,27	8,95	42,65	5,61

TABELA 6.6

Desvio Padrão de consumo médio diário e consumo específico diário

Desvio	$CE_{\text{dia letivo}}$ kWh/dia	$CE_{\text{aluno}}$ kWh/(dia*aluno)	$CE_{\text{sala}}$ kWh/(dia*sala)	$CE_{\text{turno}}$ kWh/(dia*turno)	$CE_{\text{turma}}$ kWh/(dia*turma)
Municipais	38,43	0,31	4,48	20,66	4,58
Estaduais	93,18	0,03	3,84	31,09	1,44
Públicas	67,81	0,27	4,22	24,66	3,96

A TAB. 6.5 apresenta os valores médios do consumo médio diário corrigido para cada uma das redes. Observa-se que a rede estadual apresenta o maior consumo médio diário. Como esta rede é composta de escolas maiores, esperava-se um índice maior. Porém, quando se observa os consumos específicos para cada uma das redes têm-se alguns indicativos mais expressivos. Observa-se que o  $CE_{\text{aluno}}$  para a rede municipal é mais de dez vezes o da rede estadual. Isto indica que o custo unitário de energia por aluno na rede municipal é muito alto. O  $CE_{\text{sala}}$  por sua vez indica uma grande similaridade, ou seja, as redes gastam quantidades semelhantes de energia por sala de aula. A explicação para esta discrepância é explicado pelo índice  $CE_{\text{turma}}$  que indica um custo maior por turma da rede municipal. Cruzando estes dados com os da TAB. 6.1. o número de alunos por turma na rede municipal é bem menor tornando o custo por aluno e por turma muito mais elevado nesta rede.

A TAB. 6.6 apresenta os desvios padrão dos consumos específicos. Observa-se uma grande variação entre as escolas da mesma rede. A falta de homogeneidade é grande para qualquer uma das redes analisadas.

## 6.6 ANÁLISE DETALHADA DA REDE DE ESCOLAS

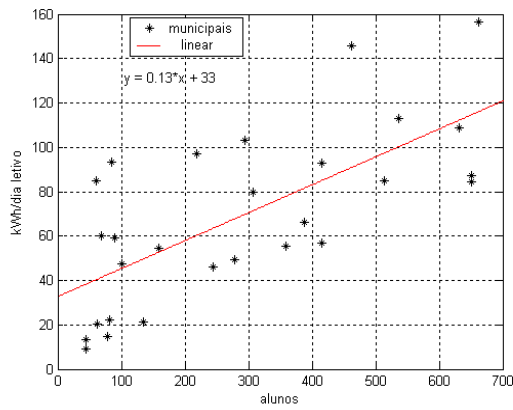
A seguir é analisado em detalhes o uso das variáveis: número de alunos, de salas, de turmas e de turnos como quantidades para cálculo do consumo específico das escolas.

### 6.6.1 Quantidade de referência – número de alunos

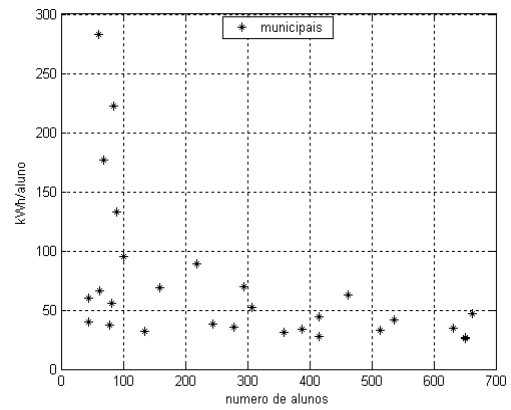
A relação entre o consumo médio diário e o número de alunos na rede municipal é apresentada no GRAF. 6.1(a). Observa-se que algumas escolas pequenas apresentam consumo médio diário similar a escolas maiores. Isto se deve ao fato de que a variável número de alunos somente não é suficiente para explicar o uso de energia nas escolas. A correlação entre consumo de energia médio diário e o número de alunos, na rede municipal, foi de 0,7, com índice de significância de 100%, TAB. 6.4. Como a correlação é alta, esta relação entre as variáveis pode ser representada por um modelo linear, neste caso pela equação da reta indicada no GRAF. 6.1(a). Na rede estadual, esta relação é mostrada no GRAF. 6.1 (c). Observa-se que algumas escolas grandes apresentam consumo médio anual muito elevado. A correlação entre estes dados foi de 0,93 com índice de significância de 100%. O modelo linear representa bem estes dados. Na rede pública (municipal + estadual), a relação kWh/dia letivo x aluno é apresentada no GRAF. 6.1(e). A correlação entre estes dados foi de 0,82 com índice de significância de 100%. A relação entre as variáveis pode ser representada por um modelo linear, neste caso pela equação da reta indicada no GRAF. 6.1(e). O modelo obtido é fortemente influenciado pelas escolas municipais, por estarem em maior número (são 15 escolas estaduais e 28 municipais). Segundo o modelo, para cada novo aluno, 0,12 kWh é acrescido por dia letivo.

O GRAF. 6.1(b) apresenta o consumo específico por aluno  $CE_{\text{aluno}}$  (kWh/aluno – consumo anual dividido pelo número de alunos da escola) e sua relação com o número de alunos na escola na rede municipal. Observa-se uma queda do  $CE_{\text{aluno}}$  quando se aumenta o número de alunos. Esta queda pode ser explicada pelo melhor aproveitamento dos recursos de iluminação, tais como: maior número de alunos por sala, ou seja, aumenta-se a produtividade. Existem escolas municipais pequenas

que apresentaram índices de desempenho energético (consumos específicos) muito elevados. No caso de escolas estaduais, GRAF. 6.1(d), observa-se um acréscimo do  $CE_{aluno}$  quando se aumenta o número de alunos. Este acréscimo causa estranheza, pois era esperado que o melhor aproveitamento dos recursos aumentasse a produtividade. Porém, essa tendência de acréscimo está fortemente influenciada por alguns casos de escolas de grande porte que apresentam um grande consumo. Na rede pública, GRAF. 6.1(f), observa-se valores de  $CE_{aluno}$  muito elevados para pequenas escolas, depois uma concentração de escolas com  $CE_{aluno}$  na faixa de 20 a 75kWh/aluno. Com um número maior de escolas é possível perceber uma tendência de queda acentuada, uma estabilização e novamente uma tendência de crescimento do  $CE_{aluno}$ . Escolas pequenas possuem uma produtividade baixa (poucos alunos por sala), as médias possuem produtividade melhor e as maiores passam a ter recursos melhores, como áudio-visuais, sala de informática para alunos, vídeo-cassete, DVD, retroprojektor, som, que as escolas menores não possuem, demandando assim, maior uso de energia áudio-visuais, etc).

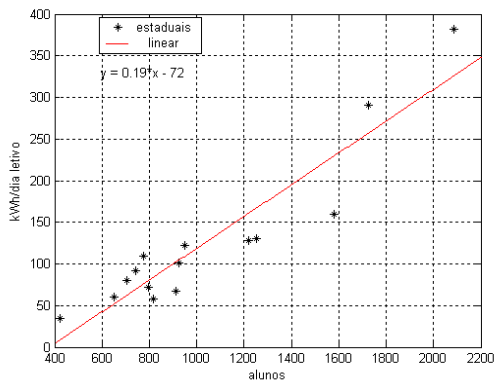


(a) Consumo médio diário x aluno

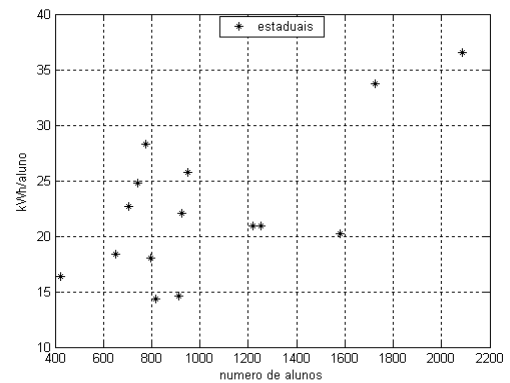


(b)  $CE_{aluno}$  x aluno

Municipal

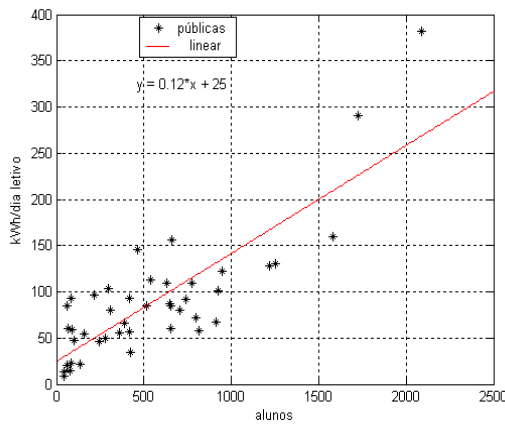


(c) Consumo médio diário x aluno

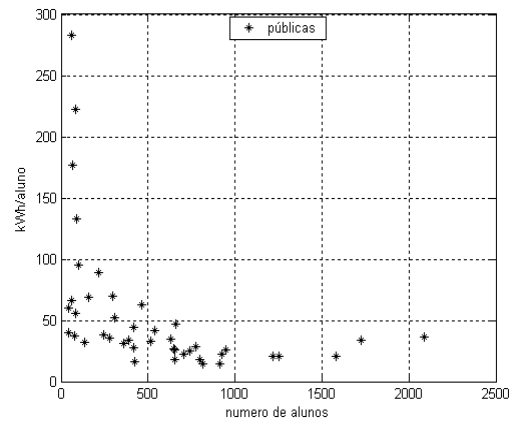


(d)  $CE_{aluno}$  x aluno

Estadual



(e) Consumo médio diário x aluno



(f)  $CE_{aluno}$  x aluno

Pública

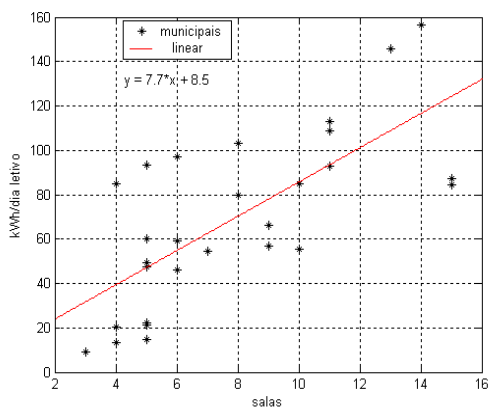
GRÁFICO 6.1 – Análise de consumo diário e específico por aluno

### 6.6.2 Quantidade de referência – número de salas

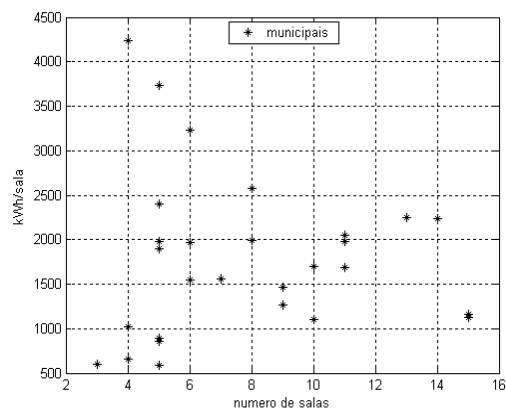
A relação entre o consumo médio diário e o número de salas na rede municipal é apresentada no GRAF. 6.2(a). Verifica-se a tendência do acréscimo do consumo médio diário com o aumento no número de salas. Porém, verifica-se uma grande dispersão para o mesmo número de salas. A correlação entre estes dados foi de 0,72, com índice de significância de 100%, TAB. 6.4. No GRAF. 6.2 (c) - rede estadual, verifica-se uma taxa maior de acréscimo do consumo médio diário com o aumento no número de salas. A correlação entre estes dados é superior a da municipal, 0,86 com índice de significância de 100%, TAB. 6.4. A relação kWh/dia letivo x sala, na rede pública, é apresentada no GRAF. 6.2(e). A correlação entre estes dados foi de 0,81 com índice de significância de 100%, TAB. 6.4. Isto indica que a relação entre as variáveis pode ser representada por um modelo linear, neste caso pela equação da reta indicada no GRAF. 6.2(e). O modelo obtido é fortemente influenciado pelas escolas municipais, por estarem em maior número (são 15 escolas estaduais e 28 municipais). Para cada nova sala, 12 kWh é acrescido por dia letivo.

O GRAF. 6.2(b) apresenta o consumo específico por sala  $CE_{sala}$  (kWh/sala – consumo anual dividido pelo número de salas da escola) e sua relação com o número de salas, na rede municipal. Nota-se uma queda do  $CE_{sala}$  quando se aumenta o número de salas. Este resultado causa estranheza, pois era esperado um acréscimo do CE (kWh/sala) com o aumento no número de salas, pois um maior número de salas implica em escolas de grande porte com um maior número de facilidades. Na rede estadual, GRAF. 6.2(d), há uma grande concentração dos dados em torno do valor médio 1.812,2 kWh/sala. Percebe-se uma forte influência de duas escolas com  $CE_{sala}$  muito altos. Já na rede pública, GRAF. 6.2(f) existe uma grande concentração de dados próximos ao valor médio 1.789,8 kWh/sala. Este índice apresenta resultados mais confusos, de difícil análise.



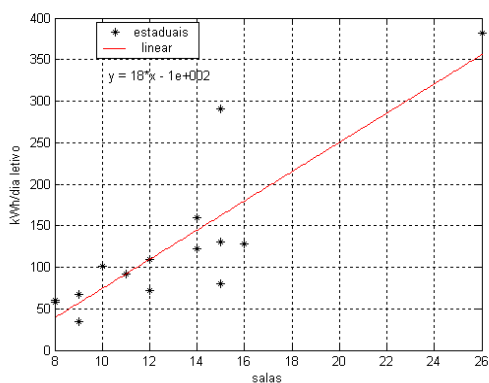


(a) Consumo médio diário x sala

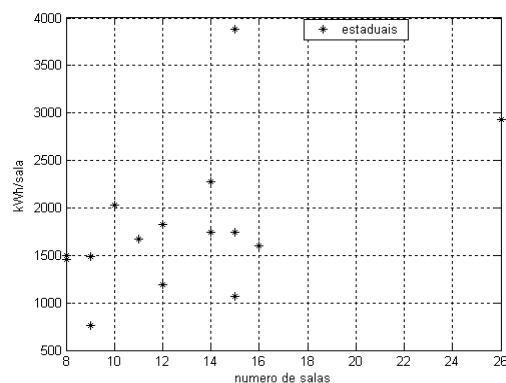


(b)  $CE_{sala} \times sala$

Municipal

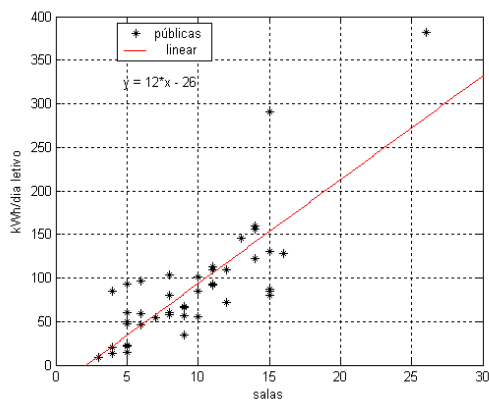


(c) Consumo médio diário x sala

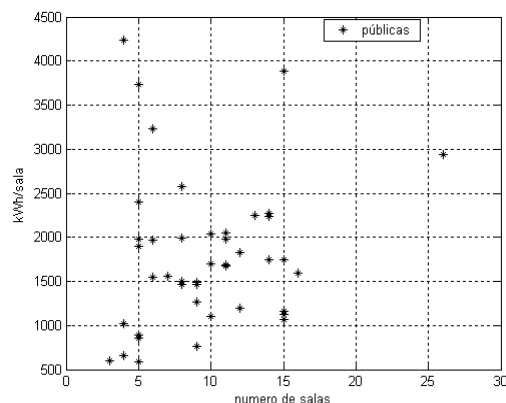


(d)  $CE_{sala} \times sala$

Estadual



(e) Consumo médio diário x sala



(f)  $CE_{sala} \times sala$

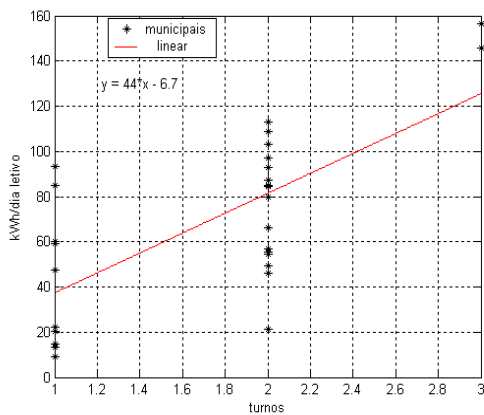
Pública

GRÁFICO 6.2 – Análise de consumo diário e específico por sala

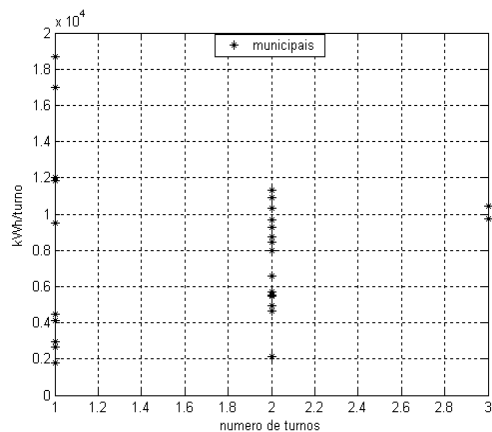
### 6.6.3 Quantidade de referência – número de turnos

Na rede municipal, a relação entre o consumo médio diário e o número de turnos é apresentada no GRAF. 6.3(a). Verifica-se a tendência do acréscimo do consumo médio diário com o aumento no número de turnos. Esse resultado era esperado, pois o funcionamento de escolas em mais um turno aumenta consumo. Há uma grande dispersão entre os dados para o mesmo número de turnos. A correlação entre estes dados foi de 0,69 com índice de significância de 100%, TAB. 6.4. O GRAF. 6.3 (c) mostra a relação kWh/dia letivo x turno, na rede estadual. A correlação entre estes dados foi muito baixa, 0,24 com índice de significância de 100%, TAB. 6.4. O modelo linear, neste caso não representa de forma adequada este conjunto de escolas. Na rede pública, a relação kWh/dia letivo x turno é mostrada no GRAF. 6.3(e). Verifica-se a tendência do acréscimo do consumo médio diário com o aumento no número de turnos, ou seja, com o acréscimo do 3º turno há um aumento no consumo diário, como esperado. A correlação entre estes dados foi de 0,54 com índice de significância de 100%, TAB. 6.4. Isto indica que a relação entre as variáveis pode ser representada por um modelo linear, neste caso pela equação da reta indicada no GRAF. 6.3(e).

O GRAF. 6.3(b) apresenta o consumo específico por aluno  $CE_{\text{turno}}$  (kWh/turno – consumo anual dividido pelo número de turnos da escola) e sua relação com o número de turnos para escolas da rede municipal. O modelo linear ajustado indica uma inclinação desprezível. Percebe-se, porém que o modelo linear não é adequado para representar este conjunto de dados, uma vez que existem apenas duas escolas na condição de três turnos e a dispersão entre os dados é muito grande. A relação kWh/turno x turno, na rede estadual, é retratada no GRAF. 6.3(d). Para este caso, a média é o melhor modelo para este conjunto de dados. Percebe-se que mesmo para escolas com o mesmo número de turnos, há uma grande dispersão no consumo específico por turno. Esta dispersão era esperada já que existem escolas de diversos portes e, portanto o número de turnos por si só não é suficiente para caracterizar o uso da energia. Na rede pública, a relação é mostrada no GRAF. 6.3(f). Conclui-se que trata-se de um índice pobre, porém indispensável para auxiliar nas análises.

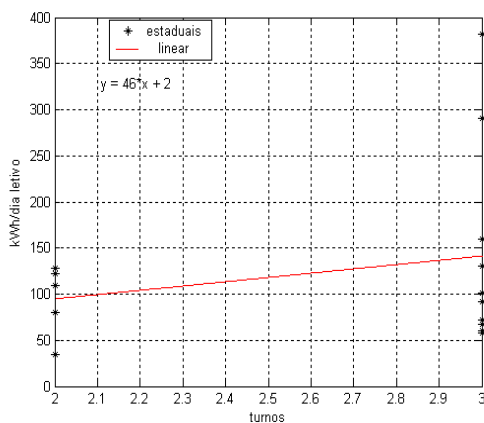


(a) Consumo médio diário x turno

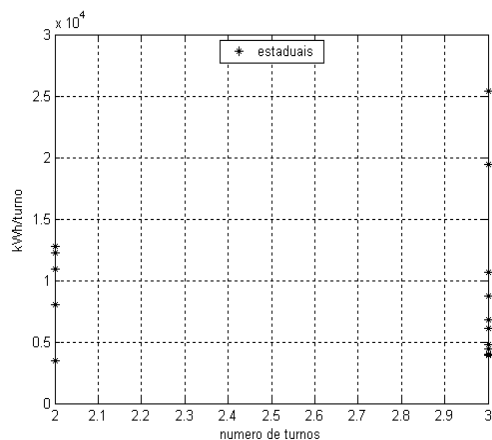


(b) CE<sub>turno</sub>x turno

Municipal

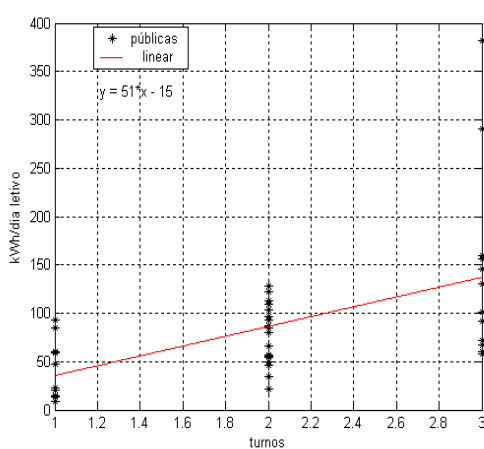


(c) Consumo médio diário x turno

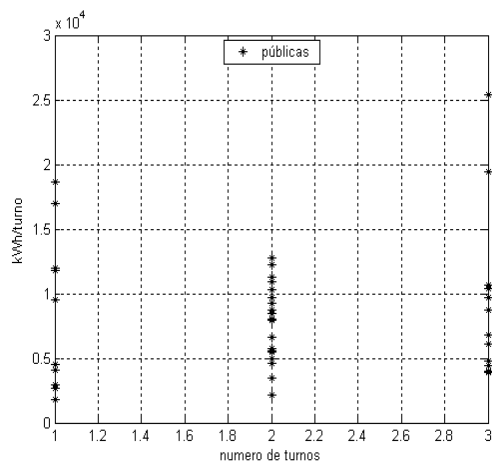


(d) CE<sub>turno</sub>x turno

Estadual



(e) Consumo médio diário x turno



(f) CE<sub>turno</sub>x turno

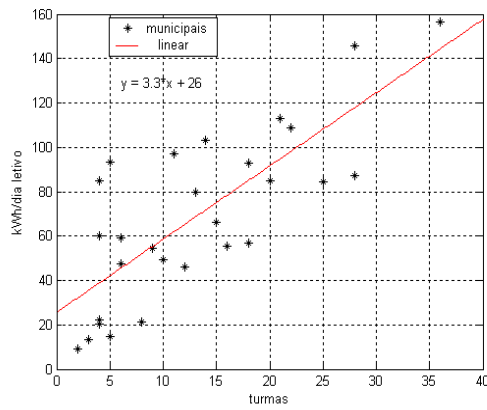
Pública

GRÁFICO 6.3 – Análise de consumo diário e específico por turno

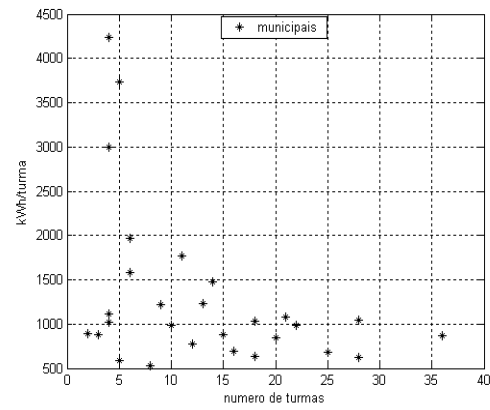
#### 6.6.4 Quantidade de referência – número de turmas

O GRAF. 6.4(a) retrata a relação entre o consumo médio diário e o número de turmas nas escolas municipais. Nota-se que algumas escolas pequenas apresentam consumo médio similar a escolas de médio porte. Observa-se, porém, que a correlação entre estes dados é alta, 0,78 com índice de significância de 100%, TAB. 6.4. Para escolas estaduais, a relação kWh/dia letivo x turma, é retratada no GRAF. 6.4(c). Observa-se que algumas escolas grandes apresentam consumo médio elevado. A correlação entre estes dados foi de 0,93 com índice de significância de 100%, TAB. 6.4. Isto indica que a relação entre as variáveis pode ser representada por um modelo linear, neste caso pela equação da reta indicada no GRAF. 6.4(c). Já na rede pública, a relação é apresentada no GRAF. 6.4(e). Nota-se que algumas escolas pequenas apresentam consumo médio similar a escolas de médio porte. Isto se deve ao fato de que a variável número de turmas não é suficiente para explicar o uso de energia nas escolas. A correlação entre estes dados foi de 0,83 com índice de significância de 100%, TAB. 6.4. Isto indica que a relação entre as variáveis pode ser representada por um modelo linear, neste caso pela equação da reta indicada no GRAF. 6.4(e).

O GRAF. 6.4(b) mostra o consumo específico por turma – corrigido -  $CE_{turma}$  (kWh/turma – consumo anual dividido pelo número de turmas da escola) e sua relação com o número de turmas na escola, na rede municipal. O seu comportamento de queda com o aumento do número de turmas era esperado, pois um número maior de turmas dilui o consumo referente às cargas fixas dentro de uma escola. Na rede estadual, a relação  $CE_{turma}$  x turma, é mostrada no GRAF. 6.4(d). Observa-se uma variação muito grande do consumo específico para escolas com o mesmo número de turmas. Este índice tem um comportamento muito indefinido para esta rede. Duas destas escolas apresentam um consumo específico muito superior. O GRAF. 6.4(f) retrata a relação na rede pública. A rede municipal predomina sobre a estadual devido ao maior número de alunos.

