

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ**

**ANA PAULA LENZ**

**AVALIAÇÃO DA ILUMINAÇÃO DAS SALAS DE AULAS NOS COLÉGIOS  
ESTADUAIS DO NÚCLEO DE TOLEDO**

**TOLEDO**

**2010**

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ**

**ANA PAULA LENZ**

**AVALIAÇÃO DA ILUMINAÇÃO DAS SALAS DE AULAS NOS COLÉGIOS  
ESTADUAIS DO NÚCLEO DE TOLEDO**

Monografia apresentada para a obtenção do Título de Especialista em Construção de Obras Públicas no Curso de Pós Graduação em Construção de Obras Públicas da Universidade Federal do Paraná, vinculado ao Programa Residência Técnica da Secretaria de Estado de Obras Públicas/SEOP.

Orientador: Prof. Ricardo Lessa Azevedo

**TOLEDO**

**2010**

## **TERMO DE APROVAÇÃO**

**ANA PAULA LENZ**

### **AVALIAÇÃO DA ILUMINAÇÃO DAS SALAS DE AULAS NOS COLÉGIOS ESTADUAIS DO NÚCLEO DE TOLEDO**

Monografia apresentada como requisito parcial para a obtenção do Título de Especialista em Construção de Obras Públicas no Curso de Pós-Graduação em Construção de Obras Públicas da Universidade Federal do Paraná (UFPR), vinculado ao Programa de Residência Técnica da Secretaria de Estado de Obras Públicas (SEOP), pela Comissão formada pelos Professores:

---

Ricardo Lessa Azevedo  
Profº. ORIENTADOR

---

Ricardo Lessa Azevedo  
Profº. TUTOR

---

Profº. Hamilton Costa Junior  
Coord. Curso Res. Tec

Toledo, 16 de dezembro de 2010.

## RESUMO

Em um ambiente que apresenta o nível de iluminação deficiente ou com excesso de iluminação, poderá ocorrer o comprometimento da saúde visual, segurança e do rendimento escolar dos alunos e professores. Atentando-se aos fatos apresentados, o presente trabalho tem como objetivo avaliar se a iluminação das salas de aulas das Escolas Estaduais está de acordo com a legislação brasileira, estabelecida pela NBR 5413/ABNT – Iluminância de Interiores. O trabalho foi realizado em 03 (três) Colégios Estaduais: Colégio Estadual Quatro Pontes, Colégio Estadual Eron Domingues e Colégio Estadual Antonio Maximiliano Ceretta.

**Palavras Chave:** Iluminação, colégio estadual, avaliação.

## **ABSTRACT**

In an environment that shows the level of poor lighting or excessive lighting, you may experience the visual impairment of health, safety and performance of students and teachers. Paying attention to the facts presented, this study aims to evaluate if the lighting of the classrooms of the state schools is in accordance with Brazilian law, established by the NBR 5413/ABNT - Interior Illuminance. The study was conducted in three (03) State Schools: Colégio Estadual Quatro Pontes, Colégio Estadual Eron Domingues e Colégio Estadual Antonio Maximiliano Ceretta.

**Keywords:** Illumination, state schools, evaluation.

## **AGRADECIMENTOS**

A Deus pela saúde, força e sabedoria;

Aos meus pais, que mesmo estando longe, sempre me incentivaram e apoiaram.

Ao meu namorado Junior, por ter me incentivado.

Ao Prof. Ricardo Lessa Azevedo, pela orientação, apoio, confiança que possibilitaram a realização deste trabalho;

Aos Professores Duda e Jair pelo auxílio no uso do luxímetro, cedido gentilmente pela Unioeste.

Aos Professores José Maurino e Manoel Pangrácio, pelo grande trabalho feito para a realização deste curso de especialização;

A todos os professores do curso de especialização que de uma forma positiva, contribuíram com meu crescimento pessoal e profissional.

Aos colegas do escritório regional de Toledo e Cascavel, pelos momentos de alegria, sabedoria e amizade que ficarão para sempre.

A Secretaria de Estado de Obras Públicas do Paraná (SEOP), pela contribuição na realização deste trabalho;

Aos Diretores e Pedagogos do Colégio Estadual Quatro Pontes, Colégio Estadual Eron Domingues e Colégio Estadual Antonio Maximiliano Ceretta, que possibilitaram a realização da medição da Iluminação das salas de aulas.

## SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO .....	12
1.1 JUSTIFICATIVA.....	13
1.2.1 Objetivo Geral .....	13
1.2.2 Objetivos Específicos .....	13
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	15
2.1 GRANDEZAS E FUNDAMENTOS DA LUMINOTÉCNICA .....	15
2.1.1 Iluminância .....	16
2.1.2 Fluxo luminoso .....	17
2.1.3 Intensidade luminosa .....	17
2.1.4 Luminância.....	18
2.1.5 Eficiência luminosa.....	19
2.1.6 Índice de reprodução de cor (IRC) .....	19
2.1.7 Temperatura de cor.....	20
2.1.8 Ofuscamento .....	21
2.2 ILUMINAÇÃO NATURAL .....	21
2.3 ILUMINAÇÃO ARTIFICIAL .....	23
2.4 ILUMINAÇÃO E CONFORTO VISUAL .....	23
2.5 ILUMINAÇÃO EFICIENTE .....	24
2.6 ILUMINAÇÃO EM SALAS DE AULA.....	25
2.7 MÉTODOS DE CÁLCULOS DE ILUMINAÇÃO.....	25
2.7.1 Método dos Lumens .....	26
2.7.2 Exemplo de Cálculo pelo Método de Lumens em Sala de Aula Padrão .....	30
3. METODOLOGIA .....	35

3.1	DEFINIÇÃO DOS COLÉGIOS PARA AVALIAÇÃO DA ILUMINAÇÃO .....	35
3.2	EQUIPAMENTO UTILIZADO PARA A MEDIÇÃO DAS ILUMINACIAS .....	35
3.3	AVALIAÇÃO DAS SALAS DE AULA.....	36
4.	LEVANTAMENTO DE DADOS .....	43
4.1	MEDIÇÕES E COMPARAÇÕES COM RESULTADOS PREVISTOS.....	43
4.1.1	Colégio Estadual Quatro Pontes .....	43
4.1.2	Colégio Estadual Eron Domingues .....	44
4.1.3	Colégio Estadual Antonio Maximiliano Ceretta.....	45
5.	CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	47
6.	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	49

## LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 - Espectro luminoso.....	14
FIGURA 2 - Iluminância em um plano de trabalho.....	15
FIGURA 3 - Fluxo luminoso emitido por uma fonte.....	16
FIGURA 4 - Intensidade luminosa.....	17
FIGURA 5 - Irc e algumas aplicações.....	19
FIGURA 6 - Sala de aula padrão.....	30
FIGURA 7 - Aparelho utilizado nas medições.....	35
FIGURA 8 - Planta baixa do Colégio Estadual Quatro Pontes.....	36
FIGURA 9 - Sala de aula do Colégio Quatro Pontes.....	37
FIGURA 10 - Planta baixa do Colégio Estadual Eron Domingues.....	38
FIGURA 11 - Sala de aula do Colégio Eron Domingues.....	39
FIGURA 12 - Planta baixa do Colégio Estadual Antonio Maximiliano Ceretta.....	40
FIGURA 13 - Sala de aula do Colégio Antonio Maximiliano Ceretta.....	41
FIGURA 14 - Medição da sala de aula do Colégio Quatro Pontes.....	42
FIGURA 15 - Medição da sala de aula do Colégio Eron Domingues.....	43
FIGURA 16 - Medição da sala de aula do Colégio Antonio Maximiliano Ceretta.....	44

## LISTA DE TABELAS

TABELA 1 - Iluminâncias por classe de tarefas visuais.....	25
TABELA 2 - Fatores determinantes da iluminância adequada.....	26
TABELA 3 - Valores de iluminancia a serem considerados.....	27
TABELA 4 - Índice de refletâncias.....	28
TABELA 5 - Coeficiente de depreciação.....	28
TABELA 6 - Fator de utilização.....	32

## LISTA DE SIMBOLOS

$v$  - velocidade de propagação

- frequência

$\lambda$  - comprimento de ondas

$E$  - Iluminância, em lux

$\Phi$ - fluxo luminoso, em lumens

$S$  - área da superfície iluminada, em  $m^2$

$\eta$  - Eficiência luminosa, em lumens/W

$\psi$ - fluxo luminoso emitido, em lumens

$P_c$  - Potência consumida em watts

$L$  - Luminância

$I$  - Intensidade luminosa

$\alpha$  - ângulo entre a superfície iluminada e a vertical, que é ortogonal à direção do fluxo luminoso

$K$  - Fator Local

$l$  - comprimento do local

$b$  - largura do local

$hm$  - altura de montagem da luminária (distância da fonte de luz ao plano de trabalho)