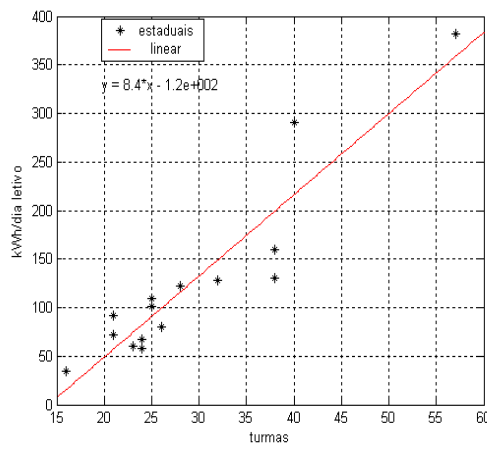


(a) Consumo médio diário x turma

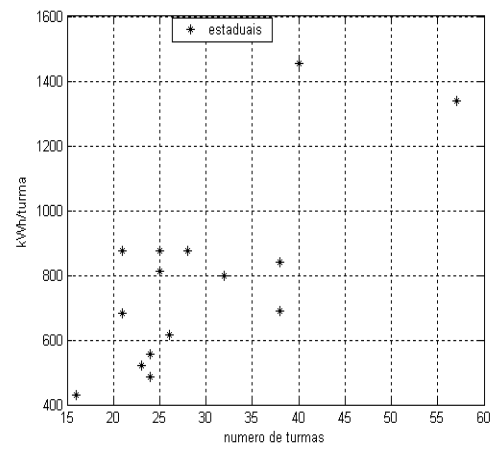


(b)  $CE_{turma} \times turma$

Municipal

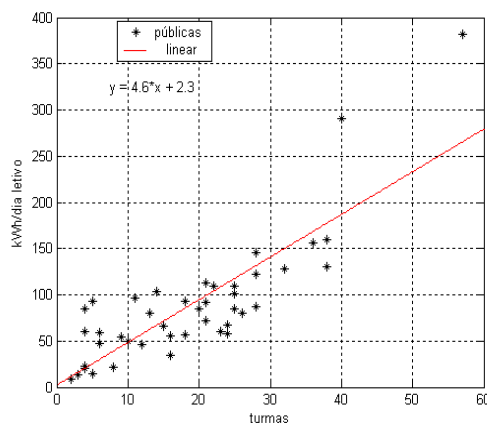


(c) Consumo médio diário x turma

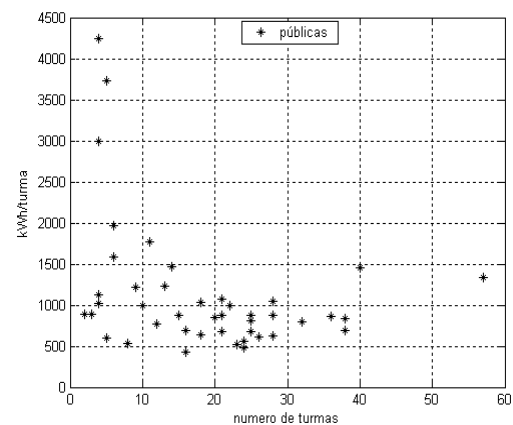


(d)  $CE_{turma} \times turma$

Estadual



(e) Consumo médio diário x turma



(f)  $CE_{turma} \times turma$

Pública

GRÁFICO 6.4 – Análise de consumo diário e específico por turma

## 6.7 CONSIDERAÇÕES SOBRE A REDE

A princípio, pensou-se em analisar escolas municipais de pequeno porte com grande consumo de energia como Coronel João Lage (Machado), Dona Maria Elias (Macuco), Manoel Tomás P. F. Neves (Duas Pontes) e Professor Alfredo Sampaio (Campo de Gordura). Ainda, observou-se que a rede municipal contemplava escolas de pequeno a médio porte e a rede estadual de médio a grande porte.

Porém, as referidas escolas municipais, de pequeno porte e grande consumo energético, são escolas localizadas na zona rural, de difícil acesso por estrada de terra e distantes. Ainda, essas escolas são atípicas, não correspondendo à realidade da maioria das escolas que são de médio porte. Além disso, adotando um critério de escolha de um subconjunto de escolas municipais, não seria possível incluir as escolas estaduais, impossibilitando comparar um subconjunto representativo de escolas municipais e estaduais. Assim, decidiu-se buscar outro critério para escolha das escolas a serem visitadas, que incluísse um subconjunto representativo de escolas municipais e estaduais.

Após comparar as duas redes (municipal e estadual) foi possível escolher outro critério de escolha apresentado a seguir.

As escolas da rede municipal apresentam uma maior dispersão dos dados. As escolas estaduais têm de 421 a 2086 alunos. Já as municipais possuem de 44 a 662 alunos.

A rede estadual é uma rede que possui escolas de maior porte, possuindo de 8 a 26 salas. A municipal, entretanto é uma rede menor e possui de 3 a 15 salas. A rede estadual apresenta uma faixa de 16 a 57 turmas. A municipal, de 2 a 36 turmas.

Na região de interseção entre estes conjuntos têm-se escolas com número de alunos próximos e consumos de energia bastante discrepantes. Como as redes são distintas, optou-se por uma análise mais minuciosa para cada uma delas separadamente. Seis escolas foram selecionadas para esta análise, três para cada rede. Buscaram-se identificar as diferenças e similaridades entre elas com o objetivo

de entender melhor as diferenças nos usos energéticos. Foram escolhidas escolas com características semelhantes quanto ao número de alunos. Estas 6 escolas serão analisadas mais detalhadamente no Capítulo 7 – Estudo de caso detalhado.

Portanto, o critério adotado para análise detalhada foi escolas com número de alunos próximos, porém com consumos energético discrepantes, por representarem um subconjunto representativo tanto de escolas municipais quanto de estaduais, facilitando comparações entre as duas redes.

*“Feliz o homem que acha sabedoria, e o homem que adquire conhecimento”;*

*Bíblia Sagrada. A.T. Provérbios. 2. ed. Barueri, SP: Sociedade Bíblica do Brasil, 1993. Cap. 3, vers. 13, p. 440.*

# 7

## ESTUDO DE CASO DETALHADO



Este Capítulo apresenta os dados obtidos no Estudo de Caso detalhado de 6 Escolas Públicas de Itabira e analisa os resultados.

Na região de interseção entre o conjunto de escolas da rede municipal e o conjunto de escolas da rede estadual têm-se escolas com número de alunos próximos e consumos de energia bastante discrepantes. Como as redes são distintas, optou-se por uma análise mais minuciosa para cada uma delas separadamente. Seis escolas foram selecionadas para esta análise, três para cada rede. Buscaram-se identificar as diferenças e similaridades entre elas com o objetivo de entender melhor as diferenças nos usos energéticos. Foram escolhidas escolas com características semelhantes quanto ao número de alunos. Estas 6 escolas serão analisadas mais detalhadamente no Capítulo 7 – Estudo de caso detalhado.

### **7.1 ESCOLHA DAS ESCOLAS A SEREM ESTUDADAS**

Como visto anteriormente, há uma grande discrepância entre os dados das duas redes de escolas. Ainda, algumas escolas, tanto da rede estadual como da municipal, apesar de possuírem número de alunos parecidos apresentam consumos muito discrepantes. Assim, decidiu-se investigar mais detalhadamente algumas escolas para verificar as possíveis causas destas discrepâncias. As TAB. 7.1 e 7.2 apresentam dados de escolas da rede estadual e municipal, respectivamente, que serão avaliadas em detalhes.

A área considerada nas TAB. 7.1 e TAB. 7.2 foi a área útil, construída e iluminada em m<sup>2</sup>.

TABELA 7.1  
Dados de escolas da rede estadual

Escola Estadual	Total consumo anual (kWh)	Total dias letivos anual	Nº de alunos	Nº de salas	Nº de turnos	Nº de turmas	kWh/dia letivo	Área construída iluminada (m <sup>2</sup> )	Consumo médio mensal estimado (kWh/mês)
E1 Dona Eleonora Nunes Pereira	24.470	200	950	14	2	28	122,35	1.577,95	2.380,35
E2 Professor Emílio Pereira Magalhães	20.338	200	923	10	3	25	101,69	2.038,69	1.951,82
E3 Fazenda da Betânia	13.359	200	914	9	3	24	66,795	933,11	1.291,97

TABELA 7.2  
Dados de escolas da rede municipal

Escola Municipal	Total consumo anual (kWh)	Total dias letivos anual	Nº de alunos	Nº de salas	Nº de turnos	Nº de turmas	kWh/dia letivo	Área construída iluminada (m <sup>2</sup> )	Consumo médio mensal estimado (kWh/mês)
M1 Dona Inês Torres	20.624	200	295	8	2	14	103,12	745,94	1.975,48
M2 Água Fresca	9.878	200	279	5	2	10	49,39	550,30	963,71
M3 Filomena Jardim	15.930	200	307	8	2	13	79,65	672,10	1.527,33

Para analisar melhor os pontos discrepantes entre as escolas, serão utilizados alguns índices de desempenho energético como apresentado no capítulo anterior. Nas TAB. 7.3 e 7.4, são apresentados alguns consumos específicos das escolas analisadas mais detalhadamente.

TABELA 7.3  
Consumos específicos diários da rede estadual

Escola Estadual	Total consumo anual (kWh)	Área (m <sup>2</sup> )	Energia média diária	CE <sub>aluno</sub>	CE <sub>sala</sub>	CE <sub>turno</sub>	CE <sub>turma</sub>	CE <sub>área</sub>
			(kWh/dia letivo)	kWh/(dia*aluno)	kWh/(dia*sala)	kWh/(dia*turno)	kWh/(dia*turma)	(kWh/dia*m <sup>2</sup> )
E1 Dona Eleonora Nunes Pereira	24.470	1.577,95	122,35	0,13	8,74	61,18	4,37	0,08
E2 Professor Emílio Pereira Magalhães	20.338	2.038,69	101,69	0,11	10,17	33,90	4,07	0,05
E3 Fazenda da Betânia	13.359	933,11	66,80	0,07	7,42	22,27	2,78	0,07

E1 – corredores fechados, cores escuras nos barrados (marrom escuro), E2 - várias salas ociosas, E3 – alguns corredores abertos. O CE área é útil também.

No capítulo 6 não foi analisado o consumo específico por área, CE<sub>área</sub>, pois não foi possível visitar e medir todas as dimensões internas dos ambientes (altura, largura, área, pé-direito) de todas as 28 escolas municipais e 15 escolas estaduais analisadas no capítulo 6. Seria impossível, pois demandaria um enorme tempo, o que não é possível em uma Dissertação de Mestrado. Assim, no capítulo 7, definido o critério de escolha, escolas com números parecidos de alunos e consumos discrepantes, foi possível limitar uma amostra contendo 6 escolas – 3 da rede municipal e 3 da rede estadual. As 6 escolas foram visitadas, foram realizadas medições internas (comprimento, largura, área, pé-direito) de todos ambientes, como salas de aula, sala de professores, sala de pedagogo, biblioteca, secretaria, diretoria, enfim, todos ambientes construídos e iluminados da escola, foram aplicados questionários aos professores de todas as salas de aula, em todas as fachadas da escola, norte, sul, leste, oeste. Ainda, foram calculados consumos específicos por dia letivo, por aluno, por sala, por turno, por turma, e por área. A área considerada foi a área interna medida (comprimento x largura) utilizando trena, desde que iluminada. Não foram medidas áreas não construídas e nem não-iluminadas.

TABELA 7.4  
Consumos específicos diários da rede municipal

Escola Municipal	Total consumo anual (kWh)	Área (m <sup>2</sup> )	Energia média diária	CE <sub>aluno</sub>	CE <sub>sala</sub>	CE <sub>turno</sub>	CE <sub>turma</sub>	CE <sub>área</sub>
			(kWh/dia letivo)	kWh/(dia*aluno)	kWh/(dia*sala)	kWh(dia*/turno)	kWh/(dia*turma)	kWh(dia*/m <sup>2</sup> )
M1 Dona Inês Torres	20.624	745,94	103,12	0,35	12,89	51,56	7,37	0,14
M2 Água Fresca	9.878	550,30	49,39	0,18	9,88	24,70	4,94	0,09
M3 Filomena Jardim	15.930	672,10	79,65	0,26	9,96	39,83	6,13	0,12

Obs:

1) Nas TAB. 7.3 e TAB. 7.4, no cálculo da Energia média diária (kWh/dia letivo) e demais consumos específicos foram utilizado o consumo anual de janeiro a dezembro de 2004 (Total consumo anual (kWh)), dividido por 200 dias letivos.

As escolas selecionadas para serem estudadas apresentam número de alunos e tamanho de turmas semelhantes para cada rede. Porém, ao se analisar outros dados destas escolas, alguns indicativos, sobre as possíveis causas das diferenças no uso energético, são evidenciados. Um destes indicativos é a área da escola. No caso das escolas estaduais, existe uma grande diferença nos tamanhos (variação em 118%). Para as municipais, esta variação é menor (35%). Inicialmente, poderia se pensar que a área da escola é decisiva para justificar a diferença no uso energético indicando o uso de normalização do consumo pela área. Entretanto, ao se normalizar, observa-se que a maior escola estadual não é a que gasta mais energia por área. A escola E1 gasta 57% a mais de energia por área do que E2 (maior em área), e E3 gasta 44% a mais que E2, veja CE<sub>área</sub> na TAB. 7.3. Ao se analisar o CE<sub>área</sub>, que é um índice que normaliza o consumo por metro quadrado, as escolas deveriam ter um gasto energético semelhante. Como existe esta discrepância, devem ser investigadas outras causas. As escolas municipais apresentam valores de CE<sub>área</sub> bem superiores aos das estaduais. Os outros índices também apresentam grandes discrepâncias entre si. Na busca das causas destas discrepâncias, um maior detalhamento do uso energético destas escolas foi feito.

Para tanto, as escolas foram visitadas e um diagnóstico energético foi realizado. Foram levantados potência dos equipamentos, quantidade dos mesmos, uso (h/mês) e consumo (kWh/mês) de:

- Lâmpadas incandescentes, fluorescentes e outras de todos os ambientes das escolas foram analisadas utilizando como instrumento a Planilha de Iluminação (APÊNDICE 5.1).
- Equipamentos existentes nas escolas como xerox, fax, micro, tv, vídeo, dvd, som, retroprojetor, ventilador, chuveiro, liquidificador, forno elétrico, freezer, geladeira, batedeira, bebedouro foram levantados pela Planilha de Equipamentos (APÊNDICE 5.2).

A carga de iluminação foi classificada em “salas de aula” e “outros” uma vez que se desejou determinar o peso da iluminação das salas no uso energético da edificação. Os equipamentos foram classificados em “equipamentos” e “cantina” (APÊNDICES 6.2 a 6.4).

Após o levantamento dos dados, foram calculados os rateios das densidades de potência (APÊNDICE 6.5) sendo calculados os seguintes índices:

- *Potência de iluminação outros (PL outros)*
- *Potência de iluminação salas (PL salas)*
- *Potência de iluminação total (PL total)*
- *Potência de iluminação da sala por aluno (PL sala/aluno)*
- *Potência de iluminação total por aluno (PL total/aluno)*
- *Potência instalada total por aluno (P total/aluno)*
- *Potência instalada total por sala (P total/sala)*
- *Potência instalada total por área iluminada (P total/m<sup>2</sup>)*

No APÊNDICE 6.6 são representados a potência instalada (kW), o consumo estimado (kWh/mês), o consumo real (kWh/mês) e o fator de rateio de consumo. A partir destes dados, calculou-se o consumo energético corrigido de cada equipamento e em seguida fez-se o rateio da carga em função das medições reais. Não foram realizadas medições. O consumo em kWh foi apurado somando o

histórico de contas de fevereiro de 2004 a janeiro de 2005, referente ao consumo de janeiro a dezembro de 2004.

Foram realizadas entrevistas com os professores das 6 escolas visitadas com aplicação do Questionário de Pesquisa (APÊNDICE 4) para levantamento de características quantitativas e qualitativas das salas de aula visando melhor definir o perfil de cada ambiente. O questionário não teve como objetivo avaliar a APO – Avaliação Pós-Ocupação das edificações escolares visitadas. O objetivo do questionário foi simplesmente levantar algumas características das salas de aula e fazer uma avaliação qualitativa da percepção dos usuários sem fazer avaliação APO. Foram aplicados questionários aos professores que estavam nas salas de aula em cada fachada (leste, oeste, norte ou sul), em cada turno (manhã e tarde ou manhã, tarde e noite). Este levantamento possibilitou verificar itens como iluminação artificial, iluminação natural, integração da luz natural e artificial, conforto visual, conforto térmico, aberturas (janelas e portas), ventilação natural, ventilação mecânica, visão para o exterior, entorno, setorização, sistema de controle. As informações obtidas nas entrevistas são apresentadas a seguir.

Foram analisadas em detalhes apenas as salas de aula. Foram entrevistados os professores de cada sala de aula, nos períodos da manhã, da tarde e da noite, em todas as fachadas (norte, sul, leste, oeste). A seguir é apresentada uma síntese destes questionários.

## **7.2 AVALIAÇÃO DOS QUESTIONÁRIOS**

O objetivo da elaboração e aplicação dos questionários foi simplesmente obter algumas informações de características de salas sob o ponto de vista do professor, um dos usuários da sala de aula. Optou-se pelo professor, pois se fossem aplicados questionários aos alunos, deveria ser uma quantidade bem maior de questionários. Além disso, alguns alunos são muito jovens, outros são imaturos não demonstrando seriedade nas respostas.

Foram aplicados questionários a todos os professores que estavam nas salas de aula das 6 escolas analisadas em detalhes, 3 da rede municipal e 3 da rede estadual, em todos os turnos existentes (escolas de 2 turnos – manhã e tarde, escolas de 3 turnos – manhã, tarde e noite). A aplicação destes questionários não teve como objetivo avaliar a APO – Avaliação Pós-Ocupação. Simplesmente, pretendeu-se ouvir dos professores, usuários das edificações analisadas em detalhes, como eles percebiam o ambiente de trabalho quanto à iluminação, conforto visual, conforto térmico, ventilação, visão para o exterior, entorno e localização de interruptores.

Foram aplicados questionários aos professores das 6 escolas visitadas para levantar algumas características das salas de aula sem a pretensão de avaliar a APO – Avaliação Pós-Ocupação. Foram entrevistados os professores que estavam dentro de sala de aula no momento da entrevista, seja na fachada leste, norte, sul ou oeste, em dois turnos (manhã e tarde) ou três turnos (manhã, tarde e noite).

### **1) Iluminação Artificial (lâmpadas)**

#### 1.1) Número de lâmpadas no ambiente:

A maior parte das salas de aula apresentam ou 12 ou 16 lâmpadas, 34% e 35%, respectivamente.

#### 1.2) Tipo de lâmpada:

Todas as salas de aula de todas as 6 escolas analisadas apresentam lâmpadas fluorescentes de 40W.

#### 1.3) A iluminação artificial é:

A maioria dos entrevistados considera a iluminação artificial adequada, 59%. Somente 30% consideram-na regular, e 11%, insatisfatória. Comparando com o item 1.1. Algumas salas, com 12 lâmpadas possuem área próxima de 50m<sup>2</sup> e estão com até 9 lâmpadas queimadas.

#### 1.4) A localização de lâmpadas é:

De um modo geral, a localização das luminárias é considerada adequada (87%), pois são uniformemente distribuídas.

## **2) Iluminação Natural**

2.1) O ambiente, com as lâmpadas apagadas, permite atividades de leitura na região próxima à janela?

Nota-se que 62,5% dos entrevistados consideram que é possível a leitura próxima à janela, somente com iluminação natural. Porém, apenas 24% dos entrevistados declaram que desligam as lâmpadas quando a luz natural supre as necessidades visuais, o que pode ser verificado no Item 3.1. (comparando itens 2.1 e 3.1).

No item 3.4 foi feita a pergunta: As janelas possuem que orientação geográfica?

Nota-se que apenas 23% das salas possuem suas janelas voltadas para o Sul geográfico, posição mais adequada. Na orientação oeste 32%, leste 31% e norte 14%.

2.2) A iluminação natural produz ofuscamento (raios solares atingem o ambiente interno refletindo nos olhos dos alunos)?

Um percentual de 63% dos entrevistados verificam ofuscamento na sala. Comparando os itens 2.2 e 3.4 observa-se que apenas 23% das salas de aula possuem suas janelas voltadas para o Sul geográfico.

Em caso afirmativo, o ofuscamento ocorre:

44% dos entrevistados afirmam que há ofuscamento na parte da manhã, 6% de manhã e à tarde, e 50% à tarde. Comparando com as orientações geográficas da fachada contendo as janelas, observa-se: 31% leste - sol de manhã, 14% norte – sol de manhã e à tarde, 32% oeste – sol à tarde.

## **3) Integração luz natural e artificial**

3.1) Quando a luz natural supre as necessidades visuais, as lâmpadas são desligadas?

Nota-se que as pessoas não possuem o hábito de desligar as lâmpadas, mesmo quando a iluminação natural supre as necessidades visuais, apenas 24% dos entrevistados afirmam desligar as lâmpadas. Em algumas salas, seria possível desligar as lâmpadas próximas às janelas, permanecendo acesas somente as que estão mais afastadas da janela. Apesar de existirem interruptores em cada sala,



próximos à porta, a setorização não é adequada, pois os interruptores ligam-desligam as lâmpadas na direção contrária à integração da iluminação natural com a artificial. Acendimento paralelo à janela.

Existem interruptores em cada sala, próximo à porta, o que facilita apagar-desligar lâmpadas ao entrar e sair da sala. Porém, os interruptores existentes ligam-desligam as lâmpadas na direção contrária à integração da luz natural com a artificial. Além disso, em algumas salas, existe um único interruptor que liga-desliga todas as lâmpadas da sala.

### 3.2) As janelas possuem tamanho adequado à área da sala?

A resposta positiva foi obtida em 64% das entrevistas. De modo geral, as janelas são amplas. Apenas em algumas escolas, como por exemplo, na E.M. Água Fresca, as janelas são todas do tipo basculante horizontal, com pequena abertura, e conseqüentemente, proporcionando pouco aproveitamento da ventilação natural.

### 3.3) O ambiente possui cortinas?

De modo geral, as escolas não possuem cortinas. Na E.E. Dona Eleonora Nunes Pereira, existem cortinas em algumas salas, representando 11%.

### 3.4) As janelas possuem que orientação geográfica?

Nota-se que apenas 23% das salas possuem suas janelas voltadas para o Sul geográfico, posição mais adequada. Na orientação oeste 32%, leste 31% e norte 14%.

## 4) Conforto visual

### 4.1) A visibilidade para a execução de tarefas é:

Nesta pergunta, 63% dos entrevistados acham adequada a iluminação, 33% regular e 4% baixa. Confrontando com as respostas do item 1.3, onde 59% dos entrevistados consideram a iluminação artificial adequada, e também, com o item 2.1, 62,5% consideram uma boa iluminação natural na região próxima à janela, pode-se perceber que a visibilidade de um modo geral é razoável, com exceção nas salas com pouca quantidade de lâmpadas instaladas e/ ou grande quantidade de lâmpadas queimadas (falta de manutenção).

#### 4.2) O quadro-de-giz está posicionado perpendicular à janela?

Em todas as salas visitadas, o quadro-de-giz está posicionado corretamente, perpendicular à janela, diminuindo assim, a reflexão e o ofuscamento pelas janelas nos quadros.

#### 4.3) O plano de trabalho (carteiras, mesas e computadores) está posicionado perpendicular às janelas?

Em todas as salas visitadas, as carteiras dos alunos estão posicionadas corretamente, perpendiculares à janela, diminuindo assim, a reflexão e o ofuscamento pelas janelas nas carteiras. Porém, em outros ambientes, alguns computadores e mesas estão paralelos às janelas.

#### 4.4) A cor das paredes e teto é:

Observa-se que 53,5% das paredes são claras ou brancas, 25% são médias, e 21,5% são escuras. Como exemplo de parede classificada como de cor média, encontra-se parede bege com barrado bege médio (E.E. Fazenda da Betânia, salas dos prédios antigos). A parede bege com barrado cinza médio da E.E. Prof. Emílio Pereira de Magalhães também foi classificada como cor média. As salas dos prédios mais novos, tanto da E.E. Emílio Pereira de Magalhães como da E.E. Fazenda da Betânia são pintadas na cor branco gelo. Já a parede classificada como de cor escura, tem-se a parede bege com barrado marrom escuro (E.E. Dona Eleonora Nunes Pereira). Todas as escolas municipais estão padronizadas com a cor de parede rosa claro, classificada como de cor clara.

Nota-se uma predominância de cor de teto branco, 83%. O teto classificada como cor clara é o teto de forro de madeira, pintado de cor cinza claro, encontrado nas salas dos prédios antigos da E.E. Fazenda da Betânia. O teto das salas do prédio novo da E. E. Fazenda da Betânia é branco. Já o teto classificada como cor escura é o teto de forro de madeira envernizado, marrom, encontrado na E.M. Água Fresca (prédios antigos). O prédio novo, inaugurado em 01 de maio de 2005, da E.M. Água Fresca é de alvenaria e está pintado na cor branca.

#### 4.5) A cor do piso é:

Observa-se uma predominância da cor escura nos pisos das escolas analisadas. Foram classificadas como piso escuro: o piso de taco de madeira marrom escuro (E.

E. Fazenda da Betânia, salas do prédio mais antigo), o piso de ardósia verde escuro (E. E. Dona Eleonora Nunes Pereira e E.E. Prof. Emílio Pereira de Magalhães, salas dos prédios antigos), e o piso de cerâmica marrom (E.E. Prof. Emílio Pereira de Magalhães, salas do prédio novo, e E. M. Dona Inês Torres). Foram classificados como piso de cor média: o piso natado bege médio (E.E. Fazenda da Betânia, prédio antigo) e o piso de cerâmica bege com pintas marrons imitando granito (E.M. Filomena Jardim). E, foram classificados como piso de cor clara: o piso de cerâmica bege matizada com branco (E.M. Água Fresca). E, como piso de cor branca, o piso de cerâmica na cor branco gelo (E. E. Fazenda da Betânia).

Maiores detalhes das características das salas de aula podem ser verificados no APÊNDICE 8 – Iluminâncias e características de salas.

## **5) Conforto térmico**

5.1) A sensação de calor ao longo do ano (exceto no inverno) no ambiente é:

91% dos professores entrevistados consideram as salas de aula quentes ou muito quentes.

5.2) A sensação de ventilação no ambiente é:

61% dos entrevistados consideram as salas abafadas ou muito abafadas.

## **6) Aberturas (janelas e portas)**

Cerca de 75% dos entrevistados acha adequado o número de aberturas.

6.2) a) A localização das aberturas é:

78% dos entrevistados acha adequada a localização das aberturas. Nas opções Regular e Ruim, as janelas são altas.

b) O tipo das aberturas é:

A opção tipo “Inadequado” é devido ao tipo basculante horizontal, pequeno e/ou com pequena abertura, com pouco aproveitamento da ventilação natural. 50% dos entrevistados consideram inadequada a abertura.

6.3) O corredor que dá acesso às salas é aberto para ambientes externos?

Em alguns casos, alguns corredores são abertos, mas possuem cobertura. 53% dos corredores de acesso às salas de aula ou são fechados ou semi-fechados.

Confrontando os itens 6.1, 6.2 e 6.3, percebe-se que de um modo geral, as pessoas acham que o número e a localização das aberturas são adequados, porém o tipo não (tipo basculante). Além disso, ainda há o fato de 53% de corredores de acesso às salas serem fechados, o que pode explicar o item 5.1, a sensação de calor (91% dos entrevistados acham as salas de aula quentes ou muito quentes) e o item 5.2 e a sensação de ventilação (61% acham as salas abafadas ou muito abafadas).

## **7) Ventilação Natural (vento)**

7.1) A ventilação natural dentro da sala, com as portas e janelas abertas é:

Confrontando com o item 6.2.b, 50% das pessoas acham o tipo de abertura inadequado e com o item 6.3, 53% dos corredores de acesso às salas são fechados ou semi-fechados. Isto explica o fato de 54% das pessoas acharem a ventilação natural regular, apesar do número e localização das aberturas serem adequados.

No item 3.2 foi feita a pergunta: As janelas possuem tamanho adequado à área da sala?

A resposta positiva foi obtida em 64% das entrevistas. De modo geral, as janelas são amplas. Apenas em algumas escolas, como por exemplo, na E.M. Água Fresca, as janelas são todas do tipo basculante horizontal, com pequena abertura, e conseqüentemente, proporcionando pouco aproveitamento da ventilação natural.

## **8) Ventilação mecânica (ar condicionado, ventilador)**

Quando foi feito o questionário, antes da visita às escolas, não se sabia se havia ventilação mecânica ou não. Também não se sabia, caso houvesse ventilação mecânica, o tipo existente, ventilador, ar condicionado. Assim, o questionário foi elaborado de forma genérica. Assim, após as visitas às 6 escolas – 3 da rede estadual e 3 da rede municipal, soube-se que nestas 6 escolas não havia ar condicionado em nenhum ambiente, em nenhuma escola visitada. Dentre as 6 escolas visitadas, apenas na Escola Estadual Dona Eleonora Nunes Pereira havia ventiladores.

#### 8.1) Há ventilação mecânica?

O número de ventiladores nas salas é muito pequeno (34,5%). Apenas a E.E. Dona Eleonora Nunes possui ventiladores.

#### 8.2) A ventilação mecânica é:

A ventilação mecânica, onde existe, é feita através de ventiladores. A ventilação mecânica, para a maioria das pessoas é regular (63%).

#### 8.3) O número de ventiladores ou ar condicionados é:

Quanto ao número de ventiladores, a opinião está bastante dividida (31,5% adequado, 37,0 regular, e 31,5% baixo).

#### 8.4) A localização de ventilador é:

Quanto à localização de ventiladores, a maioria das pessoas acha adequada (52,5%).

#### 8.5) A ventilação mecânica provoca ruído?

63% dos entrevistados opinaram que o ventilador produz ruído.

Quando a ventilação natural é satisfatória, o ventilador e ar condicionado são desligados?

100% dos ventiladores são desligados quando a ventilação natural é satisfatória.

Confrontando com o item 3.1, onde apenas 24% das pessoas desligam as lâmpadas quando a luz natural supre as necessidades visuais, pode-se levantar algumas hipóteses como o ventilador em funcionamento não passa despercebido porque seu movimento de rotação produz ruído, enquanto a lâmpada acesa a pessoa não percebe porque ela é estática e não produz ruído.

### **9) Visão para o exterior (pode-se ver o exterior através das janelas)**

#### 9.1) Há visão para o exterior?

A maioria das salas propiciam um contato com o exterior (72%).

#### 9.2) A visão para o exterior contribui para o seu trabalho de forma:

A opinião sobre a visão para o exterior aumentar a produtividade ou não ficou dividida: 45% acredita que aumenta a produtividade, 51% acredita que não aumenta e 4% acha que dispersa o aluno. A questão da visão para o exterior aumentar o prazer em fazer o trabalho ou não, também ficou dividida: 54% acha que sim, 42% que não e 4% que atrapalha. A questão da visão para o exterior melhorar ou não o humor, ficou um pouco dividida: 57% acha que melhora, 39% que não e 4% acha que atrapalha. Fatores como estética do entorno feia, a inexistência ou o número reduzido de árvores e jardins, a visão restrita como janelas altas pesou na opinião das pessoas, para todos os itens acima avaliados: influência da visão para o exterior melhorar a produtividade, o prazer em fazer o trabalho e o humor.

## **10) Entorno**

10.1) Ao redor do ambiente existem árvores e flores?

54% dos entrevistados responderam que sim. Confrontando os itens 9.2 e 10.1 pode-se afirmar que o número de árvores e jardins poderia ser maior. Além disso, há necessidade de um projeto paisagístico bonito para as escolas. As árvores e flores, existentes, são raras e não há um projeto paisagístico nas edificações escolares.

10.2) As árvores ao redor da escola:

No conforto térmico, foi colocado que mesmo que algumas árvores estejam distantes, ou sejam raras, seria mais quente se não houvesse árvores.

No entorno onde há árvores, mesmo que raras e/ou distantes, de certa forma elas contribuem para tornar a edificação mais confortável do ponto de vista térmico; esta é a opinião de 85% dos entrevistados.

74% disseram que a existência das árvores não afeta o ofuscamento. 100% disseram que não afetam o aproveitamento da iluminação natural. As árvores contribuem positivamente no humor, produtividade e prazer nas atividades escolares para 68% dos entrevistados. Este percentual poderia ser melhorado se houvesse um projeto paisagístico bonito e adequado para cada edificação escolar.

**11) Setorização** (divisão e localização de interruptores para ligar-desligar lâmpadas, ventiladores, ar condicionado)

11.1) Existem interruptores para ligar-desligar lâmpadas, ventiladores e aparelhos de ar condicionado de forma setorizada no ambiente?

78% dos entrevistados votaram na opção “Sim”. Foi considerado que há interruptores separados, dentro das salas, perto das portas, para cada sala (setorização de forma geral, na escola).

Apesar de haver interruptor dentro de cada sala, perto da porta, este interruptor liga-desliga as lâmpadas na direção contrária à integração da iluminação natural com a artificial.

11.2) A localização de interruptores para ligar-desligar lâmpadas, ventiladores e aparelhos de ar condicionado é:

79% dos professores entrevistados consideram a localização de interruptores adequada, pois os mesmos estão localizados dentro das salas e próximos às portas, facilitando ligar-desligar lâmpadas ao entrar e ao sair das salas.

12) **Sistemas de controle** (sensores de presença que desligam automaticamente as lâmpadas quando o ambiente está desocupado)

12.1) Você acredita que a instalação de sistemas de controles pode ajudar no uso racional e eficiente de energia, economizando energia elétrica? Sim ou Não?

100% dos entrevistados consideraram que “Sim”.

12.2) Se estes sistemas de controle fossem instalados poderia haver atos de vandalismo?

Ficou bem dividida a opinião das pessoas sobre esta questão. Observou-se que em escolas com crianças menores, entre 6 a 10 anos, aproximadamente, os professores acreditam que as crianças não estragariam os sistemas de controle. Já em escolas com adolescentes, jovens a partir dos 11 anos, estes poderiam danificar os sistemas de controle.

12.3) O que poderia ser feito para evitar atos de vandalismo?

A maior parte dos entrevistados acha que os alunos e seus familiares devem ser educados visando prevenir que os sistemas de controle sejam danificados. Uma parte significativa dos professores acha que os vândalos deveriam pagar pelos

prejuízos (28,0%) e outra parte (23,0%) afirma ser necessária a educação dos usuários e, caso, o aluno danifique o sistema de controle que ele pague pelos prejuízos, pois a preservação do patrimônio público é um ato de cidadania.

Observa-se que, de uma forma geral, os usuários deram respostas positivas na maioria das questões, mesmo quando o esperado seriam respostas negativas.

### **7.3 ANÁLISE DOS RESULTADOS**

Entende-se que em alguns casos falta referência do que é adequado. Com uma visão crítica percebe-se que existem diversos pontos a serem melhorados. Destacam-se algumas ações objetivas e que causariam impacto imediato:

- Manutenção adequada do sistema de iluminação, para manter os níveis de iluminação dentro da faixa exigida pela norma.
- Pintura das paredes com cores mais claras, para melhorar a distribuição de luz.
- Conscientização dos usuários para apagarem as luzes quando for desnecessário o uso.
- Inversão do sentido de atuação das lâmpadas para paralelo às janelas.

### **7.4 LEVANTAMENTO DE DADOS**

Foram realizados levantamentos de cargas e regime de funcionamento. Para esta finalidade foram utilizadas as PLANILHAS DE RATEIO DE ESCOLAS (APÊNDICE 6). O levantamento dos dados permitiu o rateio do consumo pelos usos finais de energia. A partir dos dados obtidos nas Planilhas de Rateio de Escolas (APÊNDICES 6 – 6.1, 6.2, 6.3, 6.4, 6.5 e 6.6), foram feitas as TAB. 7.5, TAB. 7.6 e TAB. 7.7.



TABELA 7.5

Rateio de energia estimada e potência instalada, a partir da visita em campo

Escola	Iluminação outros		Iluminação salas		Equipamentos		Cantina		Consumo total kWh/mês	Potência instalada total (kW)
	Consumo kWh/mês	Potência instalada (kW)	Consumo (kWh/mês)	Potência instalada (kW)	Consumo kWh/mês	Potência instalada (kW)	Consumo kWh/mês	Potência instalada (kW)		
E1	649,00	7,36	1.210,88	6,88	436,98	8,84	121,43	0,86	2.418,29	23,95
E2	971,52	12,36	1.074,53	9,28	244,43	2,41	137,18	0,77	2.427,66	24,82
E3	634,13	6,88	1.652,05	7,04	114,18	1,70	155,53	2,62	2.555,89	18,24
M1	896,28	11,41	887,04	5,76	249,35	10,90	185,11	4,36	2.217,78	32,43
M2	134,64	4,02	422,40	2,40	71,47	1,08	128,20	3,11	756,71	10,60
M3	387,20	3,72	601,42	3,68	237,97	2,18	87,77	1,19	1.314,36	10,76

Obs: E1 - E.E. Dona Eleonora Nunes Pereira, E2 – E.E. Professor Emílio Pereira de Magalhães, E3 – E.E. Fazenda da Betânia, M1- E.M. Dona Inês Torres, M2 – E.M. Água Fresca, M3 – E.M. Filomena Jardim.

A TAB. 7.5 apresenta o rateio realizado com as estimativas de consumo considerando o levantamento dos dados e as entrevistas dos usuários. A partir destes dados, calcula-se o percentual de cada carga no consumo total da instalação e, em seguida, calcula-se o rateio usando os dados reais de consumo da edificação, TAB. 7.6. Observa-se que alguns valores obtidos são bastante semelhantes aos reais.

TABELA 7.6

Rateio da energia considerando o consumo total real

Escola	Iluminação outros		Iluminação salas		Equipamentos		Cantina	
	(consumo real)		(consumo real)		(consumo real)		(consumo real)	
	kWh/mês	%	kWh/mês	%	kWh/mês	%	kWh/mês	%
E1	638,82	27,0	1.191,88	50,0	430,13	18,0	119,52	5,0
E2	781,10	40,0	863,91	44,0	196,52	10,0	110,29	6,0
E3	320,54	25,0	835,09	65,0	57,72	4,0	78,62	6,0
M1	798,36	40,4	790,13	40,0	222,10	11,2	164,89	8,4
M2	171,47	18,0	537,95	56,0	91,02	9,0	163,27	17,0
M3	449,94	29,0	698,86	46,0	276,53	18,0	101,99	7,0

De posse da TAB. 7.6 é possível verificar uma grande variação entre os consumos de cada edificação. Existe discrepância entre o percentual de energia que é gasto com iluminação outros, iluminação salas, equipamentos e cantina. A partir dos dados coletados, levantaram-se outros índices para análise, denominados rateios das densidades de potência, TAB. 7.7.

TABELA 7.7  
Rateio das densidades de potência

Escola	PL outros	PL salas	PL total	PL salas/sala	PL sala/aluno	PL total/aluno	Potência inst./aluno	Potência inst./sala	Potência inst./área
E1	7,36	6,88	14,24	0,49	0,0072	0,0150	0,0252	1,7105	0,0152
E2	12,36	9,28	21,64	0,93	0,0101	0,0234	0,0269	2,4823	0,0122
E3	6,88	7,04	13,92	0,78	0,0077	0,0152	0,0200	2,0268	0,0195
M1	11,41	5,76	17,17	0,72	0,0195	0,0582	0,1099	4,0538	0,0435
M2	4,02	2,40	6,42	0,48	0,0086	0,0230	0,0380	2,1206	0,0193
M3	3,72	3,68	7,40	0,46	0,0120	0,0241	0,0351	1,3453	0,0160

Obs: E1 - E.E. Dona Eleonora Nunes Pereira, E2 – E.E. Professor Emílio Pereira de Magalhães, E3 – E.E. Fazenda da Betânia, M1- E.M. Dona Inês Torres, M2 – E.M. Água Fresca, M3 – E.M. Filomena Jardim. Na TAB. 7.7, PL é a potência de iluminação (potência de lâmpadas).

Analisando a TAB. 7.7, observa-se que a escola E2 apresenta uma densidade de iluminação nas salas de aula ( $PL_{salas/sala}$ ) muito mais elevada que as demais.

A escola E2 possui a maior área construída, 2.038,69 m<sup>2</sup>.

A escola E2 possui carga de 6,48 a 12,93W/m<sup>2</sup>. A escola M1 possui carga de 12,95 a 13,73 W/m<sup>2</sup>. É importante ressaltar que as salas de aula apresentam, em média, um padrão de área de (37,65 a 50,17m<sup>2</sup>). Todas utilizam lâmpadas fluorescentes de 40W. Estas salas, entretanto possuem densidade de potência

A escola M1 apresenta os maiores índices  $PL_{sala/aluno}$ ,  $PL_{total/aluno}$ ,  $Pot_{inst./aluno}$ ,  $Pot_{inst./sala}$ ,  $Pot_{inst./área}$ . de iluminação de 6,48 a 19,90W/m<sup>2</sup>.

Quando analisamos o índice ( $PL_{salas/aluno}$ ) a escola M1 apresenta a maior relação seguida pela M3 e E2.

A escola que possui menores índices  $PL_{sala/aluno}$  e  $PL_{total/aluno}$  é a E1. O menor índice  $P_{instalada/aluno}$  é da escola E3 seguida pela E1.

Analisando o índice potência instalada total na escola dividida pelo número de salas de aula ( $P_{instalada/sala}$ ), observa-se que a M1 também apresenta a maior relação.

De posse de todos os dados coletados, observou-se que a avaliação de todos os índices pode trazer uma melhor avaliação do que a análise de apenas um índice. Porém, deseja-se propor um método de avaliação da rede de escolas que possa ser implementado facilmente por um gerente de energia sem formação específica da área. Desta forma, propõe-se um método simples de ranqueamento das escolas através de cada índice proposto e finalmente o ranqueamento final considerando todos os índices simultaneamente.

A TAB. 7.8 apresenta o ranqueamento pelos índices de consumo específico e a TAB. 7.9, pelos índices de potência instalada específica.

### 7.5 RANQUEAMENTO DAS ESCOLAS

Verificou-se a impossibilidade de se analisar as escolas por um único índice. O uso diferenciado se dá através de diversos motivos que de forma objetiva só pode ser explicitado através de um ranqueamento dos mesmos. Assim, nesta fase decidiu-se por estabelecer um ranking para cada índice e a combinação destes fornece o ranking final por modalidade: consumo e potência. As TAB.7.8 e TAB. 7.9 apresentam este procedimento.

Além dos índices já analisados outros índices foram incorporados na avaliação final, a saber:

Fator de uso – É a razão entre a potência média e a potência instalada no período de medição. Este fator nos fornece uma boa indicação da forma com que a energia está sendo utilizada. Ele é uma adaptação do fator de carga para efeito de faturamento, onde se utiliza a potência ao invés de demanda.

$$FU = \frac{P_{média}}{P_{máx}} = \frac{\frac{Energia(kWh)}{tempo(h)}}{P_{máx}(kW)} = \frac{Energia(kWh)}{P_{máx}(kW)tempo(h)}$$

$CE_{\text{área*aluno}}$  – Utilizou-se este índice combinando-se a normalização por área e por número de alunos.

TABELA 7.8  
Ranking de consumo específico

Fator de uso	Quesitos						Escolas	
	$CE_{\text{área*aluno}}$ (kWh/(m <sup>2</sup> *alunos))	$CE_{\text{área}}$ (kWh/m <sup>2</sup> )	$CE_{\text{turma}}$ (kWh/turma)	$CE_{\text{aluno}}$ (kWh/aluno)	$CE_{\text{sala}}$ (kWh/sala)	$CE_{\text{turno}}$ (kWh/turno)		
0,1361	0,159	1,51	85,01	2,51	170,03	1190,18	E1	
0,1077	0,104	0,96	78,07	2,11	195,18	650,61	E2	
0,0970	0,151	1,38	53,83	1,41	143,55	430,66	E3	
0,0834	0,898	2,65	141,11	6,70	246,93	987,74	M1	
0,1245	0,628	1,75	96,37	3,45	192,74	481,85	M2	
0,1944	0,740	2,27	117,49	4,98	190,92	763,66	M3	
							Ranking	
							Final de	
							Consumo	
M3	M1	M1	M1	M1	M1	E1	M1	pior
E1	M3	M3	M3	M3	E2	M1	M3	
M2	M2	M2	M2	M2	M2	M3	M2	
E2	E1	E1	E1	E1	M3	E2	E1	
E3	E3	E3	E2	E2	E1	M2	E2	
M1	E2	E2	E3	E3	E3	E3	E3	melhor

O critério consiste em ranquear cada quesito do pior caso para o melhor caso, item por item, depois fazer o ranqueamento final. Por exemplo, tomemos o quesito  $CE_{\text{aluno}}$  (kWh/aluno), o pior caso é o maior valor 6,70 (Escola M1), depois o segundo maior valor é 4,98 (M3), depois 3,45 (M2), depois 2,51 (E1), depois 2,11 (E2), e finalmente, 1,41 (E3). Assim, fazemos para cada coluna (quesito), sucessivamente, obtendo o ranking parcial por índice. Analisando o ranking parcial por índice, observa-se linha a linha, o item que aparece o maior número de vezes, prevalecendo o item de maior frequência. Por exemplo, na 1ª linha, temos 1 ocorrência de M3, 5 ocorrências de M1, e o E1 aparece somente uma vez. Assim, para a 1ª linha prevalece M1 (5 ocorrências). Na 2ª linha, M3 aparece 4 vezes, maior número de ocorrências. Na linha 3, E1 (4 vezes). Na linha 5, E3 aparece 3 vezes, E2 (2 vezes), E1 (1), M2 (1). Porém, na linha 6, E3 aparece 4 vezes. Assim, prevalece E3 na linha 6. Então, para a linha 5, resta o item E2. Assim, preenche-se, linha a linha, com o item que aparece um maior número de vezes, obtendo-se o ranking final.

A partir do ranqueamento, considerando-se como pior caso os maiores valores apresentados - já que se referem a consumos normalizados pelo uso - observa-se que os índices  $CE_{turma}$  e  $CE_{aluno}$  coincidem com o resultado final do ranqueamento para este caso analisado. Além do consumo, levou-se em consideração a potência instalada, apresentadas na TAB. 7.9. A TAB. 7.10 apresenta o resultado final dos ranqueamentos.

TABELA 7.9  
Ranking de Potência

Ptotal/aluno	PL sala/aluno	PL total/aluno	Ptotal/turma	PL sala/turma	PL total/turma	Escolas		
W/aluno	WLS/aluno	WLT/aluno	kW/turmas	kWL/turmas	kWLT/turmas			
25,21	7,24	14,99	0,855	0,246	0,51	E1		
26,89	10,05	23,45	0,993	0,371	0,87	E2		
19,96	7,70	15,23	0,760	0,293	0,58	E3		
109,93	19,53	58,20	2,316	0,411	1,23	M1		
37,99	8,60	23,01	1,060	0,240	0,64	M2		
35,05	11,99	24,10	0,828	0,283	0,57	M3		
							Ranking Final de Potência	
Ranking por índice								
M1	M1	M1	M1	M1	M1	M1	Pior	
M2	M3	M3	M2	E2	E2	M3		
M3	E2	E2	E2	E3	M2	E2		
E2	M2	M2	E1	M3	E3	M2		
E1	E3	E3	M3	E1	M3	E3		
E3	E1	E1	E3	M2	E1	E1	melhor	

TABELA 7.10  
Resultado final dos ranqueamentos

Consumo ranking final	Potência ranking final	
M1	M1	pior
M3	M3	
M2	E2	
E1	M2	
E2	E3	
E3	E1	melhor

Ranking de consumo fornece o uso energético por unidade de serviço. Apresenta as escolas em ordem de uso e indica qual escola está menos eficiente e em ordem até a mais eficiente.

Ranking de potência fornece o potencial de gasto por unidade de serviço. Este ranking apresenta o potencial que cada escola tem de gastar energia. Uma comparação indica que a escola M1 tem o maior potencial e usa este potencial de forma mais intensa, sendo a primeira nos dois rankings. A escola M3 apresenta o segundo maior consumo e o segundo maior potencial de uso. E1 tem o menor potencial de uso, contudo não tem o menor consumo. Os consumos e as potências (potencial de uso) são apresentados na TAB. 7.10 ordenados do pior para o melhor caso. Apenas M1 e M3 possuem o maior potencial de uso (potência) e o maior uso de energia (consumo). Porém, para as outras escolas restantes, E1, E2, E3, M2, o consumo não ocupa a mesma posição da potência, isto é, um maior potencial de uso não implica em maior uso de energia.

## **7.6 MAIORES CAUSAS DE DESPERDÍCIOS**

Dentre várias causas encontradas pode-se citar:

- Hábitos contrários ao uso racional de energia: os usuários da edificação não têm o hábito de desligar as lâmpadas mesmo quando a iluminação natural supre as necessidades visuais.
- Arquitetura inadequada: o projeto arquitetônico não leva em conta o aproveitamento da iluminação natural e ventilação natural. Existem corredores fechados e escuros tornando necessária a permanência de lâmpadas acesas mesmo durante o dia. Corredores abertos poderiam proporcionar melhor ventilação e iluminação natural minimizando o uso de energia com iluminação artificial e ventilação mecânica.
- O usuário da edificação pública não está comprometido com o uso racional de energia.
- Nas escolas públicas não existe uma pessoa responsável por verificar e desligar lâmpadas e ventiladores de ambientes desocupados.

- Uso de equipamentos pouco eficientes.

Observou-se que as escolas com um maior consumo energético possuem:

- Chuveiros para banhos de alunos e de funcionários.
- Corredores fechados e escuros que necessitam de iluminação artificial o tempo todo, mesmo durante o dia.
- Maior uso de equipamentos de cantina, como forno elétrico e de outros equipamentos.
- Não há hábito ou pessoa responsável para desligar as lâmpadas em ambientes desocupados. Um exemplo é o caso da Escola Estadual Fazenda da Betânia, onde o vice-diretor noturno sempre desliga a iluminação após o término das aulas. Não foi observado o regime de funcionamento da iluminação artificial após o término das aulas, nos fins de semana e nos feriados. Não se sabe se a iluminação é desligada durante o dia, se fica acesa somente iluminação para segurança ou se todas as lâmpadas ficam acesas.
- Maior área construída e também não construída (iluminação noturna de segurança). Um exemplo é o caso da Escola Municipal Dona Inês Torres que possui grande área não construída, um Posto de Atendimento da Dengue, e um galpão onde são consertadas e montadas carteiras para toda a rede municipal. Também, as carteiras estragadas ficam armazenadas neste galpão. Este galpão, apesar de não haver iluminação, possui muitas bancadas, onde são consertadas carteiras com utilização de equipamentos que consomem energia como, por exemplo, parafusadeiras elétricas.
- Equipamentos não eficientes do ponto de vista energético.

## RECOMENDAÇÕES

Dentre diversas recomendações visando o uso racional de energia pode-se destacar:

- Promover campanhas com a participação e o envolvimento dos usuários das edificações escolares visando criar hábitos de desligar lâmpadas, ventiladores e equipamentos quando não houver necessidade de forma contínua e ativa.
- Reformar as edificações escolares existentes e projetar as novas dentro do conceito de arquitetura bioclimática e uso racional e eficiente de energia.
- Criar mecanismos de forma a envolver e comprometer os usuários das edificações escolares com o uso racional e eficiente de energia elétrica e com o valor da fatura de energia elétrica.
- Incumbir uma pessoa responsável por desligar lâmpadas, equipamentos, ventiladores, etc, quando não houver necessidade.
- Ter um gestor de energia para cada edificação existente.

### 7.7 AVALIAÇÃO LUMÍNICA DAS ESCOLAS

Foram realizadas medições de iluminâncias nas salas de aula das escolas avaliadas. O luxímetro utilizado nesta pesquisa foi o Luxímetro Digital, modelo MLM-1010, do fabricante Minipa. A Iluminância descreve a quantidade de luz dirigida para a superfície. Ela indica a quantidade de luz (fluxo luminoso) incidente em uma superfície por unidade de área. Representa o índice de iluminação dos ambientes. É representada pelo símbolo E. Sua unidade é o lux. 1 lux equivale a 1 lúmen por metro quadrado. 1 foot candle = 10,76 lux. 1 lux = 1 lm/m<sup>2</sup>

Foram realizadas medições debaixo de todas as luminárias e entre todas as luminárias existentes em cada sala de aula. Após, calculou-se a média de



iluminância debaixo da luminária e entre a luminária. As medições foram feitas à noite, com o objetivo de verificar se a iluminação estava dentro da norma ou não.

Segundo a NBR 5413 da ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 5413: Iluminância de Interiores. Rio de Janeiro, 1992. 13p.), as iluminâncias de interiores devem ser:

- BIBLIOTECAS:
  - ✓ Sala de leitura – 300 – 500 – 750
  - ✓ Recinto das estantes – 200 – 300 – 500
  - ✓ Fichário – 200 – 300 – 500
  
- ESCOLAS:
  - ✓ Salas de aula – 200 – 300 – 500
  - ✓ Quadros negros – 300 – 500 – 750
  - ✓ Salas de trabalhos manuais – 200 – 300 – 500

Obs: Outros recintos de Bibliotecas e de Escolas podem ser vistos na NBR 5413.

O foco das medições foram as salas de aula. Assim, não foram realizadas medições em outros ambientes.

Os resultados das medições são apresentados no APÊNDICE 8 – ILUMINÂNCIAS E CARACTERÍSTICAS DE SALAS, e nas fotos.

Segundo CABÚS (1997) podem-se definir três regiões de iluminâncias no ambiente, com relação à iluminação artificial:

- 1) Insuficientes (iluminâncias abaixo de 70% do valor da norma).
- 2) Satisfatórias (iluminâncias entre 70% e 130% do valor da norma).
- 3) Excedentes (iluminâncias acima de 130% da norma).

Considerando a iluminância média de 300 lux tanto para as salas de aula como para as bibliotecas e considerando a classificação em Cabús, 1997, tem-se:

- ✓ Iluminância insuficiente: menor do que 210 lux (abaixo de 70% de 300 lux)
- ✓ Iluminância satisfatória: entre 210 lux e 390 lux (entre 70% e 130% de 300 lux)
- ✓ Iluminância excedente: maior do que 390 lux (acima de 130% de 300 lux)

Assim, analisando as tabelas do APÊNDICE 8, tem-se:

- Iluminância satisfatória:
  - ✓ Salas 6, 8, 10 e 13 da E. E. Dona Eleonora Nunes Pereira.
  - ✓ Salas 2, 9, 12, 14, 15, 16 e 17 da E. E. Prof. Emílio Pereira de Magalhães
  - ✓ Salas 2, 3, 4 e 8, e biblioteca da E. E. Fazenda da Betânia
  - ✓ Salas 1, 2, 3, 4, 5, 7, 8 e 9 da E. E. Dona Inês Torres
  - ✓ Salas 1 e 2 da E. M. Água Fresca
  - ✓ Salas 1, 2 e 5 da E. M. Filomena Jardim
- Iluminância excedente:
  - ✓ Salas 6, 7 e 8, e biblioteca da E. M. Água Fresca
  - ✓ Biblioteca da E. M. Filomena Jardim
- Iluminância insuficiente:
  - ✓ Todas as salas e bibliotecas não citadas nos itens acima.