$\eta$  - coeficiente de utilização

$d$  - fator de depreciação

$\Phi_T$ - Fluxo total

$\varphi$  - fluxo luminoso em lumens por uma luminária

## 1. INTRODUÇÃO

O advento da luz elétrica e sua praticidade para iluminar cada recinto com a quantidade de luz desejada fizeram com que seu uso se intensificasse a ponto de a iluminação natural passar a ser pouco considerada, deixando de ser preocupação na construção de casas, galpões industriais e edifícios. Entretanto, a capacidade de gerar energia elétrica não é ilimitada, e por isso, é importante estudar meios racionais de utilizá-la. Neste contexto, torna-se necessário a determinação de níveis de iluminância adequados para cada tarefa visual em todos os tipos de edificações.

A iluminação é um dos parâmetros essenciais para a concepção de qualquer projeto. O tipo de iluminação empregado irá caracterizar a edificação, adequando-se a sua função e possibilitando o exercício das atividades visuais. Em edificações escolares, é o projeto de iluminação que possibilitará o desenvolvimento das tarefas visuais que auxiliarão no aprendizado.

O sistema de iluminação artificial apresentado atualmente em salas de aulas, principalmente na rede pública de ensino, não leva em conta a diversidade das atividades executadas nestes ambientes e, muitas vezes, desconsidera parâmetros importantes como: a orientação, as dimensões e as atividades visuais desenvolvidas. Aparentemente, o objetivo geral dos projetos de iluminação artificial é atingir os níveis de iluminação mínimos recomendados, com baixo custo de implementação. Apesar da busca pela economia e praticidade, os projetos de iluminação artificial implantados são indiferentes à incidência de luz natural no edifício, o que conseqüentemente gera desperdício.

Vale ressaltar que, muitas edificações além de não utilizarem a iluminação natural, ainda usam da artificial erroneamente. Como por exemplo, a utilização de lâmpadas e luminárias pouco eficientes ou até impróprias para a aplicação destinada. Com base nesta observação, um projeto luminotécnico deve ser elaborado e seguido à risca, para que o sistema funcione eficientemente.

Tendo em vista o exposto, este trabalho teve por objetivo avaliar o nível de iluminância das salas dos colégios de Marechal Candido Rondon e Quatro Pontes.

## 1.1 JUSTIFICATIVA

Em um ambiente escolar onde a iluminação encontra-se inadequada, poderá provocar nos alunos e professores diversos desconfortos, tais como: cansaço, dor de cabeça, lesão na visão, desânimo, além do risco de acidente.

Na Norma Regulamentadora 17, no item 17.5.3.1 cita que a iluminação deve ser uniformemente distribuída e difusa.

A iluminação geral ou suplementar deve ser projetada e instalada de forma a evitar ofuscamentos, reflexos incômodos, sombras e contrastes excessivos. (NR 17, 17.5.3.2.).

No item 17.5.3.3 da NR 17, cita que os níveis mínimos de iluminamento a serem observados nos locais de trabalho são os valores de iluminâncias estabelecido na NBR-5413/ABNT.

Em alguns projetos o cálculo da iluminação é realizado somente com base na área da sala, não levando em consideração os demais itens, podendo tornar o ambiente mal iluminado ou com excesso de iluminação. Nas salas de aulas, onde a iluminação encontra-se inadequada, poderá ocorrer o comprometimento do rendimento dos alunos.

## 1.2 OBJETIVOS

### **1.2.1 Objetivo Geral**

O objetivo geral deste estudo é avaliar se a iluminação nas salas de aulas das escolas estaduais está de acordo com o disposto na norma NBR-5413/ABNT.

### **1.2.2 Objetivos Específicos**

Na realização deste estudo a avaliação das condições em relação à luminosidade nas salas de aulas será dividida em etapas.

- Levantar nas escolas as áreas das salas de aula, as cores das paredes, teto e pisos;
- Quantificar as luminárias e lâmpadas existentes nas salas de aula;
- Levantar a iluminância nas salas de aulas, com o aparelho luxímetro, considerando como a altura de trabalho a altura da mesa ou cadeira;
- Determinar o tipo e quantidade de luminárias e lâmpadas mais apropriadas para as salas de aula;

## 2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 GRANDEZAS E FUNDAMENTOS DA LUMINOTÉCNICA

De acordo com Creder (2007), luz é uma forma de radiação eletromagnética e sua propagação pode ser descrita como um movimento ondulatório, causando um estímulo ao olho humano. O olho humano pode é capaz de perceber apenas uma faixa das radiações eletromagnéticas, faixa esta que se situa entre os comprimentos de onda 3800 a 7600 Angströms, sendo que um Angström (Å) é igual a dez milionésimos do milímetro.