A TAB.7.11 apresenta um resumo da avaliação das escolas.

TABELA 7.11  
Avaliação das Escolas – iluminação artificial

Escola	% insuficiente	% satisfatória	% excedente
E1	71,4	28,6	
E2	63,2	36,8	
E3	55,5	44,4	
M1	11,1	88,9	
M2	37,5	25	37,5
M3	57,2	42,8	

Observa-se que a grande maioria das salas analisadas encontra-se na classificação insuficiente. Destacam-se as maiores causas para este baixo índice: o grande número de lâmpadas queimadas; projeto inadequado e o uso de cores escuras que provavelmente não foi adotado na fase de projeto.

Nos ambientes com iluminação excedente, os usuários não reclamaram estarem insatisfeitos, afirmando estar a iluminação adequada.

## 7.8 SIMULAÇÃO DO SISTEMA DE ILUMINAÇÃO ARTIFICIAL DOS AMBIENTES

Durante a fase de análise, observou-se que as salas de aula possuem áreas bastante semelhantes. Para analisar os projetos luminotécnicos adotados, elegeu-se uma sala padrão de 6 x 8 x 2,8m, tamanho este encontrado em todas as escolas. Adotou-se a sala com cor branca para o teto, cor intermediária para as paredes e cor escura para o chão, por ser o tipo mais comum encontrado. Observou-se que salas com estas dimensões possuem variações grandes em número de lâmpadas. Existem salas com 8 a 24 lâmpadas. Para verificar o melhor projeto para este tipo de sala, utilizou-se o programa E2 – ILUMINAÇÃO – versão 2.0 – Eficiência Energética para Empresas – Análise energética para empresas. Análise energética de sistemas de iluminação interna. SEBRAE/LABEEE/UFSC. A TAB.7.12 apresenta os resultados obtidos.

TABELA 7.12  
Projeto Luminotécnico

Ambiente	Lâmpadas por ambiente		Refletância (teto-parede-piso) (%)	Lâmpadas por luminária	E novo (lux)	E 24 meses (lux)	Tipo de reator	Observações
	Pot.	Quant.						
1	40	8	70-50-10	2	221	177	eletromagnético	E2
2	40	12	70-50-10	2	331	265	eletromagnético	E2
3	40	12	30-50-10	2	288	231	eletromagnético	M2 (forro de madeira marrom)
4	40	16	70-50-10	4	442	353	eletromagnético	E2 e M1
5	40	16	70-30-10	4	397	317	eletromagnético	E1
6	40	16	50-50-10	4	388	310	eletromagnético	E3
7	40	24	70-50-10	2	662	530	eletromagnético	M2
8	40	18	70-50-10	2	497	397	eletromagnético	ideal 40W c/ 2 lâmpadas
9	40	16	70-50-10	4	442	353	eletromagnético	ideal 40W c/ 4 lâmpadas
10	32	12	70-50-10	2	448	358	eletrônico	ideal 32W c/ 2 lâmpadas
11	32	16	70-50-10	4	567	454	eletrônico	ideal 32W c/ 4 lâmpadas

Obs: E projeto = 300 lux para todos. Os ambientes 1 a 7 são ambientes e conjuntos de lâmpada-luminária similares aos encontrados nas escolas. Para os ambientes 8 e 9, supôs-se conjuntos lâmpada-luminária ideais (menores perdas e maiores eficiências) de 40 W. Já nos ambientes 10 e 11, considerou-se conjuntos lâmpada-luminária ideais de 32W. O objetivo era verificar condições mínimas de atendimento à norma (300lux), variando características dos ambientes (refletância) e dos equipamentos (lâmpada-luminária).

E1 - E.E. Dona Eleonora Nunes Pereira, E2 – E.E. Professor Emílio Pereira de Magalhães, E3 – E.E. Fazenda da Betânia, M1- E.M. Dona Inês Torres, M2 – E.M. Água Fresca, M3 – E.M. Filomena Jardim.

Foram realizadas simulações com lâmpadas de 40W e reator eletromagnético, com diferentes cores (refletância) de teto, parede e piso, semelhantes às características encontradas nas escolas (Ambientes 1 a7). O objetivo era confrontar os valores do projeto (novo e após 24 meses) para verificar qual número de lâmpadas atenderia à norma. Considerou-se um mínimo aceitável de iluminância de 300 lux para salas de aula. Assim, verificou-se que com 8 lâmpadas o projeto fica abaixo da norma (novo – 221 lux, após 24 meses – 177 lux), com 12 lâmpadas o projeto novo atinge o mínimo da norma porém após 24 meses está abaixo da norma (novo – 331 lux, 24 meses – 265 lux), com 16 lâmpadas o projeto novo e após 24 meses atende à norma, Com 24 lâmpadas o projeto está superdimensionado. Assim, as simulações realizadas

sugerem que o ideal, de acordo com as características encontradas nas salas de aula, seriam 12 lâmpadas de 40W.

Nos ambientes 8 e 9 simulados, foi suposto projeto com lâmpadas de 40W, com as características ideais (menores perdas e maiores eficiências tanto de lâmpadas quanto de luminárias e reatores) com luminárias de 2 e de 4 lâmpadas. A simulação sugeriu que caso fossem instaladas luminárias de 2 lâmpadas seriam necessárias 18 lâmpadas, e para luminárias de 4 lâmpadas seriam necessárias 16 lâmpadas.

Já nos ambientes 10 e 11, foi suposto projeto com lâmpadas de 32W, com as características ideais (maiores eficiências de lâmpada-luminária-reator) com luminárias de 2 e 4 lâmpadas. Neste caso, a simulação aponta que seriam necessárias 12 lâmpadas (para luminárias com 2 lâmpadas) e 16 lâmpadas (luminárias com 4 lâmpadas).

Os resultados das simulações são apresentados na TAB. 7.12.

A TAB.7.12 é dividida em duas partes. A parte superior (ambientes 1 a 7) se refere a simulações de ambientes existentes. Pode-se observar que o primeiro ambiente possui o menor número de lâmpadas (8) e não atende à norma. Os ambientes com 8 e 12 lâmpadas não alcançam um nível de iluminância de 300 lux, após 24 meses. O último ambiente apresenta superdimensionamento. Assim, visando atender à NBR 5413, nível de 300 lux, e considerando a depreciação do sistema após 24 meses, denominado E 24 meses, seria necessário a quantidade mínima de 16 lâmpadas fluorescentes de 40W por ambiente. Observa-se que para o mesmo ambiente a escolha de duas ou quatro lâmpadas por luminária afeta enormemente o projeto.

*“Feliz o homem que acha sabedoria, e o homem que adquire conhecimento”;*

*Bíblia Sagrada. A.T. Provérbios. 2. ed. Barueri, SP: Sociedade Bíblica do Brasil, 1993. Cap. 3, vers. 13, p. 440.*

## 8

# CONCLUSÕES

Este Capítulo apresenta as conclusões ao final do trabalho, bem como sugere algumas recomendações para melhorar o uso de energia elétrica nas escolas públicas de Itabira visando melhorar a eficiência energética nas edificações analisadas.

A adoção de um determinado índice de desempenho energético setorial requer uma análise detalhada das variáveis envolvidas bem como a avaliação do seu impacto no consumo específico. Esse tipo de índice possibilita comparar edificações de uma mesma classe, normalizando-as por alguma quantidade que auxilie na compreensão do uso da energia. A utilização de índice de consumo específico por área e por dias trabalhados sozinhos pode levar a conclusões equivocadas e devem ser evitados.

A análise dos dados das escolas públicas da cidade de Itabira auxiliou na análise de índices de desempenho energético tradicionais e proposição de novos índices possíveis de serem adotados pelo setor. Inicialmente, utilizaram-se quatro variáveis: número de alunos, número de turnos, número de salas e número de turmas. A análise indicou algumas características próprias do setor como o alto nível de dispersão, reforçando a necessidade de estudos mais aprofundados.

Após um estudo detalhado de 6 escolas, foi possível obter outros índices de desempenho energético. Após as análises verificou-se que os índices mais representativos quanto ao uso da energia foram aqueles que utilizam como quantidade de referência o número de turmas e número de alunos, nessa ordem de prioridade. Acredita-se que esses índices devam ser usados simultaneamente, para uma análise mais completa. O índice que leva como referência o número de salas também traz informações interessantes. Já, o número de turnos, sozinho, não é indicativo na composição do índice.

Os índices mais representativos quanto possibilidades de crescimento do consumo são a Densidade de potência de iluminação das salas/aluno ( $PL_{sala/aluno}$ ) e a Densidade de potência de iluminação total/aluno ( $PL_{total/aluno}$ ).

Propôs-se a utilização simultânea de diversos índices de forma comparativa para propiciar uma avaliação mais completa do uso energético (ranking de consumo) inclusive de possibilidades de crescimento do consumo (ranking de potência).

A avaliação qualitativa das escolas indicou uma falta de referência dos entrevistados quanto ao conforto lumínico, uma vez que a grande maioria indicou níveis de satisfação elevados em ambientes deficitários do ponto de vista de iluminação. Observou-se também, desconhecimento a respeito da influência da iluminação natural nos índices de produtividade. As escolas apresentam pouco aproveitamento da natureza (recursos naturais – ventilação natural e iluminação natural) para benefício em conforto termo-lumínico e em produtividade.

Os índices de iluminância medidos nas salas de aula de todas as escolas foram muito abaixo da norma, chegando a atingir percentual de inadequação de 71,4%. Verificou-se que parte deste problema se dá devido ao projeto inadequado, uso de cores escuras e baixo índice de manutenção. O aproveitamento da iluminação natural também fica prejudicado pelo próprio projeto arquitetônico e pelo uso de cores escuras.



## REFERÊNCIAS

## REFERÊNCIAS CONSULTADAS E CITADAS:

(a) GHISI, Enedir; LAMBERTS, Roberto. *Avaliação das condições de iluminação natural nas salas de aula da Universidade Federal de Santa Catarina*. In: ENCONTRO NACIONAL SOBRE EDIFICAÇÕES E COMUNIDADES SUSTENTÁVEIS, 1., 1997, Canela, RS. 6p.

(b) GHISI, Enedir; LAMBERTS, Roberto. *Avaliação do potencial de conservação de energia elétrica através de estudo de retrofit no sistema de iluminação da Universidade Federal de Santa Catarina*. In: ENCONTRO NACIONAL DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 4., 1997, Salvador, BA. p.387-392.

ALVAREZ, André Luiz Montero. *Uso Racional e Eficiente de Energia Elétrica: Metodologia para a Determinação dos Potenciais de Conservação dos Usos Finais em Instalações de Ensino e Similares*. 1998. Dissertação (Mestrado em Engenharia) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1998.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *NBR 5413 (NB 57): Iluminância de Interiores*. Rio de Janeiro, 1991. 13p. *apud* GHISI, Enedir. *Desenvolvimento de uma metodologia para retrofit em sistemas de iluminação: estudo de caso na Universidade Federal de Santa Catarina*. 1997. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil), Curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 1997.

BAIRD, George; DONN, Michael R.; BRANDER, William D. S.; AUN, Chan Seong. *Energy Performance of Buildings*. Energy Research Group – School of Architecture – Victoria University. Wellington, New Zealand: CRC Press, Inc – Boca Raton Florida, 1984, printed in the United States. 202 p.

BENYA, James; HESCHONG, Lisa et al. *Advanced Lighting Guidelines: 2001 Edition*. NBI - New Buildings Institute, Inc. para a California Energy Commission. Califórnia, 20 de julho de 2001, 394p.

BRASIL. Ministério de Minas e Energia, Secretaria de Energia, Departamento Nacional de Política Energética, Coordenação Geral de Informações Energéticas. *BEN 2002 – Balanço Energético Nacional de 2002 (Ano Base 2001)*. Brasília, Brasil, dezembro de 2002. 201 p.

CABÚS, Ricardo Carvalho. *Análise do desempenho luminoso de sistemas de iluminação zenital em função da distribuição de iluminâncias*. 1997 Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil), Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 1997.

CABÚS, Ricardo Carvalho; PEREIRA, Fernando Oscar Rutkay. *Avaliação através de método gráfico da distribuição de iluminâncias em ambientes*. In: ENCONTRO NACIONAL DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 4. ,1997. Salvador, BA, 1997. p.328-332.

CADDET ENERGY EFFICIENCY – CENTRE FOR THE ANALYSIS AND DISSEMINATION OF DEMONSTRATED ENERGY TECHNOLOGIES. Saving energy with efficient lighting in commercial buildings. Maxi brochure. CADDET Energy Efficiency – Centre for the Analysis and Dissemination of Demonstrated Energy Technologies. The Netherlands. 22p. *apud* GHISI, Enedir. *Desenvolvimento de uma metodologia para retrofit em sistemas de iluminação: estudo de caso na Universidade Federal de Santa Catarina*. 1997. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil), Curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 1997.

CARAM, Rosana M.; BASSO, Admir; LABAKI, Lucila Chebel; CASTRO, Adriana Petito de Almeida Silva. *Estudo da refletância de diferentes cores de tinta considerando seus efeitos para iluminação natural*. In: ENCONTRO NACIONAL DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 6.; ENCONTRO LATINO-AMERICANO SOBRE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 3., 2001, São Pedro, SP, 2001, 7p.

CARLO, Joyce Correna. *Diferenças na simulação do consumo de energia elétrica em edificações decorrentes do uso de arquivos climáticos de sítios e anos distintos*. 2002. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil), Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2002.

CEMIG – COMPANHIA ENERGÉTICA DE MINAS GERAIS e CEFET-MG – CENTRO FEDERAL DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA DE MINAS GERAIS. Apostila. *Curso para Formação de Gerentes de Energia no Serviço Público de Minas Gerais*. Belo Horizonte, 1999.

CINTRA DO PRADO, L. *Iluminação*. São Paulo: FAU – USP, 1962 *apud* CABÚS, Ricardo Carvalho. *Análise do desempenho luminoso de sistemas de iluminação zenital em função da distribuição de iluminâncias*. 1997. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil), Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 1997.

ENERGY RESEARCH GROUP. *Daylighting in buildings*. Dublin: The European Commission Directorate General for Energy (DGXVII), School of Architecture, University College Dublin, 1994 *apud* CABÚS, Ricardo Carvalho. *Análise do desempenho luminoso de sistemas de iluminação zenital em função da distribuição de iluminâncias*. 1997. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil), Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 1997.

EPRI – ELECTRIC POWER RESEARCH INSTITUTE. *Advanced lighting guideline*: 1993. Electric Power Research Institute. Califórnia Energy Commission. U.S. Department of Energy. Washington *apud* GHISI, Enedir. *Desenvolvimento de uma metodologia para retrofit em sistemas de iluminação: estudo de caso na Universidade Federal de Santa Catarina*. 1997. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil), Curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 1997.

FERNANDES, Ana Eliza Pereira. *As torres envidraçadas e o consumo energético*. In: ENCONTRO NACIONAL DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 2; ENCONTRO LATINO-AMERICANO SOBRE EDIFICAÇÕES E COMUNIDADES SUSTENTÁVEIS, 1., 2001, Canela, RS, 2001, 8p.

FONG, J.; KISS, M. *Daylighting – getting it right*. In: NEW LIGHTING SYSTEMS. Newsletter 1996. CADDET Energy Efficiency – Centre for the Analysis and Dissemination of Demonstrated Energy Technologies. The Netherlands. p.16-17. *apud* GHISI, EneDir. *Desenvolvimento de uma metodologia para retrofit em sistemas de iluminação: estudo de caso na Universidade Federal de Santa Catarina*. 1997. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil), Curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 1997.

GHISI, EneDir. *Desenvolvimento de uma metodologia para retrofit em sistemas de iluminação: estudo de caso na Universidade Federal de Santa Catarina*. 1997. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil), Curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 1997.

GRASSO R., Pilar A.; GHISI, EneDir; LAMBERTS, Roberto. *Avaliação energética do edifício sede da Telesc: retrofit do sistema de iluminação e simulação*. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 7., 1998, Florianópolis, SC. 9p.

HMG – Heschong Mahone Group. *Daylighting in Schools: Additional Analysis*. Projeto 0008. NBI – New Buildings Institute, Inc. para a California Energy Commission. PIER – Public Interest Energy Research (“Research Powers the Future”) Program. Califórnia, 2002, 92p.

HOPKINSON, R. G. *Iluminação Natural*. Fundação Colouste Gulbekian. Lisboa: 1975 *apud* OITICICA, Maria Lúcia G. da R.; BARBIRATO, Gianna M.; SILVA, Camila A. de C.; MACHADO, Isabela B. L. *Refletância de cores em superfícies construtivas*. In: ENTAC, 8º, Salvador, BA, 2000. v.2. p.1386-1391. Universidade Federal de Alagoas – UFAL, Maceió, AL, 6p.

ILUMINAÇÃO BRASIL. *A modernização dos sistemas de iluminação*. Ano 9, nº 51. Rio de Janeiro. Janeiro/fevereiro de 1995. p.27-28. *apud* GHISI, EneDir. *Desenvolvimento de uma metodologia para retrofit em sistemas de iluminação: estudo de caso na Universidade Federal de Santa Catarina*. 1997. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil), Curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 1997.

JOTA, Patrícia Romeiro da Silva; BRACARENSE, Mirna Suely dos Santos. *Análise de fatores arquitetônicos utilizando o método estatístico*. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 6.; ENCONTRO LATINO-AMERICANO SOBRE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 3., São Pedro, SP, 2001, 8p.

LABEEE/UFSC;SEBRAE *CD-Room - E2 – Iluminação: – versão 2.0 – Eficiência Energética para Empresas – Análise energética para Empresas. Análise energética de sistemas de iluminação interna. versão 2.0 – Sebrae/LabEEE/UFSC. CD-ROM. Disponível em <<http://www.labeee.ufsc.br/edois>>. Acesso em: 10 de set. 2005.*

LAMBERTS, Roberto; GHISI, Enedir; PAPST, Ana Lúcia. Apostila – *Desempenho térmico de edificações (Consumo de eletricidade em edificações)*. LabEEE. Florianópolis, agosto de 2000.

LEDER, S.; PEREIRA, F. O. R. *Elementos de controle da luz solar direta: análise do desempenho em aberturas zenitais*. In: ENCONTRO NACIONAL DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 5.; ENCONTRO LATINO-AMERICANO DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 2., 1999, Fortaleza, CE, 8p.

LIMA, Thaís Borges Sanches. *A simulação computacional auxiliando no aproveitamento da luz natural e na economia de energia*. In: NUTAU 2002, 10p.

MACEDO JR, A. *Técnicas de retrofitting de sistemas fluorescentes tubulares*. In: ELETRICIDADEMODERNA. Aranda Editora. Ano XXIV, nº 270, set./1996. p.34-54. *apud* GHISI, Enedir. *Desenvolvimento de uma metodologia para retrofit em sistemas de iluminação: estudo de caso na Universidade Federal de Santa Catarina*. 1997. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil), Curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 1997.

MASCARÓ, Lúcia. *Luz, clima e arquitetura*. São Paulo: Nobel, 1983 *apud* CABÚS, Ricardo Carvalho. *Análise do desempenho luminoso de sistemas de iluminação zenital em função da distribuição de iluminâncias*. 1997. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil), Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 1997.

MEIER, Alan; OLOFSSON, Thomas; LAMBERTS, Roberto. *What is an energy-efficient building?* In: IX Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído. Foz do Iguaçu, PR, Brasil, 7 a 10 de maio de 2002, 10 p.

NETO, E.P. *Cor e iluminação nos ambientes de trabalho*. Livraria Ciência e Tecnologia. Editora Ltda. São Paulo, 131p. *apud* GHISI, Enedir. *Desenvolvimento de uma metodologia para retrofit em sistemas de iluminação: estudo de caso na Universidade Federal de Santa Catarina*. 1997. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil), Curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 1997.

OITICICA, Maria Lúcia G. da R.; BARBIRATO, Gianna M.; SILVA, Camila A. de C.; MACHADO, Isabela B. L. *Refletância de cores em superfícies construtivas*. In: ENTAC, 8º, Salvador, BA, 2000. v.2. p.1386-1391. Universidade Federal de Alagoas – UFAL, Maceió, AL, 6p

OPDAL, K.; BREKKE, B. *Energy saving in lighting by utilization of daylighting*. In: RIGHT LIGHT. Three, 3<sup>rd</sup>. European Conference on Energy – Efficient Lighting.

Proceedings. Volume I: presented papers. England. P.67-74. *apud* GHISI, Enedir. *Desenvolvimento de uma metodologia para retrofit em sistemas de iluminação: estudo de caso na Universidade Federal de Santa Catarina*. 1997. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil), Curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 1997.

PAPST, Ana L.; PEREIRA, Fernando R.; LAMBERTS, Roberto. *Uso de simulação computacional para análise de iluminação natural*. In: VII Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído. Florianópolis, SC, 27 a 30 de abril/1998, 7p.

PAULA, Maria Inês Lage; SILVA, Aluísio E.; CARDOSO, Rodrigo T. Vale. *Fotocaptação automatizada: desenvolvimento de sistema informatizado orientado à eficiência energética, para otimização da captação de iluminação natural*. In: NUTAU 2002, 5p.

PEREIRA, Fernando O. Rutkay; ATANÁSIO, Veridiana; WERLICH, Catherine. *Estudo da iluminação natural através da simulação computacional em prédios históricos*. In: VI Encontro Nacional e III Encontro Latino-Americano sobre Conforto no Ambiente Construído. São Pedro, SP, Brasil, 11 a 14 de novembro de 2001, 2p.

PEREIRA, T. C.; PAPST, A. L.; PEREIRA, F. O. R.; LAMBERTS, R. *Thermal and luminous performance analysis of a house working environment*. In: PLEA – Passive and Low Energy Architecture. Austrália, 1999, 1 vol. P. 307-312. Campus Universitário UFSC, Departamento de Arquitetura e Urbanismo. Florianópolis, SC, Brasil, 6p.

PRADO, Racine Tadeu Araújo. *Efeito de Sombreamento Automático no desempenho Energético de Sistemas Prediais*. São Paulo, 1996. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo.

PROCEL - Programa de Combate ao Desperdício de Energia Elétrica – ELETROBRÁS – Centrais Elétricas Brasileiras S.A. *Espelho de Luz – Programa de Eficiência Energética na Esplanada dos Ministérios*. 53 p. 19--?

ROBBINS, Claude L. *Daylighting: design and analysis*. New York: Van Nostrand Reinhold, 1986 *apud* CABUS, Ricardo Carvalho. *Análise do desempenho luminoso de sistemas de iluminação zenital em função da distribuição de iluminâncias*. 1997. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil), Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 1997.

ROMÉRO, Marcelo de Andrade. *Consumo de energia elétrica e padrões de uso em conjuntos habitacionais para população de baixa renda*. In: Encontro Nacional de Conforto no Ambiente Construído, 4<sup>o</sup>. , Salvador, 1997. Salvador, BA, 1997. p. 403-407. 5p.

ROMÉRO, Marcelo de Andrade; BERALDO, Juliano Coronato; SAFT, Juliana Bechara; ABREU, Fábio Luiz de. *Estudo de viabilidade de um regulamento energético para o Estado de São Paulo*. In: NUTAU 2002, 7 p.

SANTAMOURIS, M. *Energy retrofitting of Office buildings*. Vol. 1: Energy efficiency and retrofit measures for offices. Series: Energy Conservation in Buildings. Editors: M. Santamouris & D. Asimakopoulos. University of Athens, Greece, 178p. *apud* GHISI, EneDir. *Desenvolvimento de uma metodologia para retrofit em sistemas de iluminação: estudo de caso na Universidade Federal de Santa Catarina*. 1997. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil), Curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 1997.

SCARAZZATO, Paulo Sergio; LABAKI, Lucila Chebel; CARAM, Rosana. *Iluminação natural em estabelecimentos comerciais e de serviços – mitos e verdades*. In: NUTAU 2002. FAUSP/UNICAMP, UNICAMP, USP SÃO CARLOS, 5 p.

SIGNOR, Régis. *Análise de regressão do consumo de energia elétrica frente a variáveis arquitetônicas para edifícios comerciais climatizados em 14 capitais brasileiras*. Florianópolis, 1999. Dissertação (Engenharia Civil) - Universidade Federal de Santa Catarina.

SMILEY, F. *Students delight in daylighting*. In: IAEEL – INTERNATIONAL ASSOCIATION FOR ENERGY-EFFICIENT LIGHTING. Newsletter 2/1996. Issue n° 14, vol. 5, p.11-12. *apud* GHISI, EneDir. *Desenvolvimento de uma metodologia para retrofit em sistemas de iluminação: estudo de caso na Universidade Federal de Santa Catarina*. 1997. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil), Curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 1997.

SOUZA, Roberta Vieira Gonçalves de; KREMER, Adriano; MACEDO, Catharina C. de; CLARO, Anderson. *Simulação de iluminação natural utilizando o lightscape: uma análise do desempenho frente a diferentes características de superfícies*. In: VI Encontro Nacional e III Encontro Latino-Americano sobre Conforto no Ambiente Construído. São Pedro, SP, Brasil, 11 a 14 de novembro de 2001, 8p.

THE EUROPEAN COMMISSION. *Daylighting in buildings*. Directorate - General for Energy (DG XVII). The THERMIE Programme Action. Dublin, 26p. *apud* GHISI, EneDir. *Desenvolvimento de uma metodologia para retrofit em sistemas de iluminação: estudo de caso na Universidade Federal de Santa Catarina*. 1997. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil), Curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 1997.

VAN BOGAERT, G. *Local control system for ergonomic energy – saving lighting*. In: NEW LIGHTING SYSTEMS. Newsletter 1996. CADDET Energy Efficiency – Centre for the Analysis and Dissemination of Demonstrated Energy Technologies. The Netherlands. p. 4-5. *apud* GHISI, EneDir. *Desenvolvimento de uma metodologia para retrofit em sistemas de iluminação: estudo de caso na Universidade Federal de Santa Catarina*. 1997. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil), Curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 1997.

VIANA JÚNIOR, Gentil Félix; BRACARENSE, Mirna Suely dos Santos; JOTA, Patrícia Romeiro da Silva; ASSIS, Eleonora Sad. *Avaliação do desempenho luminoso do edifício administrativo do CEFET-MG*. In: NUTAU 2002, 9p.

WEERSINK, A.; MEYER, J. Lighting and overall energy performance of Office buildings. In: NEW LIGHTING SYSTEMS. Newsletter, 1996. CADDET Energy Efficiency – Centre for the Analysis and Dissemination of Demonstrated Energy Technologies. The Netherlands. p.10-12. *apud* GHISI, Enedir. *Desenvolvimento de uma metodologia para retrofit em sistemas de iluminação: estudo de caso na Universidade Federal de Santa Catarina*. 1997. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil), Curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 1997.

WERNER, Carol. *Energy Smart Schools: Opportunities to save money, save energy and improve student performance*. EESI – Environmental and Energy Study Institute. Washington, D.C., Estados Unidos, novembro de 1999.

WESTPHAL, Fernando S.; LAMBERTS, Roberto. *Proposta de Melhoria na Eficiência Energética de um Edifício Comercial*. In: VIII Encontro Nacional de Tecnologia no Ambiente Construído, Salvador, Bahia, abril de 2000.

WESTPHAL, Fernando Simon; GHISI, Enedir; LAMBERTS, Roberto. *Simulação energética do edifício sede da FIESC: estudo de retrofit no sistema de iluminação*. In: VII Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído. Florianópolis, SC, 27 a 30 de abril de 1998, 9p.

#### **REFERÊNCIAS CONSULTADAS:**

AKUTSU, Maria; VITTORINO, Fúlvio. *A tendência atual dos métodos de avaliação do desempenho térmico e energético de edificações*. Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo S.A. Divisão de Engenharia Civil. São Paulo, SP. 5p. 19--?

AMARAL, Juliana Vervloet do; GONÇALVES, Aldo Carlos de Moura. *Análise de iluminação de lojas de moda: visando conforto e eficiência*. In: NUTAU 2002. PROARQ – FAU/UFRJ, Rio de Janeiro, RJ, 10p.

American Council for an Energy-Efficient Economy, Washington, DC. *Electric System Reliability and the Critical Role of Energy Efficiency*, julho de 2000. Disponível em <<http://aceee.org>>. Acesso em 06 Fev. 2004.

ANDRADE, Suely F. *Componentes de condução de luz*. In: VII Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído. Florianópolis, SC, 27 a 30 de abril de 1998, 7p.

ASSIS, Eleonora Sad de. Apostila. *Iluminação Natural*. Escola de Arquitetura da Universidade Federal de Minas Gerais - Departamento de Tecnologia da Arquitetura e do Urbanismo - Laboratório de Conforto Ambiental. 19--?



ASSUMPÇÃO, Marina Godoy. *Conservação e Uso Racional de Energia. Plano Energia Brasil – Eficiência Energética*. Secretaria de Energia do Ministério de Minas e Energia, 17 p. Disponível em <<http://www.riosvivos.org.br/arquivos/334637693.pdf>>. Acesso em 06 Fev. 2004. 19--?

ATIF, Morad R.; GALASIU, Anca D. *Energy performance of daylight – linked automatic lighting control systems in large atrium spaces: report on two field – monitored case studies*, p. 441-461. (1220 k – Revista Energy and Buildings – volume 35, Issue 5, p. 435-531). 19--?

BRASIL. Ministério de Minas e Energia do Brasil, Secretaria de Energia. *BEN 2003 – Balanço Energético Nacional de 2003 (Ano Base 2002)*. Brasília, Brasil, 2003. 168 p.

CASTRO, Adriana Petito de Almeida Silva; LABAKI, Lucila Chebel; ASSIS, Rosana Caram de; BASSO, Admir. *Medidas de refletância de cores de tintas através de análise espectral*. In: VI Encontro Nacional e III Encontro Latino-Americano sobre Conforto no Ambiente Construído. São Pedro, SP, Brasil, 11 a 14 de novembro de 2001. 7p.

CD-Room - *E2 – Iluminação – versão 2.0 – Eficiência Energética para Empresas – Análise energética para Empresas*. Análise energética de sistemas de iluminação interna. Sebrae/LabEEE/UFSC. 19--?

COMPANHIA ENERGÉTICA DE MINAS GERAIS – CEMIG – Superintendência Comercial – Departamento de Comercialização e Gerência da Demanda – Projeto ANEEL – AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA – *Eficientização de Prédios Públicos – ciclo 1999-2000 – Relatório de Consolidação*. Belo Horizonte, setembro de 2001, 203 p.

CORREA, Helena H.; SOUZA, Roberta G. de. *Utilização Racional da Energia na Edificação*. In: VIII Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído. Salvador, BA, 2000, v.2, p.1197 – 1204.

COSTI, Marilice. *A luz em estabelecimentos de saúde*. In: VI Encontro Nacional e III Encontro Latino-Americano sobre Conforto no Ambiente Construído. São Pedro, SP, Brasil, 11 a 14 de novembro de 2001, 8p.

FIORELLI, Flávio Augusto Sanzovo; HERNANDEZ NETO, Alberto; TRIBESS, Arlindo. *Avaliação de Estratégias para racionalização do consumo de energia em edifícios com ar condicionado*. In: VI Encontro Nacional e III Encontro Latino-Americano sobre Conforto no Ambiente Construído. São Pedro, SP, Brasil, 11 a 14 de novembro de 2001. 8p.

FONSECA, Ingrid; PORTO, Maria Maia; BARROSO-KRAUSE, Cláudia. *Considerações sobre as influências de algumas medidas de eficiência energética sobre a saúde e a percepção do homem*. In: NUTAU 2002.

FONSECA, Ingrid; PORTO, Maria Maia; BARROSO-KRAUSE, Claudia. Ponderações a respeito das influências de determinadas medidas de eficiência energética sobre a saúde e a percepção. In: VI Encontro Nacional e III Encontro Latino-Americano sobre Conforto no Ambiente Construído. São Pedro, SP, Brasil, 11 a 14 de novembro de 2001, 3p.

FRANÇA, Júnia Lessa et al. *Manual para normalização de publicações técnico-científicas*. 6. ed. rev. e ampl. – Belo Horizonte: Ed. UFMG, 2003. 230p. ISBN: 85-7041-357-2.

GHISI, Enedir; LAMBERTS, Roberto. *Avaliação das condições de iluminação natural nas salas de aula da Universidade Federal de Santa Catarina*. In: I Encontro Nacional sobre Edificações e Comunidades Sustentáveis. Canela, RS, 18 a 21 de novembro de 1997. 6p.

GHISI, Enedir; LAMBERTS, Roberto. *Desenvolvimento de uma metodologia para retrofit em sistemas de iluminação*. In: VII Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído. Florianópolis, SC, 27 a 30 de abril de 1998, 9p.

GHISI, Enedir; LAMBERTS, Roberto. *Influência das características reflexivas da luminária e da refletância das paredes na potência instalada em sistemas de iluminação*. In: VII Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído. Florianópolis, SC, 27 a 30 de abril de 1998, 9p.

GHISI, Enedir; LAMBERTS, Roberto. *Proposta de normalização para limitar o consumo de energia elétrica em sistemas de iluminação*. In: VII Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído. Florianópolis, SC, 27 a 30 de abril de 1998, 10p.

GHISI, Enedir; LAMBERTS, Roberto. *Proposta de Normalização para limitar o consumo de energia elétrica em sistemas de iluminação*. In: VII Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído. Florianópolis, SC, 27 a 30 de abril de 199. 10p.

GHISI, Enedir; LAMBERTS, Roberto. *Proposta de simplificação do método dos lumens para aplicação com luminárias diretas*. 7p. 19--? Disponível em: <[www.labee.org.br](http://www.labee.org.br)>. Acesso em 10 Nov. 2004.

GORGULHO, Cristiane Fernandes; PORTO, Maria Maia. *O conforto lumínico no ambiente de trabalho com VDT (vídeo display terminal): o espaço dos escritórios*. In: V Encontro Nacional de Conforto no Ambiente Construído e II Encontro Latino-Americano de Conforto no Ambiente Construído. Fortaleza, CE, 1999, 7p.

GRATIA, Elisabeth; HERDE, André De. *Design of low energy office buildings*. p. 473-491. (1438 k – Revista Energy and Buildings – volume 35, Issue 5, p. 435-531) 19--?

GRAZIANO JUNIOR, Sigfrido F. C. G.; PEREIRA, Fernando Oscar Rutkay. *Estudo para redirecionamento da luz natural utilizando elementos tipo "lightshelves"*. In: VI

Encontro Nacional e III Encontro Latino-Americano sobre Conforto no Ambiente Construído. São Pedro, SP, Brasil, 11 a 14 de novembro de 2001, 8p.

GRIMME, F. W.; LAAR, Michael. *A “ação concertada” – pesquisa e implementação na política de eficiência energética na Alemanha desde 1973*. In: V Encontro Nacional e II Encontro Latino-Americano de Conforto no Ambiente Construído. Fortaleza, CE, 1999. 5p.

HADDAD, Jamil. *Uma contribuição à análise de conservação de Energia Elétrica utilizando a Teoria dos Conjuntos Fuzzi*. Campinas, 1993. Tese (Doutorado em Engenharia Mecânica) - Faculdade de Engenharia Mecânica, Universidade Estadual de Campinas.

HANSEN, Alice Maria Dreher. *Padrões de consumo de energia elétrica em diferentes topologias de edificações residenciais, em Porto Alegre*. Porto Alegre, 2000. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

HAWLEY, Ross. *Advanced Control of Energy Consumption*. EA Technology Ltd, Capenhurst, Chester, CH1 6ES UK. 19--?

JACOSKI, Cláudio Alcides; LAMBERTS, Roberto. *A interoperabilidade como fator de integração de projetos na construção civil*. 6p. 19--?

JANNUZZI, Gilberto De Martino. *Aumentando a Eficiência nos Usos Finais de Energia no Brasil*. In: Sustentabilidade na geração e uso de energia. Unicamp, 18 a 20 de fevereiro de 2002. Departamento de Energia, Faculdade de Engenharia Mecânica, Universidade Estadual de Campinas – UNICAMP, 14 p. Disponível em :[http://www.cgu.unicamp.br/energia2020/papers/paper\\_Jannuzzi.pdf](http://www.cgu.unicamp.br/energia2020/papers/paper_Jannuzzi.pdf)). Acesso em 10 Fev. 2004.

JONES, James; NAVVAB, Mojtava; HILL, Yoshiko. *Strategies to decrease future electricity loads in institutional buildings*. Architecture and Planning Research Laboratory. College of Architecture and Urban Planning. The University of Michigan. 1991. IEEE. p. 1889 a 1894.

KIM, Jong-Jin; JONES, James. *A Conceptual Framework for Dynamic Control of Daylighting and Electric Lighting Systems*. College of Architecture and Urban Planning. University of Michigan. Ann Arbor, MI 48109-2069. 1993. IEEE p. 2358 a 2364.

KRÜGER, Eduardo; DUMKE, Eliane; SHAFI, Mohiman; LAROCA, Christine. *Avaliação da eficiência energética em prédios comerciais em Curitiba*. Centro Federal de Educação Tecnológica do Paraná – CEFET-PR, Curitiba, PR, 8p.

LEE, Alexandre Simon; WESTPHAL, Fernando Simon; LAMBERTS, Roberto. *Verificação da eficiência energética de um edifício de escritórios através de simulação computacional: estudo de caso no departamento de engenharia civil da*

UFSC. In: VI Encontro Nacional e III Encontro Latino-Americano sobre Conforto no Ambiente Construído. São Pedro, SP, Brasil, 11 a 14 de novembro de 2001, 8p.

LIMA, Thais Borges Sanches. *Uso da simulação computacional na avaliação do desempenho do edifício em relação à iluminação*. In: NUTAU 2002, 7 p. Disponível em: <[www.infohab.org.br](http://www.infohab.org.br)>. Acesso em 10 Nov. 2004.

MACIEL, Alexandra A.; LAMBERTS, Roberto. *Arquitetura bioclimática em um edifício de escritórios em Brasília*. In: VI Encontro Nacional e III Encontro Latino-Americano sobre Conforto no Ambiente Construído. São Pedro, SP, Brasil, 11 a 14 de novembro de 2001, 2p.

MARINOSKI, Deivis Luis; MORETTI, Rhafeal de Souza; WESTPHAL, Fernando Simon; LAMBERTS, Roberto. *Desenvolvimento de uma metodologia para interpolação de valores de intensidade luminosa aplicada ao cálculo da iluminância através do método ponto-a-ponto*. In: VI Encontro Nacional e III Encontro Latino-Americano sobre Conforto no Ambiente Construído. São Pedro, SP, Brasil, 11 a 14 de novembro de 2001, 12p.

MASCARENHAS, Ana Cristina Romano; D'ALCÂNTARA, Asthon; NERY, Jussana Maria Fahel Guimarães; FREIRE, Tereza Maria M. *Conservação de Energia em Edificações Comerciais da cidade do Salvador*. In: III Encontro Nacional e I Encontro Latino-Americano de Conforto no Ambiente Construído. Gramado, RS, 4 a 7 de julho de 1995, p. 421 a 426.

MASCARÓ, Juan José. *Desenho sustentável: iluminação de um museu no planalto central do Rio Grande do Sul, RS, Brasil*. In: NUTAU 2002, 7 p. Disponível em: <[www.infohab.org.br](http://www.infohab.org.br)>. Acesso em 10 Nov. 2004.

MASCARÓ, Lúcia Elvira Alicia Raffo de; ANDRADE, Fabiano Augusto Finger de. *A iluminação natural e artificial do recinto urbano*. 19--?

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA / ELETROBRÁS. *Relatório Anual 1997*. Brasil, 1997.

NADEL, Steven. *Analysis of Energy Savings from the Administration's Public Benefit Fund Proposal*. Electric System Reliability and the Critical Role of Energy Efficiency. Washington, DC, julho de 1999. Disponível em: <<http://aceee.org>>. Acesso em 07 Fev. 2004.

OLIVEIRA, Renata de; PEREIRA, Aline Cristina Rodrigues; ASSIS, Eleonora Sad de. *Variáveis da questão de energia elétrica e o perfil de consumo no setor residencial*. In: NUTAU 2002, 7 p.

PIETROBON, C. E.; LAMBERTS, Roberto.; PEREIRA, F. O. R. *Simulação computacional paramétrica acerca da influência do paisagismo no desempenho energético e luminoso de escolas*. In: V Encontro Nacional de Conforto no Ambiente Construído e II Encontro Latino-Americano de Conforto no Ambiente Construído. Fortaleza, CE, 1999, 12p.

PIETROBON, Cláudio Emanuel; LAMBERTS, Roberto.; PEREIRA, Fernando Oscar Rutkay. *Estratégias bioclimáticas para o projeto de edificações: conceituação e aplicação para Maringá, Paraná*. In: VI Encontro Nacional e III Encontro Latino-Americano sobre Conforto no Ambiente Construído. São Pedro, SP, Brasil, 11 a 14 de novembro de 2001, 8p.

PINTO, Joel Rocha. *Redução do consumo de energia em um edifício comercial. Faculdade de Engenharia de Sorocaba e Augusto F. Brandão Jr. da Escola Politécnica da USP* – Trabalho apresentado no CONAI – 10º Congresso e Exposição Internacional de Automação, realizado de 15 a 18 de julho de 2002, em São Paulo, SP, Revista Eletricidade Moderna de dezembro de 2002, p. 122 a 130.

PINTO, Ramon de Oliveira; JOTA, Patrícia Romeiro da Silva; ASSIS, Eleonora Sad de. *Aplicação do método estatístico fatorial de dois níveis na análise pós-ocupação do desempenho térmico de edifícios comerciais*. In: VI Encontro Nacional e III Encontro Latino-Americano sobre Conforto no Ambiente Construído. São Pedro, SP, Brasil, 11 a 14 de novembro de 2001, 2p.

Plano Nacional de Ciência & Tecnologia do Setor Elétrico – CT-ENERG – *Diretrizes Básicas*. Agosto de 2001. FINEP, CNPq. 26 p.

PLASTOW, J.W. *Energy Services for an electricity industry based on renewable energy*. University, Loughborough, UK. IEE:2001. Power Engineering

POGERE, Ângela; PEREIRA, Fernando O. R. *A luz natural no átrio analisada através da simulação computacional*. In: V Encontro Nacional de Conforto no Ambiente Construído e II Encontro Latino-Americano de Conforto no Ambiente Construído. Fortaleza, CE, 1999, 7p.

POLLIS, Hamilton; CAMPOS, Marcello Moura; Travessa, Antonio Carlos *et al.* *A Experiência Brasileira em Projetos de Iluminação Eficiente e desafios Futuros: das lições aprendidas à criação do selo Procel Inmetro*. In: XV SNTPEE – Seminário Nacional de Produção e Transmissão de Energia Elétrica, STC/16. Seção Técnica Especial. Eletrobrás/Procel. Conservação de Energia Elétrica (STC). Foz do Iguaçu, Paraná, Brasil, 17 a 22 de outubro de 1999.

PORTO, Maria Maia; GUIMARÃES, Maria Júlia. *Avaliação de aspectos qualitativos da iluminação natural em projetos de Alvar Aalto: um exercício acadêmico-didático*. In: VI Encontro Nacional e III Encontro Latino-Americano sobre Conforto no Ambiente Construído. São Pedro, SP, Brasil, 11 a 14 de novembro de 2001, 6p.

PROCEL – Programa de Combate ao Desperdício de Energia Elétrica e ELETROBRÁS – Centrais Elétricas Brasileiras S.A. (Diretoria de Operação de Sistemas). Programa Nacional de Eficientização de Prédios Públicos – PNEPP. Efficientia 98. *Seminário Internacional de Combate ao Desperdício de Energia Elétrica – Prédios Públicos*. 19--?

RANGEL, Márcia Moreira. *A cor como linguagem do ambiente. Estudo de caso: Hospital*. Universidade Federal de Juiz de Fora. 10p.

ROMÉRO, Marcelo de Andrade; TORRES, Cláudia. *A utilização do software "Lúmen Micro 5" no projeto de iluminação artificial: o caso do edifício da Companhia de São Paulo*. 10p. 19--?

RORIZ, Maurício. *Consumo de energia no condicionamento térmico de edificações: um método de avaliação*. In: VI Encontro Nacional e III Encontro Latino-Americano sobre Conforto no Ambiente Construído. São Pedro, SP, Brasil, 11 a 14 de novembro de 2001, 8p

ROSA, Telissa Frenzel da; SEDREZ, Michele de Moraes; SATTLER, Miguel Aloysio. *Análise do desempenho energético do protótipo Alvorada – Protótipo de habitação sustentável*. In: VI Encontro Nacional e III Encontro Latino-Americano sobre Conforto no Ambiente Construído. São Pedro, SP, Brasil, 11 a 14 de novembro de 2001. 8p.

ROSADO, Clarissa; PIZZUTTI, Jorge Luiz. *A influência das cores no conforto térmico-lumínico e na redução do consumo de energia nas edificações*. Laboratório de Termo Acústica da Universidade Federal de Santa Maria. 5p.

ROSSI, Ângela Maria Gabriella. *Baixo consumo de energia em edifícios multipavimentares de uso habitacional*. In: VII Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído. Florianópolis, SC, 27 a 30 de abril de 1998, 8p.

RUGGIERO, Amanda Saba; BASSO, Admir. *Avaliação do desempenho de tipologias de aberturas e sua interferência na iluminação natural*. In: VI Encontro Nacional e III Encontro Latino-Americano sobre Conforto no Ambiente Construído. São Pedro, SP, Brasil, 11 a 14 de novembro de 2001, 2p.

SOUZA, Cristina G.; GRIMME, Friedrich W.; LAAR, M. *Avaliação do consumo de energia da edificação em função dos materiais de fachada – Estudo de caso no Rio de Janeiro*. CEFET-RJ, Rio de Janeiro, 8p.

TOLEDO, Luís Márcio Arnaut de. *Uso de energia elétrica em edifícios públicos e comerciais de Florianópolis*. Florianópolis, 1995. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Federal de Santa Catarina.

TOLEDO, Luís Márcio Arnaut de; LAMBERTS, Roberto. *Uso final de energia elétrica em edifícios de escritórios de Florianópolis*. Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Mecânica, Departamento de Energia, Campinas, SP e Universidade Federal de Santa Catarina, Departamento de Engenharia Civil, Núcleo de Pesquisa em Construção, Florianópolis, SC. 5p.

TOLEDO, Luís Márcio Arnaut de; LAMBERTS, Roberto; PIETROBON, Cláudio E. *Influência de características arquitetônicas no consumo de energia elétrica de edifícios de escritórios de Florianópolis*. In: III Encontro Nacional e I Encontro Latino-Americano. Gramado, RS, 4 a 7 de julho de 1995. 7p.

TOLMASQUIM, Maurício Tiomno; ROSA, Luiz Piguelli; SZKLO, Alexandre Salem; SCHULER, Márcio Edgar; DELGADO, Marco Antônio de Paiva. *Tendências da*

*Eficiência Energética – Indicadores de Eficiência Energética*. Edição: ENERGE, COPPE/UFRJ, PROCEL/ELETOBRÁS, 1998. 13p.

U.S. Department of Energy. *What's new in building energy efficiency? Selecting windows for energy efficiency*. Produzido para Office of Energy Efficiency and Renewable Energy do DOE pelo Lawrence Berkeley National Laboratory. PUB-788, janeiro de 1997, 16p. Disponível em: <[www.infohab.org.br](http://www.infohab.org.br)>. Acesso em 10 Nov. 2004.

WEERSINK, Annemarie; MEYER, Jo. *A iluminação e o desempenho energético global de edifícios comerciais*. Revista EM. Holanda, setembro de 1998, p. 152 a 156.

WESTPHAL, Fernando S.; LAMBERTS, Roberto. *Estudo de Viabilidade Econômica de uma Proposta de Retrofit em um Edifício Comercial*. In: VI Encontro Nacional de Conforto no Ambiente Construído, Fortaleza, Ceará, novembro de 1999.

WESTPHAL, Fernando Simon; MARINOSKI, Deivis Luis; GHISI, Eneidir; LAMBERTS, Roberto. *Proposta de retrofit para o sistema de iluminação artificial da UFSC*. In: IX Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído. Foz do Iguaçu, PR, Brasil, 7 a 10 de maio de 2002, 10p.

# APÊNDICES



# APÊNDICE 1 – DADOS DA REDE ESTADUAL E MUNICIPAL

## APÊNDICE 1.1 - Rede estadual – Dados do período de Janeiro a Dezembro de 2004

Escola Estadual	Total consumo (kWh)	Total dias letivos	Nº de alunos	Nº de salas	Nº de turnos	Nº de turmas	kWh/dia letivo	kWh/(dia*aluno)	kWh/(dia*sala)	kWh/(dia*turno)	kWh/(dia*turma)
1) Major Lage	25562	200	1221	16	2	32	127,81	0,104676	7,988125	63,905	3,994063
2) Dona Eleonora Nunes Pereira	24470	200	950	14	2	28	122,35	0,128789	8,739286	61,175	4,369643
3) Professora Palmira de Moraes	16031	200	706	15	2	26	80,155	0,113534	5,343667	40,0775	3,082885
4) Doutor José de Grisolia	26191	200	1251	15	3	38	130,955	0,10468	8,730333	43,65167	3,446184
5) Professora Maricas Magalhães	18389	200	741	11	3	21	91,945	0,124082	8,358636	30,64833	4,378333
6) Professor Emílio Pereira Magalhães	20338	200	923	10	3	25	101,69	0,110173	10,169	33,89667	4,0676
7) Trajano Procópio de Alvarenga Silva Monteiro	58211	200	1727	15	3	40	291,055	0,168532	19,40367	97,01833	7,276375
8) Professora Marciana Magalhães	14320	200	795	12	3	21	71,6	0,090063	5,966667	23,86667	3,409524
9) Madre Maria de Jesus (1 turma funcionando no pátio)	21920	200	775	12	2	25	109,6	0,141419	9,133333	54,8	4,384
10) Manoel Soares (Ipoema)	11683	200	816	8	3	24	58,415	0,071587	7,301875	19,47167	2,433958
11) Fazenda da Betânia	13359	200	914	9	3	24	66,795	0,07308	7,421667	22,265	2,783125
12) Antônio Linhares Guerra	31880	200	1580	14	3	38	159,4	0,100886	11,38571	53,13333	4,194737
13) Antônio Martins Pereira (Senhora do Carmo)	11973	200	652	8	3	23	59,865	0,091817	7,483125	19,955	2,602826
14) José Ricardo Martins Fonseca	6878	200	421	9	2	16	34,39	0,081686	3,821111	17,195	2,149375
15) Mestre Zeca Amâncio	76280	200	2086	26	3	57	381,4	0,182838	14,66923	127,1333	6,691228
						min	34,39	0,071587	3,821111	17,195	2,149375
						max	381,4	0,182838	19,40367	127,1333	7,276375
						média	125,8283	0,112523	9,061029	47,21283	3,950924

Foram considerados os dígitos significativos. Alguns valores ficam melhor representados com 2 casas decimais, outros com 4 casas decimais, depende do valor numérico.