A luz por sua vez é subdividia em ondas, que representam as cores contidas em seu espectro eletromagnético, a incidência da luz sobre um objeto é que dá a ele a sua cor, pois ao receber luz, ele absorve todas as outras ondas refletindo apenas a onda que representa a sua cor. A Figura 1 mostra o espectro eletromagnético onde são expostos os variados comprimentos de onda referentes a cada cor.

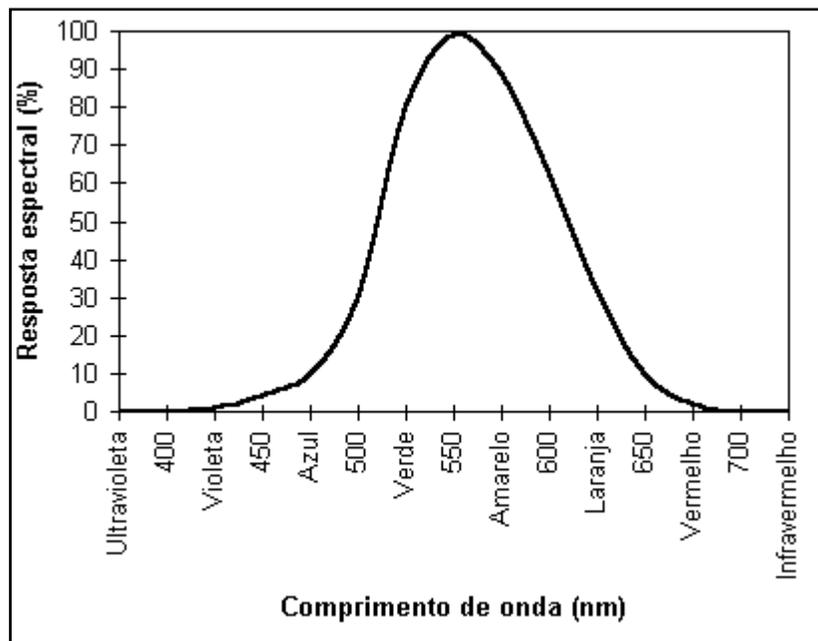


FIGURA 1 - ESPECTRO LUMINOSO

### 2.1.1 Iluminância

Conforme a NBR-5413 (1992), a Iluminância pode ser definida por: “Limite da razão do fluxo luminoso recebido pela superfície em torno de um ponto considerado, para a área da superfície quando esta tende para o zero”, ou seja, é a razão entre o fluxo luminoso e a área da superfície. Simplificando esta função matemática, a iluminância pode ser expressa por:

$$E = \varphi / A$$

Onde:

E: Iluminância, dada em lux;

$\varphi$ : fluxo luminoso, em lúmen;

A: unidade de área em m<sup>2</sup>.

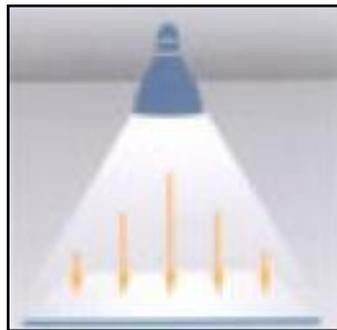


FIGURA 2 - ILUMINÂNCIA EM UM PLANO DE TRABALHO  
FONTE: OSRAM.

Segundo OSRAM (2006), na prática, a iluminância é quantidade de luz dentro de um ambiente, distribuída não uniformemente, devido ao fato de o fluxo luminoso também não ser distribuído de forma uniforme por todo o ambiente. A iluminância é medida com o auxílio de um aparelho chamado luxímetro, este por ser portátil, pode definir a iluminância em vários pontos de um ambiente.

### 2.1.2 Fluxo luminoso

Conforme Creder (2007), o Fluxo Luminoso emitido no interior de um ângulo de sólido de 1 (um) esferorradiano por uma fonte puntiforme de intensidade luminosa invariável e igual a 1 candela, em todas as direções. Em outras palavras, é a quantidade de luz emitida por uma fonte, medida em lúmens, no caso de lâmpadas, ele é dado na tensão nominal de funcionamento (OSRAM).