### APÊNDICE 1.2 - Rede municipal – Dados do período de Janeiro a Dezembro de 2004

Escola Municipal	Total consumo (kWh)	Total dias letivos	Nº de alunos	Nº de salas	Nº de turnos	Nº de turmas	kWh/dia letivo	kWh/(dia*aluno)	kWh/(dia*sala)	kWh/(dia*turno)	kWh/(dia*turma)
1) Américo Giannetti	11065	200	359	10	2	16	55,325	0,154109	5,5325	27,6625	3,457813
2) Nico Andrade	16920	200	651	15	2	25	84,6	0,129954	5,64	42,3	3,384
3) Dona Inês Torres	20624	200	295	8	2	14	103,12	0,349559	12,89	51,56	7,365714
4) Água Fresca	9878	200	279	5	2	10	49,39	0,177025	9,878	24,695	4,939
5) Filomena Jardim	15930	200	307	8	2	13	79,65	0,259446	9,95625	39,825	6,126923
6) Ester Pereira Guerra	22607	200	537	11	2	21	113,035	0,210493	10,27591	56,5175	5,382619
7) Pedreira do Instituto	11405	200	416	9	2	18	57,025	0,137079	6,336111	28,5125	3,168056
8) Matilde Menezes	9248	200	245	6	2	12	46,24	0,188735	7,706667	23,12	3,853333
9) Dona Batistina Pereira	19408	200	218	6	2	11	97,04	0,445138	16,17333	48,52	8,821818
10) Efigênia Alves Pereira	18568	200	416	11	2	18	92,84	0,223173	8,44	46,42	5,157778
11) Coronel José Batista	17428	200	650	15	2	28	87,14	0,134062	5,809333	43,57	3,112143
12) Prefeito Virgílio Gazire	10923	200	159	7	2	9	54,615	0,343491	7,802143	27,3075	6,068333
13) Professora Antonina Moreira	21782	200	631	11	2	22	108,91	0,172599	9,900909	54,455	4,950455
14) José Gomes Vieira	31253	200	662	14	3	36	156,265	0,23605	11,16179	52,08833	4,340694
15) Cornélio Pena	13213	200	388	9	2	15	66,065	0,170271	7,340556	33,0325	4,404333
16) Professora Didi Andrade	29157	200	462	13	3	28	145,785	0,315552	11,21423	48,595	5,206607
17) Antônio Camilo Alvim	16947	200	513	10	2	20	84,735	0,165175	8,4735	42,3675	4,23675
18) Candidópolis	2966	200	79	5	1	5	14,83	0,187722	2,966	14,83	2,966
19) Professor Alfredo Sampaio (Campo de Gordura)	11822	200	89	6	1	6	59,11	0,664157	9,851667	59,11	9,851667
20) Dona Maria Elias (Macuco)	18673	200	84	5	1	5	93,365	1,111488	18,673	93,365	18,673
21) José Custódio Costa (Turvo)	2651	200	44	4	1	3	13,255	0,30125	3,31375	13,255	4,418333
22) Maria Torres Horta (Pedreira) (1 turma funcionando na biblioteca)	9494	200	100	5	1	6	47,47	0,4747	9,494	47,47	7,911667
23) Manoel Tomás P. F. Neves (Duas Pontes)	11994	200	68	5	1	4	59,97	0,881912	11,994	59,97	14,9925
24) Coronel João Lage (Machado)	16970	200	60	4	1	4	84,85	1,414167	21,2125	84,85	21,2125
25) Bom Jardim	4098	200	62	4	1	4	20,49	0,330484	5,1225	20,49	5,1225
26) Serra dos Linhares	4477	200	81	5	1	4	22,385	0,276358	4,477	22,385	5,59625
27) Nonato Azevedo Campos	1789	200	45	3	1	2	8,945	0,198778	2,981667	8,945	4,4725
28) Sapé	4267	200	134	5	2	8	21,335	0,159216	4,267	10,6675	2,666875
						min	8,945	0,129954	2,966	8,945	2,666875
						max	156,265	1,414167	21,2125	93,365	21,2125
						média	68,84946	0,350434	8,888725	40,21021	6,495006

## APÊNDICE 2 – DADOS ESTATÍSTICOS DA REDE

### APÊNDICE 2.1 - Dados estatísticos da rede estadual

Escolas Estaduais													
	Consumo (kWh)	Dias letivos	Alunos	Salas	Turnos	Turmas	kWh/dia letivo	kWh/(dia *aluno)	kWh/(dia *sala)	kWh/(dia *turno)	kWh/(dia *turma)	Nº de alunos por turma	Índice=Turmas/(Salas*Turnos)
Média	25166	200	1037	13	3	29	125,8283	0,1125	9,0610	47,2128	3,9509	34,7544	0,8711
Mediana	20338	200	914	12	3	25	101,6900	0,1047	8,3586	40,0775	3,9941	35,2857	0,8889
Desvio Padrão	18635	0	454	5	0	10	93,1775	0,0324	3,8363	31,0879	1,4446	4,9779	0,1332
Menor valor	6878	200	421	8	2	16	34,3900	0,0716	3,8211	17,1950	2,1494	26,3125	0,5833
Maior valor	76280	200	2086	26	3	57	381,4000	0,1828	19,4037	127,1333	7,2764	43,1750	1,0417
Média – 1 Desvio	6531	200	583	8	3	19	32,6508	0,0801	5,2247	16,1249	2,5063	29,7765	0,7379
Média + 1 Desvio	43801	200	1491	18	3	39	219,0058	0,1449	12,8973	78,3007	5,3955	39,7323	1,0043

Escolas Estaduais				
	kWh/aluno	kWh/sala	kWh/turno	kWh/turma
Menor valor	14,3	764,2	3.439	429,9
Maior valor	37	3.881	25.427	1.455
Mediana	20,9	1.671,7	8.015,5	798,8
Média	22,5	1.812,2	9.442,6	790,2
Desvio Padrão	6,5	767,3	6.217,6	288,9
Média – 1 Desvio	16	1.044,9	3.225	501,3
Média + 1 Desvio	29	2.579,5	15.660,2	1.079,1
Média – 2 Desvios	9,5	277,6	-2.992,6	212,4
Média + 2 Desvios	35,5	3.346,8	21.877,8	1.368

## APÊNDICE 2.2 - Dados estatísticos da rede municipal

Escolas Municipais													
	Consumo (kWh)	Dias letivos	Alunos	Salas	Turnos	Turmas	kWh/dia letivo	kWh/(dia *aluno)	kWh/(dia *sala)	kWh/(dia *turno)	kWh/(dia *turma)	Nº de alunos por turma	Índice=Turmas/(Salas*Turnos)
Média	13770	200	287	8	2	13	68,8495	0,3504	8,8887	40,2102	6,4950	20,5296	0,8933
Mediana	12604	200	262	6	2	12	63,0175	0,2296	8,4567	42,3337	5,0365	20,3333	0,8958
Desvio Padrão	7686	0	214	4	1	9	38,4310	0,3105	4,4824	20,6634	4,5829	4,3007	0,1269
Menor valor	1789	200	44	3	1	2	8,9450	0,1300	2,9660	8,9450	2,6669	14,6667	0,6429
Maior valor	31253	200	662	15	3	36	156,2650	1,4142	21,2125	93,3650	21,2125	28,6818	1,2000
Média – 1 Desvio	6084	200	73	4	1	4	30,4185	0,0399	4,4063	19,5468	1,9121	16,2289	0,7664
Média + 1 Desvio	21456	200	501	12	3	22	107,2805	0,6609	13,3711	60,8736	11,0779	24,8303	1,0202

Escolas Municipais				
	kWh/aluno	kWh/sala	kWh/turno	kWh/turma
Menor valor	26,0	593,2	1.789,0	533,4
Maior valor	283	4243	18.673	4.243
Mediana	45,9	1.691,3	8.466,7	1.007,3
Média	70,1	1.777,7	8.042,0	1.299,0
Desvio Padrão	62,1	896,5	4.132,7	916,6
Média – 1 Desvio	8,0	881,2	3.909,3	382,4
Média + 1 Desvio	132,2	2.674,2	12.174,7	2.215,6
Média – 2 Desvios	-54,1	-15,3	-223,4	-534,2
Média + 2 Desvios	194,3	3570,7	16.307,4	3.132,2

### APÊNDICE 2.3 - Dados estatísticos da rede pública (municipal + estadual)

Escolas Públicas ( Municipais + Estaduais)													
	Consumo (kWh)	Dias letivos	Alunos	Salas	Turnos	Turmas	kWh/dia letivo	kWh/(dia *aluno)	kWh/(dia *sala)	kWh/(dia *turno)	kWh/(dia *turma)	Nº de alunos por turma	Índice=Turmas/ (Salas*Turnos)
Média	17745	200	549	10	2	19	88,7258	0,2674	8,9488	42,6530	5,6075	25,4917	0,8855
Mediana	16031	200	421	9	2	18	80,1550	0,1726	8,4400	42,3000	4,3840	23,6154	0,8889
Desvio Padrão	13562	0	479	5	1	12	67,8122	0,2747	4,2224	24,6585	3,9627	8,1980	0,1280
Menor valor	1789	200	44	3	1	2	8,9450	0,0716	2,9660	8,9450	2,1494	14,6667	0,5833
Maior valor	76280	200	2086	26	3	57	381,4000	1,4142	21,2125	127,1333	21,2125	43,1750	1,2000
Média – 1 Desvio	4183	200	70	5	1	7	20,9136	-0,0073	4,7264	17,9945	1,6448	17,2937	0,7575
Média + 1 Desvio	31307	200	1028	15	3	31	156,5380	0,5421	13,1712	67,3115	9,5702	33,6897	1,0135

Escolas Públicas (Municipais + Estaduais)				
	kWh/aluno	kWh/sala	kWh/turno	kWh/turma
Menor valor	14,3	593,2	1.789	429,9
Maior valor	283	4.243	25.427	4.243
Mediana	34,5	1.688	8.460	876,8
Média	53,5	1.789,8	8.530,6	1.121,5
Desvio Padrão	54,9	844,5	4.931,7	792,5
Média – 1 Desvio	-1,4	945,3	3.598,9	329
Média + 1 Desvio	108,4	2.634,3	13.462,3	1.914
Média – 2 Desvios	-56,3	100,8	-1.332,8	-463,5
Média + 2 Desvios	163,3	3.478,8	18.394	2.706,5

## APÊNDICE 3 – CORRELAÇÕES DA REDE

Escolas Municipais												
Correlações												
	x = kWh/(dia *aluno) y = kWh/(dia *sala)		x = kWh/(dia *aluno) y = kWh/(dia *turno)		x = kWh/(dia *aluno) y = kWh/(dia *turma)		x = kWh/(dia *sala) y = kWh/(dia *turno)		x = kWh/(dia *sala) y = kWh/(dia *turma)		x = kWh/(dia *turno) y = kWh/(dia *turma)	
r	1,0000	0,7692	1,0000	0,7308	1,0000	0,9850	1,0000	0,8794	1,0000	0,8245	1,0000	0,7820
	0,7692	1,0000	0,7308	1,0000	0,9850	1,0000	0,8794	1,0000	0,8245	1,0000	0,7820	1,0000
p	1,0000	0,0000	1,0000	0,0000	1,0000	0,0000	1,0000	0,0000	1,0000	0,0000	1,0000	0,0000
	0,0000	1,0000	0,0000	1,0000	0,0000	1,0000	0,0000	1,0000	0,0000	1,0000	0,0000	1,0000

Escolas Estaduais												
Correlações												
	x = kWh/(dia *aluno) y = kWh/(dia *sala)		x = kWh/(dia *aluno) y = kWh/(dia *turno)		x = kWh/(dia *aluno) y = kWh/(dia *turma)		x = kWh/(dia *sala) y = kWh/(dia *turno)		x = kWh/(dia *sala) y = kWh/(dia *turma)		x = kWh/(dia *turno) y = kWh/(dia *turma)	
r	1,0000	0,7703	1,0000	0,8971	1,0000	0,9258	1,0000	0,8038	1,0000	0,9180	1,0000	0,9065
	0,7703	1,0000	0,8971	1,0000	0,9258	1,0000	0,8038	1,0000	0,9180	1,0000	0,9065	1,0000
p	1,0000	0,0008	1,0000	0,0000	1,0000	0,0000	1,0000	0,0003	1,0000	0,0000	1,0000	0,0000
	0,0008	1,0000	0,0000	1,0000	0,0000	1,0000	0,0003	1,0000	0,0000	1,0000	0,0000	1,0000

Escolas Públicas ( Municipais + Estaduais)												
Correlações												
	x = kWh/(dia *aluno) y = kWh/(dia *sala)		x = kWh/(dia *aluno) y = kWh/(dia *turno)		x = kWh/(dia *aluno) y = kWh/(dia *turma)		x = kWh/(dia *sala) y = kWh/(dia *turno)		x = kWh/(dia *sala) y = kWh/(dia *turma)		x = kWh/(dia *turno) y = kWh/(dia *turma)	
r	1,0000	0,6125	1,0000	0,4322	1,0000	0,9701	1,0000	0,8125	1,0000	0,7460	1,0000	0,5837
	0,6125	1,0000	0,4322	1,0000	0,9701	1,0000	0,8125	1,0000	0,7460	1,0000	0,5837	1,0000
p	1,0000	0,0000	1,0000	0,0038	1,0000	0,0000	1,0000	0,0000	1,0000	0,0000	1,0000	0,0000
	0,0000	1,0000	0,0038	1,0000	0,0000	1,0000	0,0000	1,0000	0,0000	1,0000	0,0000	1,0000

Escolas Municipais																				
Correlações																				
	x = kWh/dia letivo y = alunos		x = kWh/dia letivo y = salas		x = kWh/dia letivo y = turnos		x = kWh/dia letivo y = turmas		x = kWh/dia letivo y = alunos por turma		x = kWh/dia letivo y = índice=turmas/ (salas*turnos)									
r	1,0000	0,6996	0,6996	1,0000	1,0000	0,6879	0,6879	1,0000	1,0000	0,7760	0,7760	1,0000	1,0000	0,2421	0,2421	1,0000	1,0000	0,0407	0,0407	1,0000
p	1,0000	0,0000	0,0000	1,0000	1,0000	0,0001	0,0001	1,0000	1,0000	0,0000	0,0000	1,0000	1,0000	0,2144	0,2144	1,0000	1,0000	0,8373	0,8373	1,0000

Escolas Estaduais																				
Correlações																				
	x = kWh/dia letivo y = alunos		x = kWh/dia letivo y = salas		x = kWh/letivo y = turnos		x = kWh/dia letivo y = turmas		x = kWh/dia letivo y = alunos por turma		x = kWh/dia letivo y = índice=turmas/ (salas*turnos)									
r	1,0000	0,9305	0,9305	1,0000	1,0000	0,2433	0,2433	1,0000	1,0000	0,9294	0,9294	1,0000	1,0000	0,5097	0,5097	1,0000	1,0000	-0,1573	-0,1573	1,0000
p	1,0000	0,0000	0,0000	1,0000	1,0000	0,3823	0,3823	1,0000	1,0000	0,0000	0,0000	1,0000	1,0000	0,0523	0,0523	1,0000	1,0000	0,5754	0,5754	1,0000

Escolas Públicas ( Municipais + Estaduais)																				
Correlações																				
	x = kWh/dia letivo y = alunos		x = kWh/(dia *aluno) y = salas		x = kWh/dia letivo y = turnos		x = kWh/dia letivo y = turmas		x = kWh/dia letivo y = alunos por turma		x = kWh/dia letivo y = índice=turmas/ (salas*turnos)									
r	1,0000	0,8246	0,8246	1,0000	1,0000	0,5411	0,5411	1,0000	1,0000	0,8294	0,8294	1,0000	1,0000	0,5271	0,5271	1,0000	1,0000	-0,0942	-0,0942	1,0000
p	1,0000	0,0000	0,0000	1,0000	1,0000	0,0002	0,0002	1,0000	1,0000	0,0000	0,0000	1,0000	1,0000	0,0003	0,0003	1,0000	1,0000	0,5481	0,5481	1,0000

# APÊNDICE 4 – QUESTIONÁRIO

## Questionário de pesquisa

Prezado(a) Professor(a),

Estamos realizando uma pesquisa sobre o uso energético em escolas da região de Itabira visando identificar os usos da energia e formas de melhorar o desempenho energético. Esta pesquisa faz parte de uma dissertação de mestrado. A análise cuidadosa das características quantitativas e qualitativas pode melhor definir o perfil de um ambiente. Sua contribuição é muito importante. Obrigada pela sua valiosa contribuição.

Anália Patrícia Almeida de Souza, mestranda do CPEI/CEFET-MG.

CPEI – Centro de Pesquisa em Energia Inteligente

CEFET-MG – Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais.

**Escola:** \_\_\_\_\_

**Ambiente analisado:** \_\_\_\_\_

Comprimento (m): \_\_\_\_\_ Largura (m): \_\_\_\_\_ Área (m<sup>2</sup>): \_\_\_\_\_

Altura pé-direito (m): \_\_\_\_\_ Altura plano de trabalho (carteira, mesa) (m): \_\_\_\_\_

Fineza, gentilmente, assinalar com um “X” a melhor opção:

### 1) Iluminação Artificial (lâmpadas)

1.1) Número de lâmpadas no ambiente: \_\_\_\_\_

1.2) Tipo de lâmpada \_\_\_\_\_ incandescente \_\_\_\_\_ fluorescente

1.3) A iluminação artificial é:

\_\_\_\_\_ excessiva \_\_\_\_\_ satisfatória \_\_\_\_\_ regular \_\_\_\_\_ insatisfatória

1.4) A localização de lâmpadas é:

\_\_\_\_\_ adequada \_\_\_\_\_ regular \_\_\_\_\_ ruim



## 2) Iluminação Natural (sol)

2.1) O ambiente, com as lâmpadas apagadas, permite atividades de leitura na região próxima à janela?  sim  não

2.2) A iluminação natural produz ofuscamento (raios solares atingem o ambiente interno refletindo nos olhos dos alunos)?  sim  não

Em caso afirmativo, o ofuscamento ocorre:

7 às 10h  10 às 13h  13 às 16h  16 às 19h

## 3) Integração luz natural e artificial (lâmpadas e sol)

3.1) Quando a luz natural supre as necessidades visuais, as lâmpadas são desligadas?

sim  não

3.2) As janelas possuem tamanho adequado à área da sala?  sim  não

3.3) O ambiente possui cortinas?  sim  não

3.4) As janelas possuem que orientação geográfica?

norte (bate sol durante todo o dia principalmente do inverno)

sul (nunca bate sol)

leste (bate sol pela manhã)

oeste (bate sol à tarde)

## 4) Conforto visual

4.1) A visibilidade para a execução de tarefas é:

adequada  regular  baixa

4.2) O quadro-de-giz está posicionado perpendicular à janela?

sim  não

4.3) O plano de trabalho (carteiras, mesas e computadores) está posicionado perpendicular às janelas?  sim  não

4.4) A cor das paredes e teto é:

branca  clara  média  escura

4.5) A cor do piso é:

branca  clara  média  escura

### 5) Conforto térmico

5.1) A sensação de calor ao longo do ano (exceto no inverno) no ambiente é:

muito quente       quente       agradável

5.2) A sensação de ventilação no ambiente é:

muito abafado       abafado       agradável

### 6) Aberturas (janelas e portas)

6.1) O número de aberturas é:

excessivo       adequado       regular       baixo

6.2) A localização das aberturas é:

adequada       regular       ruim

6.3) O corredor que dá acesso às salas é aberto para ambientes externos?

sim       não

### 7) Ventilação Natural (vento)

7.1) A ventilação natural dentro da sala, com as portas e janelas abertas é:

excessiva       satisfatória       regular       insatisfatória

### 8) Ventilação mecânica (ar condicionado, ventilador)

8.1) Há ventilação mecânica?

sim       não

8.2) A ventilação mecânica é:

excessiva       satisfatória       regular       insatisfatória

8.3) O número de ventiladores ou ar condicionados é:

excessivo       adequado       regular       baixo

8.4) A localização de ventilador ou ar condicionado é:

adequada       regular       ruim

8.5) A ventilação mecânica provoca ruído?       sim       não

8.6) Quando a ventilação natural é satisfatória, o ventilador e ar condicionado são desligados?

sim       não

**9) Visão para o exterior (pode-se ver o exterior através das janelas)**

9.1) Há visão para o exterior?  sim  não

9.2) A visão para o exterior contribui para o seu trabalho de forma:

a)  aumenta a produtividade  não afeta a produtividade

b)  aumenta o prazer em fazer o trabalho  não afeta o prazer em fazer o trabalho

c)  melhora o humor  não afeta o humor

**10) Entorno**

10.1) Ao redor do ambiente existem árvores e flores?  sim  não

10.2) As árvores ao redor da escola:

a)  tornam o ambiente mais agradável termicamente

não afetam a sensação de calor

b)  diminuem o ofuscamento (impede a entrada de sol no ambiente)

não afetam o ofuscamento

c)  prejudicam o aproveitamento da iluminação natural (escurece a sala – arborização excessiva)

não afetam o aproveitamento da iluminação natural

d)  contribuem positivamente no humor, produtividade e prazer em fazer o trabalho

não afetam o humor, produtividade e prazer em fazer a tarefa.

**11) Setorização** (divisão e localização de interruptores para ligar-desligar lâmpadas, ventiladores, ar condicionado).

11.1) Existem interruptores para ligar-desligar lâmpadas, ventiladores e aparelhos de ar condicionado de forma setorizada no ambiente?  sim  não

11.2) A localização de interruptores para ligar-desligar lâmpadas, ventiladores e aparelhos de ar condicionado é:  adequada  regular  ruim

**12) Sistemas de controle** (sensores de presença que desligam automaticamente as lâmpadas quando o ambiente está desocupado)

12.1) Você acredita que a instalação de sistemas de controles pode ajudar no uso racional e eficiente de energia, economizando energia elétrica?  sim  não

12.2) Se estes sistemas de controle fossem instalados poderia haver atos de vandalismo?

sim       não

12.3) O que poderia ser feito para evitar atos de vandalismo?

educação dos usuários       punição dos vândalos       pagar pelos prejuízos







# APÊNDICE 6 – PLANILHAS DE RATEIO DE ESCOLAS

## APÊNDICE 6.1 - Planilha – Iluminação outros

Levantamento de cargas e Regime de Funcionamento – Lâmpadas – Iluminação outros						
Escola Estadual Fazenda da Betânia						
Componentes / Especificações		Potência Instalada		Horas por mês	Consumo (kWh/mês)	Potência instalada (kW)
Nome	Quant.	cv / W	kW			
Sala de professores	16	40	0,04	176	112,64	0,64
Secretaria/Supervisão (Pedagoga)	4	40	0,04	176	28,16	0,16
Diretoria	4	40	0,04	176	28,16	0,16
Biblioteca/Vídeo	24	20	0,02	176	84,48	0,48
Laboratório	24	20	0,02	88	42,24	0,48
Refeitório	8	40	0,04	88	28,16	0,32
Salão/Auditório	12	40	0,04	88	42,24	0,48
Banheiro (fluorescente compacta)	1	28	0,028	132	3,70	0,03
Banheiro (fluorescente)	20	40	0,04	132	105,60	0,80
Cantina e Despensa Cantina (incandescente)	1	60	0,06	132	7,92	0,06
Cantina e Despensa Cantina (fluorescente)	4	20	0,02	132	10,56	0,08
Secretaria/Arquivo (Antigo Pré-escolar)	12	40	0,04	44	21,12	0,48
Corredor (fluorescente compacta)	6	28	0,028	44	7,39	0,17
Corredor (fluorescente)	26	40	0,04	44	45,76	1,04
Estacionamento/Pátio	3	500	0,5	44	66,00	1,50
<b>Total</b>					634,13	6,88

Mês férias

1	112,64
1	28,16
1	28,16
1	84,48
	-
	-
	-
1	3,70
	-
	-
	-
1	7,39
	-
	-
	264,53
	0,41715237



<b>Levantamento de cargas e Regime de Funcionamento – Lâmpadas – Iluminação outros</b>							
<b>Escola Estadual Dona Eleonora Nunes Pereira</b>							
Componentes / Especificações		Potência Instalada		Horas por mês	Consumo (kWh/mês)	Potência instalada (kW)	Mês férias
Nome	Quant.	cv / W	kW				
Sala de professores	6	40	0,04	176	42,24	0,24	1 42,24
Secretaria	10	40	0,04	176	70,40	0,40	1 70,40
Diretoria	4	40	0,04	176	28,16	0,16	1 28,16
Biblioteca	16	40	0,04	176	112,64	0,64	1 112,64
Sala de vídeo	8	40	0,04	88	28,16	0,32	-
Refeitório	16	40	0,04	88	56,32	0,64	-
Auditório	16	40	0,04	22	14,08	0,64	-
Banheiro (incandescente)	5	60	0,06	132	39,60	0,30	-
Banheiro (fluorescente)	18	40	0,04	132	95,04	0,72	-
Cantina e Despensa Cantina (incandescente)	1	60	0,06	132	7,92	0,06	-
Cantina e Despensa Cantina (fluorescente)	4	40	0,04	132	21,12	0,16	-
Sala Pedagoga	2	40	0,04	88	7,04	0,08	1 7,04
Corredor (incandescente)	15	60	0,06	44	39,60	0,90	-
Corredor (fluorescente)	42	40	0,04	44	73,92	1,68	1 73,92
Depósito (incandescente)	3	60	0,06	22	3,96	0,18	-
Depósito (fluorescente)	2	40	0,04	22	1,76	0,08	-
Recepção	2	40	0,04	44	3,52	0,08	-
Xerox	2	40	0,04	44	3,52	0,08	-
<b>Total</b>					649,00	7,36	334,40 0,52





<b>Levantamento de cargas e Regime de Funcionamento – Lâmpadas – Iluminação outros</b>								
<b>Escola Municipal Dona Inês Torres</b>								
Componentes / Especificações		Potência Instalada		Horas por mês	Consumo (kWh/mês)	Potência instalada (kW)	Mês férias	
Nome	Quant.	cv / W	kW					
Sala de professores	2	40	0,04	176	14,08	0,08	1	14,08
Secretaria	4	40	0,04	176	28,16	0,16	1	28,16
Diretoria	4	40	0,04	176	28,16	0,16	1	28,16
Biblioteca/sala de vídeo	16	40	0,04	176	112,64	0,64	1	112,64
Corredor	50	40	0,04	44	88,00	2,00	1	88,00
Refeitório/Pátio	18	40	0,04	88	63,36	0,72		-
Varanda de acesso	4	40	0,04	88	14,08	0,16		-
Banheiro (incandescente)	3	60	0,06	132	23,76	0,18		147,84
Banheiro (fluorescente)	28	40	0,04	132	147,84	1,12	1	-
Cantina	6	40	0,04	132	31,68	0,24		-
Despensa cantina	2	40	0,04	44	3,52	0,08		-
Sala Pedagoga	4	40	0,04	88	14,08	0,16		-
Externo e Terraço (refletores)	8	500	0,5	44	176,00	4,00		33,00
Externo e Terraço (refletores)	3	250	0,25	44	33,00	0,75	1	5,28
Externo (próximo ao P.A. Dengue)	2	60	0,06	44	5,28	0,12	1	3,52
Ponto de Apoio da Dengue	2	40	0,04	44	3,52	0,08	1	10,56
Banheiro do P.A. da Dengue	2	60	0,06	88	10,56	0,12	1	-
Sala de aula de reforço para alunos	16	40,0	0,04	154	98,56	0,64		-
<b>Total</b>					896,28	11,41		457,16
								0,51

Onde P. A. Dengue é o Posto de Atendimento da Dengue.

<b>Levantamento de cargas e Regime de Funcionamento – Lâmpadas – Iluminação outros</b>								
<b>Escola Municipal Filomena Jardim</b>								
Componentes / Especificações		Potência Instalada		Horas por mês	Consumo (kWh/mês)	Potência instalada (kW)	Mês férias	
Nome	Quant.	cv / W	kW					
Sala de professores	10	40	0,04	176	70,40	0,40	1	70,40
Secretaria	2	40	0,04	176	14,08	0,08	1	14,08
Diretoria	2	40	0,04	176	14,08	0,08	1	14,08
Biblioteca/sala de vídeo	16	40	0,04	176	112,64	0,64	1	112,64
Corredor	25	40	0,04	44	44,00	1,00	1	44,00
Refeitório (incandescente)	2	60	0,06	88	10,56	0,12		-
Refeitório (fluorescente)	2	40	0,04	88	7,04	0,08		-
Banheiro (incandescente)	2	60	0,06	132	15,84	0,12		-
Banheiro (fluorescente)	8	40	0,04	132	42,24	0,32	1	42,24
Despensa cantina	2	40	0,04	44	3,52	0,08		-
Área de lavar vasilhas	2	40	0,04	44	3,52	0,08		-
Cantina	4	40	0,04	132	21,12	0,16		-
Sala de pedagoga	2	40	0,04	88	7,04	0,08	1	7,04
Pátio	12	40	0,04	44	21,12	0,48		-
<b>Total</b>					<b>387,20</b>	<b>3,72</b>		<b>304,48</b>
								<b>0,7863636</b>

## APÊNDICE 6.2 - Planilha – Iluminação salas de aula

Levantamento de cargas e Regime de Funcionamento – Lâmpadas – Iluminação salas de aula						
Escola Estadual Fazenda da Betânia						
Componentes / Especificações		Potência Instalada		Horas por mês	Consumo (kWh/mês)	Potência instalada (kW)
Nome	Quant.	W	kW			
Salas de aula	176	40	0,04	234,667	1.652,05	7,04
<b>Total</b>					1.652,05	7,04

Levantamento de cargas e Regime de Funcionamento – Lâmpadas – Iluminação salas de aula						
Escola Estadual Dona Eleonora Nunes Pereira						
Componentes / Especificações		Potência Instalada		Horas por mês	Consumo (kWh/mês)	Potência instalada (kW)
Nome	Quant.	W	kW			
Salas de aula	172	40	0,04	176	1.210,88	6,88
<b>Total</b>					1.210,88	6,88

Levantamento de cargas e Regime de Funcionamento – Lâmpadas – Iluminação salas de aula						
Escola Estadual Professor Emílio Pereira de Magalhães						
Componentes / Especificações		Potência Instalada		Horas por mês	Consumo (kWh/mês)	Potência instalada (kW)
Nome	Quant.	W	kW			
Salas de aula	232	40	0,04	115,789	1.074,53	9,28
<b>Total</b>					1.074,53	9,28

<b>Levantamento de cargas e Regime de Funcionamento – Lâmpadas – Iluminação salas de aula</b>						
<b>Escola Municipal Água Fresca</b>						
Componentes / Especificações		Potência Instalada		Horas por mês	Consumo (kWh/mês)	Potência instalada (kW)
Nome	Quant.	W	kW			
Salas de aula	60	40	0,04	176	422,40	2,40
<b>Total</b>					422,40	2,40

<b>Levantamento de cargas e Regime de Funcionamento – Lâmpadas – Iluminação salas de aula</b>						
<b>Escola Municipal Dona Inês Torres</b>						
Componentes / Especificações		Potência Instalada		Horas por mês	Consumo (kWh/mês)	Potência instalada (kW)
Nome	Quant.	W	kW			
Salas de aula	144	40	0,04	154	887,04	5,76
<b>Total</b>					887,04	5,76

<b>Levantamento de cargas e Regime de Funcionamento – Lâmpadas – Iluminação salas de aula</b>						
<b>Escola Municipal Filomena Jardim</b>						
Componentes / Especificações		Potência Instalada		Horas por mês	Consumo (kWh/mês)	Potência instalada (kW)
Nome	Quant.	W	kW			
Salas de aula	92	40	0,04	163,429	601,42	3,68
<b>Total</b>					601,42	3,68

### APÊNDICE 6.3 - Planilha – Equipamentos

Levantamento de cargas e Regime de Funcionamento - Equipamentos						
Escola Estadual Fazenda da Betânia						
Componentes / Especificações		Potência Instalada		Horas por mês	Consumo (kWh/mês)	Potência instalada (kW)
Nome	Quant.	(cv / W)	(kW)			
Máquina de escrever	1	100	0,1	44	4,40	0,10
Fax	1	100	0,1	2,2	0,22	0,10
Micro	2	180	0,18	132	47,52	0,36
TV	2	67	0,067	22	2,95	0,13
Vídeo	2	23	0,023	22	1,0120	0,05
Retroprojektor	2	300	0,3	44	26,40	0,60
Ventilador	2	180	0,18	88	31,68	0,36
<b>Total</b>					114,18	1,70



Levantamento de cargas e Regime de Funcionamento - Equipamentos						
Escola Estadual Dona Eleonora Nunes Pereira						
Componentes / Especificações		Potência Instalada		Horas por mês	Consumo (kWh/mês)	Potência instalada (kW)
Nome	Quant.	(cv / W)	(kW)			
Micro	4	180	0,18	132	95,04	0,72
TV	2	95	0,095	22	4,18	0,19
TV 29 "	1	125	0,125	22	2,75	0,13
Vídeo	2	25	0,025	22	1,10	0,05
DVD	1	15	0,015	22	0,33	0,02
TV + Vídeo (filmagem)	1	120	0,12	88	10,56	0,12
Som (portátil)	2	22	0,022	22	0,97	0,04
Som (3 em 1)	1	170	0,17	22	3,74	0,17
Caixas amplificadas	1	90	0,09	22	1,98	0,09
Bebedouro	2	100	0,1	220	44,00	0,20
Chuveiro	1	4800	4,8	14,74	70,75	4,80
Xerox	1	180	0,18	120	21,60	0,18
Aquecedor de folhas para xerox	1	120	0,12	200	24,00	0,12
Fax	1	100	0,1	2,2	0,22	0,10
Retroprojektor	1	300	0,3	44	13,20	0,30
Ventilador de teto	12	120	0,12	88	126,72	1,44
Ventilador	3	60	0,06	88	15,84	0,18
<b>Total</b>					436,98	8,84

Levantamento de cargas e Regime de Funcionamento - Equipamentos						
Escola Estadual Professor Emílio Pereira de Magalhães						
Componentes / Especificações		Potência Instalada		Horas por mês	Consumo (kWh/mês)	Potência instalada (kW)
Nome	Quant.	(cv / W)	(kW)			
Xerox	1	100	0,1	240	24,00	0,10
Fax	1	100	0,1	2,2	0,22	0,10
Micro	6	180	0,18	132	142,56	1,08
TV	1	80	0,08	22	1,76	0,08
Vídeo	1	23	0,023	22	0,51	0,02
DVD	1	15	0,015	22	0,33	0,02
Som (portátil)	1	41,6	0,0416	22	0,92	0,04
Som (3 em 1)	1	170	0,17	22	3,74	0,17
Bebedouro	2	100	0,1	220	44,00	0,20
Retroprojektor	2	300	0,3	44	26,40	0,60
<b>Total</b>					244,43	2,41

Levantamento de cargas e Regime de Funcionamento - Equipamentos						
Escola Municipal Água Fresca						
Componentes / Especificações		Potência Instalada		Horas por mês	Consumo (kWh/mês)	Potência instalada (kW)
Nome	Quant.	(cv / W)	(kW)			
TV	2	95	0,095	11	2,09	0,19
Vídeo	1	23	0,023	11	0,25	0,02
Som (portátil)	2	22	0,022	11	0,48	0,04
Som (3 em 1)	1	80	0,08	11	0,88	0,08
Bebedouro	2	100	0,1	220	44,00	0,20
Micro	3	180	0,18	44	23,76	0,54
<b>Total</b>					71,47	1,08

<b>Levantamento de cargas e Regime de Funcionamento - Equipamentos</b>						
<b>Escola Municipal Dona Inês Torres</b>						
Componentes / Especificações		Potência Instalada		Horas por mês	Consumo (kWh/mês)	Potência instalada (kW)
Nome	Quant.	(cv / W)	(kW)			
Micro	2	180	0,18	132	47,52	0,36
TV	2	95	0,095	22	4,18	0,19
Video	2	23	0,023	22	1,01	0,05
Som (portátil)	3	22	0,022	22	1,45	0,07
Som (3 em 1)	1	170	0,17	22	3,74	0,17
Caixas amplificadas	3	90	0,09	22	5,94	0,27
Bebedouro	2	100	0,1	220	44,00	0,20
Chuveiro	2	4800	4,8	14,74	141,50	9,60
<b>Total</b>					249,35	10,90

<b>Levantamento de cargas e Regime de Funcionamento - Equipamentos</b>						
<b>Escola Municipal Filomena Jardim</b>						
Componentes / Especificações		Potência Instalada		Horas por mês	Consumo (kWh/mês)	Potência instalada (kW)
Nome	Quant.	(cv / W)	(kW)			
Micro	3	180	0,18	132	71,28	0,54
TV	1	90	0,09	22	1,98	0,09
Vídeo	1	23	0,023	22	0,51	0,02
Som (portátil)	2	22	0,022	22	0,97	0,04
Som (3 em 1)	1	100	0,1	22	2,20	0,10
Bebedouro	3	100	0,1	220	66,00	0,30
Ventiladores	9	120	0,12	88	95,04	1,08
<b>Total</b>					237,97	2,18

### APÊNDICE 6.4 - Planilha – Cantina

Levantamento de cargas e Regime de Funcionamento - Cantina						
Escola Estadual Fazenda da Betânia						
Componentes / Especificações		Potência Instalada		Horas por mês	Consumo (kWh/mês)	Potência instalada (kW)
Nome	Quant.	(cv / W)	(kW)			
Liquidificador	1	537	0,537	44	23,63	0,54
Forno elétrico	1	1750	1,75	22	38,50	1,75
Freezer	1	130	0,13	300	39,00	0,13
Geladeira	1	108	0,108	300	32,40	0,11
Bebedouro	1	100	0,1	220	22,00	0,10
<b>Total</b>					155,53	2,63

Levantamento de cargas e Regime de Funcionamento - Cantina						
Escola Estadual Dona Eleonora Nunes Pereira						
Componentes / Especificações		Potência Instalada		Horas por mês	Consumo (kWh/mês)	Potência instalada (kW)
Nome	Quant.	(cv / W)	(kW)			
Liquidificador industrial	1	537	0,537	44	23,63	0,54
Geladeira	2	98	0,098	300	58,80	0,20
Freezer	1	130	0,13	300	39,00	0,13
<b>Total</b>					121,43	0,86

Levantamento de cargas e Regime de Funcionamento - Cantina						
Escola Estadual Professor Emílio Pereira de Magalhães						
Componentes / Especificações		Potência Instalada		Horas por mês	Consumo (kWh/mês)	Potência instalada (kW)
Nome	Quant.	(cv / W)	(kW)			
Liquidificador	1	370	0,37	44	16,28	0,37
Geladeira	1	165	0,165	300	49,50	0,17
Geladeira	1	108	0,108	300	32,40	0,11
Freezer	1	130	0,13	300	39,00	0,13
<b>Total</b>					137,18	0,77

Levantamento de cargas e Regime de Funcionamento - Cantina						
Escola Municipal Água Fresca						
Componentes / Especificações		Potência Instalada		Horas por mês	Consumo (kWh/mês)	Potência instalada (kW)
Nome	Quant.	(cv / W)	(kW)			
Liquidificador	1	400	0,4	22	8,80	0,40
Forno elétrico	1	2400	2,4	11	26,40	2,40
Freezer	1	130	0,13	300	39,00	0,13
Geladeira	2	90	0,09	300	54,00	0,18
<b>Total</b>					128,20	3,11

<b>Levantamento de cargas e Regime de Funcionamento - Cantina</b>						
<b>Escola Municipal Dona Inês Torres</b>						
Componentes / Especificações		Potência Instalada		Horas por mês	Consumo (kWh/mês)	Potência instalada (kW)
Nome	Quant.	(cv / W)	(kW)			
Liquidificador industrial	2	537	0,537	44	47,26	1,07
Forno elétrico	1	2400	2,4	22	52,80	2,40
Freezer	1	130	0,13	300	39,00	0,13
Geladeira	1	106	0,106	300	31,80	0,11
Batedeira comum	1	280	0,28	22	6,16	0,28
Batedeira industrial	1	368	0,368	22	8,10	0,37
<b>Total</b>					185,11	4,36

<b>Levantamento de cargas e Regime de Funcionamento - Cantina</b>						
<b>Escola Municipal Filomena Jardim</b>						
Componentes / Especificações		Potência Instalada		Horas por mês	Consumo (kWh/mês)	Potência instalada (kW)
Nome	Quant.	(cv / W)	(kW)			
Liquidificador (industrial)	1	537	0,537	10	5,37	0,54
Liquidificador (comum)	1	400	0,4	20	8,00	0,40
Freezer	1	130	0,13	300	39,00	0,13
Geladeira	1	118	0,118	300	35,40	0,12
<b>Total</b>					87,77	1,19

## APÊNDICE 6.5 - Planilha – Outros cálculos

### Escola Estadual Fazenda da Betânia

Cálculo rateio das densidades de potência	
PL outros	6,88
PL salas	7,04
PL total	13,92
Número de alunos	914
Número de salas	9
Número de turmas	24
Número de turnos	3
Área construída iluminada (m <sup>2</sup> )	933,11
PL sala/sala	0,78
PL sala/aluno	0,0077
PL total/aluno	0,0152
Potência instalada total	18,24
Potência total por aluno	0,0200
Potência total por sala	2,0268
Potência total por área	0,0195

### Escola Estadual Dona Eleonora Nunes Pereira

Cálculo rateio das densidades de potência	
PL outros	7,36
PL salas	6,88
PL total	14,24
Número de alunos	950
Número de salas	14
Número de turmas	28
Número de turnos	2
Área construída iluminada (m <sup>2</sup> )	1.577,95
PL sala/sala	0,49
PL sala/aluno	0,0072
PL total/aluno	0,0150
Potência instalada total	23,95
Potência total por aluno	0,0252
Potência total por sala	1,7105
Potência total por área	0,0152

**Escola Estadual Professor Emílio Pereira de Magalhães**

Cálculo rateio das densidades de potência	
PL outros	12,36
PL salas	9,28
PL total	21,64
Número de alunos	923
Número de salas	10
Número de turmas	25
Número de turnos	3
Área construída iluminada (m <sup>2</sup> )	2.038,69
PL sala/sala	0,93
PL sala/aluno	0,0101
PL total/aluno	0,0234
Potência instalada total	24,82
Potência total por aluno	0,0269
Potência total por sala	2,4823
Potência total por área	0,0122

**Escola Municipal Água Fresca**

Cálculo rateio das densidades de potência	
PL outros	4,02
PL salas	2,40
PL total	6,42
Número de alunos	279
Número de salas	5
Número de turmas	10
Número de turnos	2
Área construída iluminada (m <sup>2</sup> )	550,30
PL sala/sala	0,48
PL sala/aluno	0,0086
PL total/aluno	0,0230
Potência instalada total	10,60
Potência total por aluno	0,0380
Potência total por sala	2,1206
Potência total por área	0,0193



**Escola Municipal Dona Inês Torres**

Cálculo rateio das densidades de potência	
PL outros	11,41
PL salas	5,76
PL total	17,17
Número de alunos	295
Número de salas	8
Número de turmas	14
Número de turnos	2
Área construída iluminada (m <sup>2</sup> )	745,94
PL sala/sala	0,72
PL sala/aluno	0,0195
PL total/aluno	0,0582
Potência instalada total	32,43
Potência total por aluno	0,1099
Potência total por sala	4,0538
Potência total por área	0,0435

**Escola Municipal Filomena Jardim**

Cálculo rateio das densidades de potência	
PL outros	3,72
PL salas	3,68
PL total	7,40
Número de alunos	307
Número de salas	8
Número de turmas	13
Número de turnos	2
Área construída iluminada (m <sup>2</sup> )	672,10
PL sala/sala	0,46
PL sala/aluno	0,0120
PL total/aluno	0,0241
Potência instalada total	10,76
Potência total por aluno	0,0351
Potência total por sala	1,3453
Potência total por área	0,0160
PL é a potência de lâmpadas	

### APÊNDICE 6.6 - Planilha – Rateio

APROPRIAÇÃO DE DEMANDA E CONSUMO POR USO FINAL					
Escola Estadual Fazenda da Betânia		Data: 07/2005			
Uso Final	Potência Instalada (kW)	Consumo estimado (kWh/mês)	Consumo Real		
			(kWh/mês)	(%)	
Iluminação outros	6,88	634,13	320,54	25%	
Iluminação salas	7,04	1.652,05	835,09	65%	
Equipamentos	1,70	114,18	57,72	4%	
Cantina	2,62	155,53	78,62	6%	
<b>Total</b>	<b>18,24</b>	<b>2.555,89</b>	<b>1.291,97</b>	<b>100%</b>	

Fator de rateio de consumo

0,5055

Este fator retrata a condição de carga

$$\text{Fator de carga} = \text{consumo real}/\text{consumo estimado} = (13.359/10,34)/2.555,89 = 1.291,97/2.555,89 = 0,5055$$

APROPRIAÇÃO DE DEMANDA E CONSUMO POR USO FINAL					
Escola Estadual Dona Eleonora Nunes Pereira		Data: 07/2005			
Uso Final	Potência Instalada (kW)	Consumo estimado (kWh/mês)	Consumo Real		
			(kWh/mês)	(%)	
Iluminação outros	7,36	649,00	638,82	27%	
Iluminação salas	6,88	1.210,88	1.191,88	50%	
Equipamentos	8,84	436,98	430,13	18%	
Cantina	0,86	121,43	119,52	5%	
<b>Total</b>	<b>23,95</b>	<b>2.418,29</b>	<b>2.380,35</b>	<b>100%</b>	

Fator de rateio de consumo

0,9843

Este fator retrata a condição de carga

$$\text{Fator de carga} = \text{consumo real}/\text{consumo estimado} = (24.470/10,28)/2.418,29 = 2.380,35/2.418,29 = 0,9843$$

APROPRIAÇÃO DE DEMANDA E CONSUMO POR USO FINAL				
Escola Estadual Professor Emilio Pereira de Magalhães		Data: 07/2005		
Uso Final	Potência Instalada (kW)	Consumo estimado (kWh/mês)	Consumo Real	
			(kWh/mês)	(%)
Iluminação outros	12,36	971,52	781,10	40%
Iluminação salas	9,28	1.074,53	863,91	44%
Equipamentos	2,41	244,43	196,52	10%
Cantina	0,77	137,18	110,29	6%
Total	24,82	2.427,66	1951,82	100%

Fator de rateio de consumo

0,8040

Este fator retrata a condição de carga

$$\text{Fator de carga} = \text{consumo real/consumo estimado} = (20.338/10,42)/2.427,66 = 1.951,82/2.427,66 = 0,8040$$

APROPRIAÇÃO DE DEMANDA E CONSUMO POR USO FINAL				
Escola Municipal Água Fresca		Data: 07/2005		
Uso Final	Potência Instalada (kW)	Consumo estimado (kWh/mês)	Consumo Real	
			(kWh/mês)	(%)
Iluminação outros	4,02	134,64	171,47	18%
Iluminação salas	2,40	422,40	537,95	56%
Equipamentos	1,08	71,47	91,02	9%
Cantina	3,11	128,20	163,27	17%
Total	10,60	756,71	963,71	100%

Fator de rateio de consumo

1,2736

Este fator retrata a condição de carga

$$\text{Rateio} = \text{consumo real/consumo estimado} = (9.878/10,25)/756,71 = 963,71/756,71 = 1,2736$$

APROPRIAÇÃO DE DEMANDA E CONSUMO POR USO FINAL				
Escola Municipal Dona Inês Torres		Data: 07/2005		
Uso Final	Potência Instalada (kW)	Consumo estimado (kWh/mês)	Consumo Real	
			(kWh/mês)	(%)
Iluminação outros	11,41	896,28	798,36	40,4%
Iluminação salas	5,76	887,04	790,13	40,0%
Equipamentos	10,90	249,35	222,10	11,2%
Cantina	4,36	185,11	164,89	8,4%
<b>Total</b>	<b>32,43</b>	<b>2.217,78</b>	<b>1.975,48</b>	<b>100,0%</b>

Fator de rateio de consumo

0,8907

Este fator retrata a condição de carga

$$\text{Fator de rateio} = \text{consumo real} / \text{consumo estimado} = (20.624/10,44) / 2.217,78 = 1.975,48 / 2.217,78 = 0,8907$$

APROPRIAÇÃO DE DEMANDA E CONSUMO POR USO FINAL				
Escola Municipal Filomena Jardim		Data: 07/2005		
Uso Final	Potência Instalada (kW)	Consumo estimado (kWh/mês)	Consumo Real	
			(kWh/mês)	(%)
Iluminação outros	3,72	387,20	449,94	29%
Iluminação salas	3,68	601,42	698,86	46%
Equipamentos	2,18	237,97	276,53	18%
Cantina	1,19	87,77	101,99	7%
<b>Total</b>	<b>10,76</b>	<b>1.314,36</b>	<b>1.527,33</b>	<b>100%</b>

Fator de rateio de consumo

1,1620

Este fator retrata a condição de carga

$$\text{Fator de rateio} = \text{consumo real} / \text{consumo estimado} = (15.930/10,43) / 1.314,36 = 1.527,33 / 1.314,36 = 1,1620$$

## APÊNDICE 7- PLANILHAS DE RATEIO DE 6 ESCOLAS

Escola	Alunos	Salas	Turmas	Turnos	Área (m <sup>2</sup> )	Consumo real médio mensal (kWh/mês)
E1 E.E. Dona Eleonora Nunes Pereira	950	14	28	2	1.577,95	2.380,35
E2 E.E. Professor Emílio Pereira de Magalhães	923	10	25	3	2.038,69	1.951,82
E3 E.E. da Fazenda da Betânia	914	9	24	3	933,11	1.291,97
M1 E.M. Dona Inês Torres	295	8	14	2	745,94	1.975,48
M2 E.M. Água Fresca	279	5	10	2	550,30	963,71
M3 E.M. Filomena Jardim	307	8	13	2	672,10	1.527,33

Escola	Iluminação outros		Iluminação salas		Equipamentos		Cantina		Consumo estimado total (kWh/mês)	Potência instalada total (kW)
	Consumo (kWh/mês)	Potência instalada (kW)	Consumo (kWh/mês)	Potência instalada (kW)	Consumo (kWh/mês)	Potência instalada (kW)	Consumo (kWh/mês)	Potência instalada (kW)		
E1 E.E. Dona Eleonora Nunes Pereira	649,00	7,36	1.210,88	6,88	436,98	8,84	121,43	0,86	2.418,29	23,95
E2 E.E. Professor Emílio Pereira de Magalhães	971,52	12,36	1.074,53	9,28	244,43	2,41	137,18	0,77	2.427,66	24,82
E3 E.E. da Fazenda da Betânia	634,13	6,88	1.652,05	7,04	114,18	1,70	155,53	2,62	2.555,89	18,24
M1 E.M. Dona Inês Torres	896,28	11,41	887,04	5,76	249,35	10,90	185,11	4,36	2.217,78	32,43
M2 E.M. Água Fresca	134,64	4,02	422,40	2,40	71,47	1,08	128,20	3,11	756,71	10,60
M3 E.M. Filomena Jardim	387,20	3,72	601,42	3,68	237,97	2,18	87,77	1,19	1.314,36	10,76

Escola	PL outros (kW)	PL salas (kW)	PL total (kW)	PL sala/sala (kW)	PL sala/aluno (kW)	PL total/aluno (kW)	Potência instalada/aluno (kW)	Potência instalada/sala (kW)	Potência instalada/área (kW)
E1 E.E. Dona Eleonora Nunes Pereira	7,36	6,88	14,24	0,49	0,0072	0,0150	0,0252	1,7105	0,0152
E2 E.E. Professor Emílio Pereira de Magalhães	12,36	9,28	21,64	0,93	0,0101	0,0234	0,0269	2,4823	0,0122
E3 E.E. da Fazenda da Betânia	6,88	7,04	13,92	0,78	0,0077	0,0152	0,0200	2,0268	0,0195
M1 E.M. Dona Inês Torres	11,41	5,76	17,17	0,72	0,0195	0,0582	0,1099	4,0538	0,0435
M2 E.M. Água Fresca	4,02	2,40	6,42	0,48	0,0086	0,0230	0,0380	2,1206	0,0193
M3 E.M. Filomena Jardim	3,72	3,68	7,40	0,46	0,0120	0,0241	0,0351	1,3453	0,0160

Escola	Iluminação outros (consumo real)		Iluminação salas (consumo real)		Equipamentos (consumo real)		Cantina (consumo real)	
	kWh/mês	%	kWh/mês	%	kWh/mês	%	kWh/mês	%
E1 E.E. Dona Eleonora Nunes Pereira	638,82	27	1.191,88	50	430,13	18	119,52	5
E2 E.E. Professor Emílio Pereira de Magalhães	781,10	40	863,91	44	196,52	10	110,29	6
E3 E.E. da Fazenda da Betânia	320,54	25	835,09	65	57,72	4	78,62	6
M1 E.M. Dona Inês Torres	798,36	40,4	790,13	40,0	222,10	11,2	164,89	8,4
M2 E.M. Água Fresca	171,47	18	537,95	56	91,02	9	163,27	17
M3 E.M. Filomena Jardim	449,94	29	698,86	46	276,53	18	101,99	7

Escola	Cons.real médio mensal (kWh/mês)	Pot. inst.total (kW)	Alunos	Salas	Turmas	Turnos	Área (m <sup>2</sup> )	Quesitos							
								Fator de uso	kWh/(m <sup>2</sup> *alunos)	kWh/area	kWh/turma	kWh/aluno	kWh/sala	kWh/turno	
1. E.E.F.B.	1.291,97	18,24	914	9	24	3	933,11	0,0970	0,151	1,38	53,83	1,41	143,55	430,66	1
2. E.E.D.E.N.P.	2.380,35	23,95	950	14	28	2	1.577,95	0,1361	0,159	1,51	85,01	2,51	170,03	1190,18	2
3. E.E.P.E.P.M.	1.951,82	24,82	923	10	25	3	2.038,69	0,1077	0,104	0,96	78,07	2,11	195,18	650,61	3
4. E.M.A.F.	963,71	10,60	279	5	10	2	550,30	0,1245	0,628	1,75	96,37	3,45	192,74	481,85	4
5. E.M.D.I.T.	1.975,48	32,43	295	8	14	2	745,94	0,0834	0,898	2,65	141,11	6,70	246,93	987,74	5
6. E.M.F.J.	1.527,33	10,76	307	8	13	2	672,10	0,1944	0,740	2,27	117,49	4,98	190,92	763,66	6
							pior	6	5	5	5	5	5	2	
							ranking	2	6	6	6	6	3	5	
								4	4	4	4	4	4	6	
								3	2	2	2	2	6	3	
								1	1	1	3	3	2	4	
							melhor	5	3	3	1	1	1	1	

Escola	Pot. Inst. total (kW)	PL salas	PL total	Alunos	Salas	Turmas	Área (m <sup>2</sup> )	Quesitos						ranking final	
								kW/aluno	kWLs/aluno	kWLt/aluno	kW/turmas	kWL/turmas	kWLt/turmas		
1. E.E.F.B.	18,24	7,04	13,92	914	9	24	933,11	19,96	7,70	15,23	0,760	0,293	0,58		
2. E.E.D.E.N.P.	23,95	6,88	14,24	950	14	28	1.577,95	25,21	7,24	14,99	0,855	0,246	0,51		
3. E.E.P.E.P.M.	24,82	9,28	21,64	923	10	25	2.038,69	26,89	10,05	23,45	0,993	0,371	0,87		
4. E.M.A.F.	10,60	2,40	6,42	279	5	10	550,30	37,99	8,60	23,01	1,060	0,240	0,64		
5. E.M.D.I.T.	32,43	5,60	17,17	295	8	14	745,94	109,93	19,53	58,20	2,316	0,411	1,23	ranking	
6. E.M.F.J.	10,76	3,68	7,40	307	8	13	672,10	35,05	11,99	24,10	0,828	0,283	0,57	final	
							pior	5	5	5	5	5	5	5	
							ranking	4	6	6	4	3	3	6	
								6	3	3	3	1	4	3	
								3	4	4	2	6	1	4	
								2	1	1	6	2	6	1	
							melhor	1	2	2	1	4	2	2	

(kWh)	(kW)
ranking	ranking
final	final
5	5
6	6
4	3
2	4
1	1
3	2

A escola 5 possui a maior densidade de carga e é a que mais consome. Trata-se de uma escola pequena, mas com excesso de cargas. Esta escola possui grande área não construída. A escola 1 possui a segunda menor densidade de carga e é a segunda que menos consome.