Símbolo:  $\Phi$

Unidade: lúmen (lm)



FIGURA 3 - FLUXO LUMINOSO EMITIDO POR UMA FONTE  
FONTE: OSRAM

### 2.1.3 Intensidade luminosa

De acordo com Creder (2007), é definida como a Intensidade Luminosa, na direção perpendicular, de uma superfície plana de área igual a  $1/600000\text{m}^2$ , de um corpo negro à temperatura de solidificação da platina, e sob a pressão de  $101325\text{ N/m}^2$ .

Símbolo:  $I$

Unidade: candela (cd)

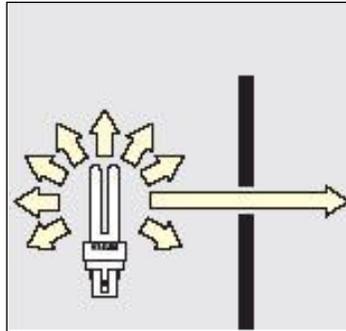


FIGURA 4 - INTENSIDADE LUMINOSA  
FONTE: OSRAM

#### 2.1.4 Luminância

Segundo OSRAM (2006), a Luminância é a reflexão dos raios de luz (não visíveis) em uma superfície transmitindo uma sensação de claridade aos olhos. Em outros termos, é a intensidade luminosa emanada de uma superfície pela área aparente da superfície. Ela pode ser determinada pela seguinte equação:

$$L = I / A \times \text{Cos}\alpha$$

Onde:

L = Luminância, em  $\text{cd}/\text{m}^2$ ;

I = Intensidade Luminosa, em cd;

A = área projetada, em  $\text{m}^2$ ;

$\alpha$  = ângulo considerado, em graus.

### **2.1.5 Eficiência luminosa**

Pode-se afirmar que a Eficiência Luminosa de uma fonte é a razão entre o fluxo luminoso (lm) emitido e a potência consumida (w). Em outras palavras, esta grandeza representa a quantidade de luz que uma fonte pode emitir a partir da potência de 1 (um) Watt. Quanto maior a eficiência de uma lâmpada, maior a luminosidade emitida para uma mesma faixa de consumo (RODRIGUES, 2002). Dentre as lâmpadas disponíveis no comércio, podemos classificá-las de acordo com a eficiência:

- Incandescentes – 10 a 15 lm/w;
- Halógenas – 15 a 25 lm/w;
- Mistas – 20 a 35 lm/w;
- Vapor de Mercúrio – 45 a 55 lm/w;
- Fluorescente tubular – 55 a 75 lm/w;
- Fluorescente compacta – 50 a 80 lm/w;
- Vapor metálico – 65 a 90 lm/w;
- Vapor de Sódio – 80 a 140 lm/w.

### **2.1.6 Índice de reprodução de cor (IRC)**

De acordo com Rodrigues (2002), Índice de Reprodução de Cor é a medida que representa a correspondência entre cor real de um objeto e sua cor aparente diante de uma fonte de luz. Como via de regra, a iluminação deve chegar ao máximo da cor real de um objeto, caso contrário, ela se torna ineficiente, as lâmpadas que possuem um IRC de 100% representam com fidelidade a cor real de um objeto, à medida que o IRC diminui, as cores vão se tornando cada vez mais irreais. Por isso a iluminação para cada tarefa visual deve ser corretamente dimensionada para uma maior eficiência em também para a criação de uma atmosfera agradável.

A Figura 5 mostra os valores de IRC e alguns campos adequados de aplicação.

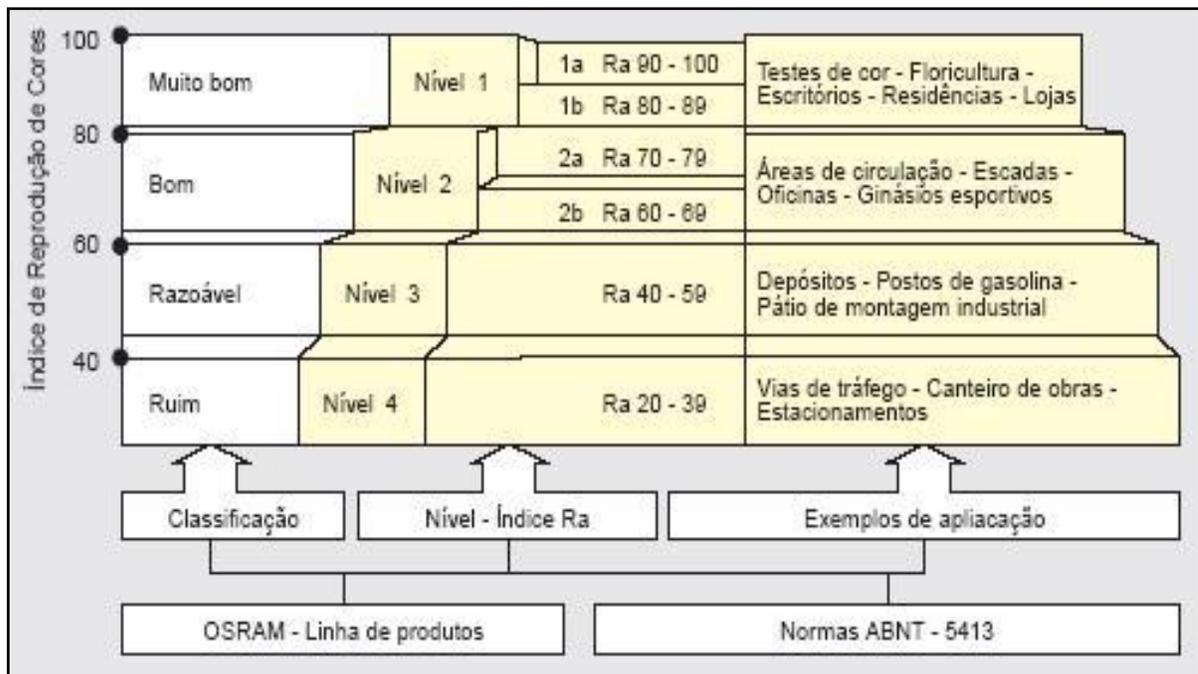


FIGURA 5 - IRC E ALGUMAS APLICAÇÕES

FONTE: OSRAM

### 2.1.7 Temperatura de cor

Conforme Rodrigues (2002), a Temperatura de Cor é a grandeza que expressa aparência de cor da luz, representada em Kelvin (K). Quanto maior a temperatura de cor da luz, mais branca ela é, a luz “quente” é a que tem aparência amarelada e temperatura de cor baixa (cerca de 2000K ou menos), a luz “fria” ao contrário, tem aparência azul-violeta e temperatura de cor alta (6000K ou mais). A luz de aparência “branca natural” é aquela emitida pelo Sol ao meio-dia em céu aberto, representando uma temperatura de cor por volta de 5800K.

### **2.1.8 Ofuscamento**

É o efeito de uma luz forte no campo de visão do olho, que pode causar desconforto e prejudicar o desempenho das atividades realizadas.

De acordo com OSRAM, as situações de ofuscamento podem ser duas:

- Ofuscamento direto, originado através da incidência direta de luz de uma fonte no olho humano;
- Ofuscamento reflexivo, originado através da reflexão da luz no campo de trabalho, direcionando-a ao campo visual.

## **2.2 ILUMINAÇÃO NATURAL**

Como consequência da preocupação constante da sociedade atual com a racionalização do uso da energia elétrica, novas técnicas de utilização da energia natural tendem a surgir e serem colocadas em prática. Segundo Rodrigues (2002), a utilização de uma fonte de captação da luz natural e o controle de incidência da radiação solar direta que passa por ela são estratégias que podem significar uma redução de até 50% do consumo da energia elétrica gasta com iluminação artificial em um prédio.

Mas, devido ao constante movimento da terra ao redor do Sol, a iluminação fornecida pela luz do solar não atinge uniformemente todos os pontos de um ambiente, podendo ter pontos com uma incidência muito alta chegando a causar ofuscamento, e também apresentando pontos em que sua iluminação não se faz necessária para as mais diversas tarefas visuais a serem realizadas (VIANNA e GONÇALVES,2001).

A luz natural pode ser muito útil nas instalações, mas seu uso deve ser tal que a incidência não venha a causar ganho na carga térmica, ou seja, ganho de calor.

Conforme Majoros (1998), a luz natural pode oferecer muitas vantagens, podendo ser utilizada para obter maior qualidade no ambiente de trabalho e maior conforto ambiental, dentre estas vantagens podemos citar:

- Devido ao fato da visão humana ter se desenvolvido com a luz natural, a qualidade da iluminação obtida é melhor;
- A constante mudança na quantidade e direção da luz serve como estimulante fisiológico para o ser humano;
- A luz natural, se coletada de forma correta, fornece valores mais altos de iluminamento se comparado às formas artificiais de iluminação, além do fato de que certos tipos de iluminação artificial podem gerar uma carga térmica maior do que a gerada pela luz natural.