1. E.E. da Fazenda da Betânia
2. E.E. Dona Eleonora Nunes Pereira
3. E.E. Professor Emílio Pereira de Magalhães
4. E.M. Água Fresca
5. E.M. Dona Inês Torres
6. E.M. Filomena Jardim



## APÊNDICE 8 – ILUMINÂNCIAS E CARACTERÍSTICAS DE SALAS

Escola	Ambiente	Área (m <sup>2</sup> )	Potência instalada (W/m <sup>2</sup> )	Iluminância média abaixo das luminárias (lux)	Iluminância média entre luminárias (lux)	Direção da medição entre luminárias	Lâmpadas por luminária	Lâmpadas por ambiente	Luminárias por ambiente
E1 E.E. Dona Eleonora Nunes Pereira	Salas 1 e 2	49,21	9,75	134,25	111,00	comprimento	3	12	4
E1 E.E. Dona Eleonora Nunes Pereira	Salas 3 e 4	49,06	9,78	133,00	117,50	comprimento	3	12	4
E1 E.E. Dona Eleonora Nunes Pereira	Sala 5	50,17	9,57	111,00	98,00	comprimento	3	12	4
E1 E.E. Dona Eleonora Nunes Pereira	Salas 6 e 9	48,02	10,00	143,75	154,50	comprimento	3	12	4
E1 E.E. Dona Eleonora Nunes Pereira	Salas 7, 8 e 13	48,23	9,95	192,50	170,33	comprimento	3	12	4
E1 E.E. Dona Eleonora Nunes Pereira	Sala 10	47,33	10,14	212,50	203,00	comprimento	3	12	4
E1 E.E. Dona Eleonora Nunes Pereira	Sala 11	46,30	10,37	104,00	92,00	comprimento	3	12	4
E1 E.E. Dona Eleonora Nunes Pereira	Sala 12	48,30	9,94	153,50	136,00	comprimento	3	12	4
E1 E.E. Dona Eleonora Nunes Pereira	Sala 14	49,96	12,81	174,00	155,00	comprimento	4	16	4
E1 E.E. Dona Eleonora Nunes Pereira	Biblioteca	48,23	13,27	198,50	175,00	comprimento	4	16	4

Escola	Ambiente	Total de lâmpadas por ambiente	Lâmpadas que não funcionam por ambiente	Compr. (m)	Larg. (m)	Área (m <sup>2</sup> )	Pé-direito (m)	Cor das paredes	Cor do teto	Cor do piso	Altura média do plano de trabalho (m)	Fachada	Iluminância média abaixo das luminárias (lux)	Iluminância média entre luminárias (lux)
E1 E.E. Dona Eleonora Nunes Pereira	Sala 1	12	7	7,00	7,03	49,21	3,26	Bege claro, com barrado marrom (escura)	Branco (branca)	Ardósia verde escuro (escura)	0,75	Oeste	70,50	39,00
E1	Sala 2	12	3	7,00	7,03	49,21	3,26	idem	idem	idem	0,75	Oeste	198,00	183,00
E1	Sala 3	12	9	7,08	6,93	49,06	3,26	idem	idem	idem	0,75	Leste	125,50	112,00
E1	Sala 4	12	2	7,08	6,93	49,06	3,26	idem	idem	idem	0,75	Leste	140,50	123,00
E1	Sala 5	12	7	7,24	6,93	50,17	3,26	idem	idem	idem	0,75	Leste	111,00	98,00
E1	Sala 6	12	1	6,97	6,89	48,02	2,95	idem	idem	idem	0,75	Leste	202,00	212,00
E1	Sala 7	12	4	7,00	6,89	48,23	2,95	idem	idem	idem	0,75	Leste	94,50	112,00
E1	Sala 8	12	2	7,00	6,89	48,23	2,95	idem	idem	idem	0,75	Leste	249,00	209,00
E1	Sala 9	12	4	6,97	6,89	48,02	2,95	idem	idem	idem	0,75	Leste	85,50	97,00
E1	Sala 10	12	2	6,87	6,89	47,33	2,95	idem	idem	idem	0,75	Leste	212,50	203,00
E1	Sala 11	12	6	6,72	6,89	46,30	2,95	idem	idem	idem	0,75	Leste	104,00	92,00

E1	Sala 12	12	2	7,00	6,90	48,30	2,95	idem	idem	idem	0,75	Oeste	153,50	136,00
E1	Sala 13	12	2	6,99	6,90	48,23	2,95	idem	idem	idem	0,75	Oeste	234,00	190,00
E1	Sala 14	16	7	7,24	6,90	49,96	2,95	idem	idem	idem	0,75	Oeste	174,00	155,00
E1	Biblioteca	16	6	6,99	6,90	48,23	2,95	idem	idem	idem	0,75	Oeste	=198,50	175,00

Obs:

1) Como as medições foram feitas de 16:30h às 18:30h, no horário de verão, e ainda estava claro, foram desprezadas as medições próximas às janelas. Não foi possível realizar as medições no horário noturno, pois a E.E. Dona Eleonora Nunes Pereira, só funciona de manhã e à tarde, assim, as medições foram realizadas entre o último horário de aula e o horário de faxina.

2) A altura do plano de trabalho (altura das carteiras dos alunos) varia de 0,73m a 0,77m. Assim, considerou-se a média, 0,75m.

3) A cor da parede é bege claro com barrado marrom escuro para todas as salas (cor escura).

4) A cor do teto é branca para todas as salas (cor branca).

5) A cor do piso é verde escuro, ardósia (cor escura).

Escola	Ambiente	Área (m <sup>2</sup> )	Potência instalada (W/m <sup>2</sup> )	Iluminância média abaixo das luminárias (lux)	Iluminância média entre luminárias (lux)	Direção da medição entre luminárias	Lâmpadas por luminária	Lâmpadas por ambiente	Luminárias por ambiente
E2 E.E. Prof. Emílio Pereira de Magalhães	Sala 1	40,42	7,92	*	*	*	2	8	4
E2 E.E. Prof. Emílio Pereira de Magalhães	Sala 2	40,28	7,94	317,25	321,00	comprimento	2	8	4
E2 E.E. Prof. Emílio Pereira de Magalhães	Sala 3	40,21	7,96	62,50	71,00	comprimento	2	8	4
E2 E.E. Prof. Emílio Pereira de Magalhães	Sala 4	39,87	8,03	*	*	*	2	8	4
E2 E.E. Prof. Emílio Pereira de Magalhães	Sala 5	47,60	6,72	100,50	94,00	comprimento	2	8	4
E2 E.E. Prof. Emílio Pereira de Magalhães	Sala 6	47,54	6,73	132,50	142,50	comprimento	2	8	4
E2 E.E. Prof. Emílio Pereira de Magalhães	Sala 7	49,36	6,48	73,00	60,50	comprimento	2	8	4
E2 E.E. Prof. Emílio Pereira de Magalhães	Salas 8 e 9	47,64	10,08	188,42	186,38	comprimento	2	12	6
E2 E.E. Prof. Emílio Pereira de Magalhães	Salas 10 e 11	47,02	10,21	187,25	192,75	comprimento	2	12	6
E2 E.E. Prof. Emílio Pereira de Magalhães	Salas 12 e 16	50,12	12,77	217,63	201,25	comprimento	4	16	4
E2 E.E. Prof. Emílio Pereira de Magalhães	Salas 13 e 17	49,51	12,93	228,50	216,25	comprimento	4	16	4
E2 E.E. Prof. Emílio Pereira de Magalhães	Salas 14, 15, 18 e 19	49,82	12,85	290,50	267,00	comprimento	4	16	4
E2 E.E. Prof. Emílio Pereira de Magalhães	Biblioteca	47,46	10,11	86,33	89,75	comprimento	2	12	6
E2 E.E. Prof. Emílio Pereira de Magalhães	Galpão	143,55	6,69	56,42	51,88	compr. e larg.	2	24	12

Obs:

1) Nas salas 18 e 19 todas as lâmpadas estão queimadas. Como as salas 14, 15, 18 e 19, possuem o mesmo padrão, mesma área, mesma quantidade de lâmpadas, calculou-se a média das iluminâncias nas salas 14 e 15.

2) A direção de medição de iluminâncias entre luminárias nas salas 2, 3, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16 e 17 foi na direção do comprimento (maior espaço entre luminárias).

3) As salas 1, 4, 18 e 19 apresentavam todas as lâmpadas queimadas no dia em que foram medidas as iluminâncias, devido às chuvas.

4) A direção de medição de iluminâncias entre luminárias no galpão foi na direção do comprimento e da largura (direção de maior espaço entre luminárias).

Escola	Ambiente	Total de lâmpadas por ambiente	Lâmpadas que não funcionam por ambiente	Compr. (m)	Larg. (m)	Área (m <sup>2</sup> )	Pé-direito (m)	Cor das paredes	Cor do teto	Cor do piso	Altura média do plano de trabalho (m)	Fachada	Iluminância média abaixo das luminárias (lux)	Iluminância média entre luminárias (lux)
E2 E.E. Professor Emílio Pereira de Magalhães	Sala 1	8	8	5,90	6,85	40,42	2,90	Bege com barrado cinza médio (média)	Branco (branca)	Ardósia verde escuro (escura)	0,75	Sul	*	*
E2	Sala 2	8	0	5,88	6,85	40,28	2,90	idem	idem	idem	0,75	Oeste	317,25	321,00
E2	Sala 3	8	6	5,87	6,85	40,21	2,90	idem	idem	idem	0,75	Oeste	62,50	71,00
E2	Sala 4	8	8	5,82	6,85	39,87	2,90	idem	idem	idem	0,75	Oeste	*	*
E2	Sala 5	8	5	8,00	5,95	47,60	3,40	idem	idem	idem	0,75	Oeste	100,50	94,00
E2	Sala 6	8	3	7,99	5,95	47,54	3,40	idem	idem	idem	0,75	Oeste	132,50	142,50
E2	Sala 7	8	6	8,20	6,02	49,36	3,40	idem	idem	idem	0,75	Norte	73,00	60,50
E2	Sala 8	12	4	7,98	5,97	47,64	3,40	idem	idem	idem	0,75	Sul	166,67	166,75
E2	Sala 9	12	2	7,98	5,97	47,64	3,40	idem	idem	idem	0,75	Sul	210,17	206,00
E2	Sala 10	12	2	7,89	5,96	47,02	3,40	idem	idem	idem	0,75	Leste	188,67	190,25
E2	Sala 11	12	1	7,89	5,96	47,02	3,40	idem	idem	idem	0,75	Leste	185,83	195,25
E2	Sala 12	16	5	8,15	6,15	50,12	3,48	Branca (branca)	Branco (branca)	Cerâmica marrom (escura)	0,75	Oeste	218,00	174,50
E2	Sala 13	16	11	8,05	6,15	49,51	3,48	idem	idem	idem	0,75	Oeste	141,25	127,50
E2	Sala 14	16	3	8,10	6,15	49,82	3,48	idem	idem	idem	0,75	Norte	329,25	298,50
E2	Sala 15	16	5	8,10	6,15	49,82	3,48	idem	idem	idem	0,75	Norte	251,75	235,50
E2	Sala 16	16	6	8,15	6,15	50,12	3,48	idem	idem	idem	0,75	Oeste	217,25	228,00
E2	Sala 17	16	2	8,05	6,15	49,51	3,48	idem	idem	idem	0,75	Oeste	315,75	305,00
E2	Sala 18	16	16	8,10	6,15	49,82	3,48	idem	idem	idem	0,75	Norte	*	*
E2	Sala 19	16	16	8,10	6,15	49,82	3,48	idem	idem	idem	0,75	Norte	*	*
E2	Biblioteca	12	9	7,95	5,97	47,46	3,40	Bege com barrado cinza médio (média)	Branco (branca)	Ardósia verde escuro (escura)	0,75	Sul	86,33	89,75
E2	Galpão	24	18	**	**	143,55	***	reboco	alumínio	cimento	0,75	Oeste	56,42	51,88

Obs:

1) \* Salas que não foram medidas, pois todas as lâmpadas estão queimadas.

2) \*\* O galpão pode ser decomposto em dois retângulos de 14,21m x 8,20m e 3,02m x 8,95m.

3) \*\*\* O pé-direito do galpão não foi medido porque ele varia, acompanhando a altura do muro (maiores detalhes podem ser vistos nas fotos).

4) Na E2, E.E. Prof. Emílio Pereira de Magalhães, há 19 salas de aula, porém apenas 10 salas são utilizadas, regularmente, durante todo o ano letivo, para fins específicos de aula regular. As outras salas podem ou não ser usadas, e esporadicamente (difícil até para estimar horas de uso).

5) Salas usadas durante o ano letivo de 2005 (Estes dados são referentes ao ano de 2005). Observa-se que em 2005 são 28 turmas. Já em 2004, eram 25 turmas):

Manhã: 10 salas: salas 1, 2, 3, 5, 6, 7, 8, 9, 10 e 11.

Tarde: 10 salas: salas 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 16, 17, 19.

Noite: 8 salas: salas 2, 5, 6, 7, 8, 9, 10 e 11.

6) A sala 4 é usada para reunião de pais, exposição de trabalhos (manhã e tarde).

7) O galpão é usado para aula de Artes (manhã e tarde), aula de Educação Física (noite).

8) As salas 14 e 15 são escuras, pois há um muro próximo a elas (maiores detalhes podem ser vistos nas fotos).

9) Nas salas 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18 e 19 há proteção solar (anteparo horizontal nas janelas, conforme fotos).

10) A altura do plano de trabalho (altura das carteiras dos alunos) varia de 0,71m a 0,78m. Assim, considerou-se a média, 0,75m.

Escola	Ambiente	Área (m <sup>2</sup> )	Potência instalada (W/m <sup>2</sup> )	Iluminância média abaixo das luminárias (lux)	Iluminância média entre luminárias (lux)	Direção da medição entre luminárias	Lâmpadas por luminária	Lâmpadas por ambiente	Luminárias por ambiente
E3 E.E. Fazenda da Betânia	Sala 1	38,49	16,63	177,50	176,00	comprimento	4	16	4
E3 E.E. Fazenda da Betânia	Sala 2	39,48	16,21	211,50	184,50	comprimento	4	16	4
E3 E.E. Fazenda da Betânia	Sala 3	37,65	17,00	364,50	338,00	comprimento	4	16	4
E3 E.E. Fazenda da Betânia	Salas 4 e 5	44,95	14,24	193,00	155,50	comprimento	4	16	4
E3 E.E. Fazenda da Betânia	Salas 6, 7, 8 e 9	48,60	19,75	145,38	146,39	comprimento	2	24	12
E3 E.E. Fazenda da Betânia	Biblioteca	48,24	19,90	295,42	310,89	comprimento	2	24	12

Escola	Ambiente	Total de lâmpadas por ambiente	Lâmpadas que não funcionam por ambiente	Compr. (m)	Larg. (m)	Área (m <sup>2</sup> )	Pé-direito (m)	Cor das paredes	Cor do teto	Cor do piso	Altura média do plano de trabalho (m)	Fachada	Iluminância média abaixo das luminárias (lux)	Iluminância média entre luminárias (lux)
E3 E.E. Fazenda da Betânia	Sala 1	16	8	6,66	5,78	38,49	2,96	Bege com barrado bege médio (média)	Forro de madeira pintado de cinza claro (clara)	Taco de madeira marrom (escura)	0,75	Oeste	177,50	176,00
E3	Sala 2	16	5	6,83	5,78	39,48	2,96	idem	idem	idem	0,75	Oeste	211,50	184,50
E3	Sala 3	16	2	6,70	5,62	37,65	2,96	idem	idem	idem	0,75	Leste	364,50	338,00
E3	Sala 4	16	4	6,79	6,62	44,95	3,15	idem	idem	Piso natado marrom claro (médio)	0,75	Leste	220,50	177,00
E3	Sala 5	16	7	6,79	6,62	44,95	3,15	idem	idem	idem	0,75	Leste	165,50	134,00

E3	Sala 6	24	18	8,10	6,00	48,60	3,02	Branca	Branco	Branco	0,75	Oeste	75,08	75,89
E3	Sala 7	24	16	8,10	6,00	48,60	3,02	Branca	Branco	Branco	0,75	Oeste	101,67	99,56
E3	Sala 8	24	9	8,10	6,00	48,60	3,02	Branca	Branco	Branco	0,75	Leste	237,67	240,11
E3	Sala 9	24	10	8,10	6,00	48,60	3,02	Branca	Branco	Branco	0,75	Leste	167,08	170,00
E3	Biblioteca	24	4	8,04	6,00	48,24	3,02	Branca	Branco	Branco	0,75	Oeste	295,42	310,89

Obs:

A altura do plano de trabalho (altura das carteiras dos alunos) varia de 0,72m a 0,78m. Assim, considerou-se a média, 0,75m.

Escola	Ambiente	Area (m <sup>2</sup> )	Potência instalada (W/m <sup>2</sup> )	Iluminância média abaixo das luminárias (lux)	Iluminância média entre luminárias (lux)	Direção da medição entre luminárias	Lâmpadas por luminária	Lâmpadas por ambiente	Luminárias por ambiente
M1 E.M. Dona Inês Torres	Salas 1, 2, 7 e 8	48,30	13,25	263,06	230,13	comprimento	4	16	4
M1 E.M. Dona Inês Torres	Sala 3	46,61	13,73	283,50	258,50	comprimento	4	16	4
M1 E.M. Dona Inês Torres	Sala 4	47,74	13,41	223,25	191,50	comprimento	4	16	4
M1 E.M. Dona Inês Torres	Salas 5 e 6	48,24	13,27	228,25	209,50	comprimento	4	16	4
M1 E.M. Dona Inês Torres	Sala 9	37,06	12,95	262,00	288,71	compr. e larg.	2 e 4	16	6
M1 E.M. Dona Inês Torres	Biblioteca	48,30	13,25	135,75	124,00	comprimento	4	16	4

Obs:

1) A sala 9 da M1, E.M. Dona Inês Torres, eu joguei para rateio Iluminação outros (como salas de aula de reforço para alunos).

2) Na sala 9, há 4 luminárias com 2 lâmpadas e 2 luminárias com 4 lâmpadas, totalizando 16 lâmpadas.

3) Nas salas 1 e 2, da E.M. Dona Inês Torres, está funcionando um Projeto de Alfabetização de Adultos, de 19:00h às 21:30h. Não sei se no ano de 2004 funcionava este Projeto.

Escola	Ambiente	Total de lâmpadas por ambiente	Lâmpadas que não funcionam por ambiente	Compr. (m)	Larg. (m)	Area (m <sup>2</sup> )	Pé-direito (m)	Cor das paredes	Cor do teto	Cor do piso	Altura média do plano de trabalho (m)	Fachada	Iluminância média abaixo das luminárias (lux)	Iluminância média entre luminárias (lux)
M1 E.M. Dona Inês Torres	Sala 1	16	4	8,05	6,00	48,30	3,33	Rosa claro (clara)	Branco (branca)	Cerâmica marrom (escura)	0,67	Sul	219,75	186,50
M1	Sala 2	16	1	8,05	6,00	48,30	3,33	Idem	Idem	Idem	0,67	Sul	296,50	253,00
M1	Sala 3	16	4	7,86	5,93	46,61	3,39	Idem	Idem	Idem	0,67	Oeste	283,50	258,50
M1	Sala 4	16	5	8,05	5,93	47,74	3,39	Idem	Idem	Idem	0,67	Oeste	223,25	191,50
M1	Sala 5	16	2	8,04	6,00	48,24	3,44	Idem	Idem	Idem	0,67	Sul	254,75	244,00
M1	Sala 6	16	8	8,04	6,00	48,24	3,44	Idem	Idem	Idem	0,67	Sul	201,75	175,00
M1	Sala 7	16	4	8,05	6,00	48,30	3,44	Idem	Idem	Idem	0,67	Sul	273,25	233,00
M1	Sala 8	16	0	8,05	6,00	48,30	3,44	Idem	Idem	Idem	0,67	Oeste	262,75	248,00
M1	Sala 9	16	0	6,94	5,34	37,06	3,44	Idem	Idem	Idem	0,67	Norte e Leste	262,00	288,71
M1	Biblioteca	16	0	8,05	6,00	48,30	3,44	Idem	Idem	Idem	0,67	Oeste	135,75	124,00

**Obs:**

- 1) A sala 9 da M1, E.M. Dona Inês Torres, eu joguei para rateio Iluminação outros (como salas de aula de reforço para alunos).
- 2) A altura do plano de trabalho (altura das carteiras dos alunos) varia de 0,59m a 0,75m. Assim, considerou-se a média, 0,67m.
- 3) As salas possuem proteção solar (anteparo horizontal nas janelas, conforme fotos).

Escola	Ambiente	Área (m <sup>2</sup> )	Potência instalada (W/m <sup>2</sup> )	Iluminância média abaixo das luminárias (lux)	Iluminância média entre luminárias (lux)	Direção da medição entre luminárias	Lâmpadas por luminária	Lâmpadas por ambiente	Luminárias por ambiente
M2 E.M. Água Fresca	Salas 1, 2, 3, 4 e 5	43,17	11,12	192,27	189,65	comprimento	2	12	6

Escola	Ambiente	Total de lâmpadas por ambiente	Lâmpadas que não funcionam por ambiente	Compr. (m)	Larg. (m)	Área (m <sup>2</sup> )	Pé-direito (m)	Cor das paredes	Cor do teto	Cor do piso	Altura média do plano de trabalho (m)	Fachada	Iluminância média abaixo das luminárias (lux)	Iluminância média entre luminárias (lux)
M2 E.M. Água Fresca	Sala 1	12	0	7,16	6,03	43,17	2,77	Rosa claro (clara)	Madeira marrom (escura)	Cerâmica bege matizado com branco (clara)	0,67	Norte	226,17	224,75
M2	Sala 2	12	0	7,16	6,03	43,17	2,77	Idem	Idem	Idem	0,67	Norte	215,33	209,75
M2	Sala 3	12	2	7,16	6,03	43,17	2,77	Idem	Idem	Idem	0,67	Sul	183,33	180,00
M2	Sala 4	12	2	7,16	6,03	43,17	2,77	Idem	Idem	Idem	0,67	Sul	196,83	201,75
M2	Sala 5	12	4	7,16	6,03	43,17	2,77	Idem	Idem	Idem	0,67	Sul	139,67	132,00

**Obs:**

- 1) A M2, E.M. Água Fresca, possui corredores abertos entre os blocos 1 (salas 1 e 2), bloco 2 (salas 3, 4 e 5).
- 2) A altura do plano de trabalho (altura das carteiras dos alunos) varia de 0,59m a 0,75m. Assim, considerou-se a média, 0,67m.

**Prédio novo, que não foi considerado, pois, foi inaugurado em 01/05/2005**

Escola	Ambiente	Área (m <sup>2</sup> )	Potência instalada (W/m <sup>2</sup> )	Iluminância média abaixo das luminárias (lux)	Iluminância média entre luminárias (lux)	Direção da medição entre luminárias	Lâmpadas por luminária	Lâmpadas por ambiente	Luminárias por ambiente
M2 E.M. Água Fresca	Sala 6	41,75	19,16	532,60	556,67	Comprimento e Largura	2	20	10
M2 E.M. Água Fresca	Salas 7 e 8	48,88	19,64	561,88	581,80	Comprimento e Largura	2	24	12
M2 E.M. Água Fresca	Biblioteca	46,22	17,31	584,91	599,87	Comprimento e Largura	2	22	11

## Prédio novo, que não foi considerado, pois, foi inaugurado em 01/05/2005

Escola	Ambiente	Total de lâmpadas por ambiente	Lâmpadas que não funcionam por ambiente	Compr. (m)	Larg. (m)	Área (m <sup>2</sup> )	Pé-direito (m)	Cor das paredes	Cor do teto	Cor do piso	Altura média do plano de trabalho (m)	Fachada	Iluminância média abaixo das luminárias (lux)	Iluminância média entre luminárias (lux)
M2 E.M. Água Fresca	Sala 6	20	2	*	*	41,75	3,08	Rosa claro	Branco	Bege claro	0,67	Sul	532,60	556,67
M2	Salas 7	24	4	8,08	6,05	48,88	2,97	Idem	Idem	Idem	0,67	Sul	498,08	516,65
M2	Sala 8	24	0	8,08	6,05	48,88	2,97	Idem	Idem	Idem	0,67	Sul	625,67	646,94
M2	Biblioteca	22	2	**	**	46,22	3,08	Idem	Idem	Idem	0,67	Sul	584,91	599,87

Obs:

1) \* A sala 6 pode ser decomposta em dois retângulos de 4,14m x 4,44m e 3,87m x 6,04m.

2) \*\* A biblioteca pode ser decomposta em dois retângulos de 6,55m x 6,04m e 1,50m x 4,44m.

Escola	Ambiente	Área (m <sup>2</sup> )	Potência instalada (W/m <sup>2</sup> )	Iluminância média abaixo das luminárias (lux)	Iluminância média entre luminárias (lux)	Direção da medição entre luminárias	Lâmpadas por luminária	Lâmpadas por ambiente	Luminárias por ambiente
M3 E.M. Filomena Jardim	Sala 1	40,60	17,73	373,44	400,50	comprimento	2	18	9
M3 E.M. Filomena Jardim	Sala 2	40,83	17,63	344,11	358,17	comprimento	2	18	9
M3 E.M. Filomena Jardim	Sala 3	33,12	19,32	403,25	424,40	comprimento	2	16	8
M3 E.M. Filomena Jardim	Sala 4, 5, 6 e 7	41,19	9,71	214,70	160,50	comprimento	2	10	5
M3 E.M. Filomena Jardim	Biblioteca	34,21	18,71	376,88	351,20	comprimento	2	16	8

Obs: Na M3, E.M. Filomena Jardim, devido à chuva, destelhou as salas 6 e 7, e todas as lâmpadas estão queimadas. Como as salas 4, 5, 6 e 7 possuem o mesmo padrão, mesma área, mesma quantidade de lâmpadas, calculou-se a média das iluminâncias nas salas 4 e 5.

Escola	Ambiente	Total de lâmpadas por ambiente	Lâmpadas que não funcionam por ambiente	Compr. (m)	Larg. (m)	Área (m <sup>2</sup> )	Pé-direito (m)	Cor das paredes	Cor do teto	Cor do piso	Altura média do plano de trabalho (m)	Fachada	Iluminância média abaixo das luminárias (lux)	Iluminância média entre luminárias (lux)
M3 E.M. Filomena Jardim	Sala 1	18	2	7,06	5,75	40,60	3,25	Rosa claro (clara)	Branco (branca)	Cerâmica bege com pintas marrons imitando granito (média)	0,73	Oeste	373,44	400,50
M3	Sala 2	18	0	7,10	5,75	40,83	3,25	Idem	Idem	Idem	0,73	Oeste	344,11	358,17
M3	Sala 3	16	0	5,76	5,75	33,12	3,25	Idem	Idem	Idem	0,73	Oeste	403,25	424,40
M3	Sala 4	10	2	7,09	5,81	41,19	3,00	Idem	Idem	Idem	0,73	Leste	208,40	151,33
M3	Sala 5	10	2	7,09	5,81	41,19	3,00	Idem	Idem	Idem	0,73	Leste	221,00	169,67
M3	Sala 6	10	10	7,09	5,81	41,19	2,95	Idem	Idem	Idem	0,73	Leste	*	*
M3	Sala 7	10	10	7,09	5,81	41,19	2,95	Idem	Idem	Idem	0,73	Leste	*	*
M3	Biblioteca	16	0	5,95	5,75	34,21	3,25	Idem	Idem	Idem	0,73	Oeste	376,88	351,20

Obs:

- 1) \* Salas que não foram medidas, pois todas as lâmpadas estão queimadas.
- 2) A altura do plano de trabalho (altura das carteiras dos alunos) varia de 0,71m a 0,75m. Assim, considerou-se a média, 0,73m.
- 3) Nas salas 1 e 2, da E.M. Filomena Jardim, está funcionando um Projeto de Alfabetização de Adultos, de 19:00h às 21:30h. Não sei se no ano de 2004 funcionava este Projeto.

Obs gerais:

- 1) Medições feitas nos dias 28/ou, 01/nov, 03/nov, 04/nov, 07/nov e 09/nov após 19h. (obs: horário de verão), exceto E.E. Dona Eleonora Nunes Pereira, que foi feita no horário de 16:30h às 18:30h.
- 2) As iluminâncias que apresentam valores baixos é devido à grande quantidade de lâmpadas que não funcionam (queimadas, cintilando, faltam) (comentar).
- 3) Maiores detalhes de cores de paredes, tetos, pisos, luminárias, lâmpadas, arquitetura, dentre outros, podem ser observados, em detalhes, nas fotos.