A luz natural é uma energia totalmente limpa e renovável, e seu uso pode descartar ou minimizar a utilização de outras fontes de energia que causam impactos ambientais como, por exemplo, usinas hidroelétricas e termoelétricas.

Para o sistema de iluminação de um edifício devem ser consideradas tanto a iluminação natural quanto a artificial em conjunto. A correta integração entre estes dois sistemas pode amenizar muito ou até solucionar os problemas de variação de luminosidade e contribuir para a redução do consumo de energia elétrica. É muito comum casos em que o aproveitamento da luz natural é exagerado, fazendo até com que a iluminação artificial seja desligada, mas o excesso de luz natural pode fazer com que haja um aumento da carga térmica que, por consequência, exigirá mais do sistema de condicionamento de ar, consumindo mais energia.

Nas edificações modernas, são necessários vários níveis de iluminamento devido ao grande número de pessoas realizando várias atividades distintas em um mesmo ambiente. Para uma melhor eficiência da iluminação artificial, a localização das tarefas com maior exigência visual devem ser sempre próximas às fontes de luz natural, como, por exemplo, perto de uma janela.

## 2.3 ILUMINAÇÃO ARTIFICIAL

Segundo Rodrigues, (2002), a iluminação natural esteve sempre em primeiro plano no sistema de iluminação de uma edificação. Até que, com o surgimento e acessibilidade da energia elétrica, e a invenção da lâmpada, a iluminação artificial se tornou cada vez mais inseparável da edificação.

A luz artificial permitiu ao homem, continuar com suas atividades diurnas também no período noturno, empresas passaram a funcionar também à noite, e os sistemas de iluminação artificial foram se tornando cada vez mais úteis para a sociedade, e a iluminação natural foi ficando em segundo plano.

Vale lembrar que a iluminação artificial seria para as pessoas e não para a edificação, mas nem sempre essa idéia é levada em consideração, por isso, conceitos importantes como quantidade de luz, uniformidade da iluminação e ofuscamento devem ser levados em consideração em um projeto de iluminação eficiente.

Conforme Rodrigues (2002), a eficiência de um sistema de iluminação artificial está basicamente ligada às características técnicas, eficiência e ao rendimento do conjunto.

## 2.4 ILUMINAÇÃO E CONFORTO VISUAL

Conforme Lamberts, Dutra e Pereira (1997), o conforto visual é o principal determinante da necessidade de iluminação de um edifício. Um eficiente sistema de iluminação deve ter direcionamento adequado e iluminação suficiente, proporcionando boa definição de cores e evitando ofuscamento. A consideração dos aspectos fundamentais a respeito da iluminação à nível de projeto é a medida mais efetiva no controle das qualidades visuais dos ambientes.

Ainda conforme os autores citados acima, conforto visual é o conjunto de condições, que, num determinado ambiente, o ser humano possa desenvolver suas

tarefas visuais com o máximo da acuidade e precisão visual, causando menor fadiga e prejuízo à vista e reduzindo possíveis acidentes.

A escolha adequada e a ponderação entre as fontes de luz de um ambiente se tornam difícil, devido às variadas preferências humanas quanto à iluminação, fator este que é subjetivo e varia conforme o sexo e a idade da pessoa, a hora do dia e as atividades desempenhadas no local. Além disso, quanto mais for complicada a tarefa a ser executada e maior for a idade da pessoa, maior deverá ser o nível de iluminamento de um ambiente. Pois, iluminação insuficiente pode causar fadiga visual, dor de cabeça e irritabilidade, além de comprometer a qualidade da tarefa executada.

## 2.5 ILUMINAÇÃO EFICIENTE

Um projeto luminotécnico eficiente deve sempre buscar os seguintes pontos:

- Boas condições de visibilidade;
- Boa reprodução de cores;
- Economia de energia elétrica;
- Facilidade e menores custos de manutenção;
- Preço inicial compatível;
- Utilizar iluminação local de reforço;
- Combinar iluminação natural com artificial.

Um projeto de iluminação deve prover uma distribuição da luminosidade razoavelmente uniforme nos planos iluminados, deve também evitar o deslumbramento das pessoas que utilizam o local, pois o deslumbramento é uma impressão de mal-estar que o ambiente gera nos olhos. Vale também lembrar que a iluminação não é um complemento, mas sim, parte de um projeto global, e que deve-se criar uma iluminação que responda à todos os requisitos que o usuário exige do espaço que está utilizando (RODRIGUES,2002).

A iluminação é um fator determinante na produtividade das atividades que são desenvolvidas no ambiente, por isso, para sistemas que não foram projetos adequadamente, ou que por qualquer outra causa não satisfaça as condições de uso, devem passar por um estudo de revitalização, estudo que considera várias características do sistema atual e apresenta uma saída que atende aos requisitos expostos anteriormente, sempre da maneira mais eficiente e econômica possível.

## 2.6 ILUMINAÇÃO EM SALAS DE AULA

A iluminação em salas de aula deve servir para atividades como escrita e leitura, sempre desenvolvida confortavelmente de acordo com as necessidades particulares. Por muito tempo, os sistemas de iluminação nos ambientes de trabalho foram dimensionados de modo a poupar energia. Os valores recomendados até a década de 50 oscilavam em torno de 10 a 50 Lux, muito abaixo dos níveis atualmente usados (IIDA, 1993).

A iluminância recomendada para iluminação de escolas, para uso em salas de aula, estabelecida pela NBR 5413/92, é no mínimo 300 lux, para usuários com idade inferior a 40 anos, em que a velocidade e a precisão de execução da tarefa visual sejam importantes e em que a reflectância de fundo de tarefa esteja entre 30% a 70%. Determina, também, que se verifique uma iluminância de 500 lux no quadro-negro, observando-se se a luz incidente no mesmo não está criando reflexos prejudiciais à leitura em nenhum ponto da sala; caso necessário deve-se colocar iluminação complementar.

## 2.7 MÉTODOS DE CÁLCULOS DE ILUMINAÇÃO

Segundo Creder (1984), para determinar o número de luminárias necessárias para iluminação dos ambientes, pode ser realizada através de três maneiras:

1ª - pela carga mínima exigida para o ambiente (NB-3);

2ª - pelo método dos lumens e ponto por ponto;

3ª - pelo método das cavidades zonais.

A determinação do número de luminárias através do método da carga mínima é uma aproximação, não tendo grande precisão (CREDER, 1984)

O método dos lumens é considerado bem aceitável pelos projetistas.

O método também utilizado é o método das cavidades zonais.

Entretanto o que apresenta um resultado mais preciso é o método ponto por ponto, porém é um método bastante especializado. Baseia no fluxo médio de luz numa área, na quantidade de luz que incidirá em um determinado ponto da área, sendo necessário pelo projetista o conhecimento da distribuição da luz das diversas fontes de luz existentes, tornando um método pouco utilizado (CREDER, 1984).

### 2.7.1 Método dos Lumens

Para o cálculo através do método dos lumens será necessário:

- 1) Análise do ambiente a ser iluminado, de acordo com seu nível de iluminância (NBR 5413); atividade a ser realizada no ambiente e idade das pessoas que irão freqüentar o local, de acordo com a tabela 1.

TABELA 1 - ILUMINÂNCIAS POR CLASSE DE TAREFAS VISUAIS

Classe	Iluminância (lux)	Tipo de atividade
A	20 – 30 - 50	Áreas públicas com arredores escuros
Iluminação geral para áreas usadas	50 - 75 - 100	Orientação simples para permanência curta
interruptamente ou com tarefas visuais simples	100 – 150 - 200	Recintos não usados para trabalho contínuo; depósitos
	200 – 300 - 500	Tarefas com requisitos visuais limitados, trabalho bruto de maquinaria, auditórios

B	500 – 750 - 1000	Tarefas com requisitos visuais normais, trabalho médio de maquinaria, escritórios
Iluminação geral para área de trabalho	1000 – 1500 - 2000	Tarefas com requisitos especiais, gravação manual, inspeção, indústria de roupas.
C	2000 – 3000 – 5000	Tarefas visuais exatas e prolongadas, eletrônica de tamanho pequeno
Iluminação adicional para tarefas visuais difíceis	5000 – 7500 – 10000	Tarefas visuais muito exatas, montagem de microeletrônica
	10000 – 15000 - 20000	Tarefas visuais muito especiais, cirurgia

FONTE: NBR-5413

Ao observar a Tabela 1, nota-se que são fornecidos três valores de iluminância para cada tipo de atividade / local, dessa maneira para determinar o valor a ser utilizado, a NBR 5413 define alguns procedimentos, que estão especificados nos itens descritos a seguir.

a) Os valores de iluminâncias são definidos por classe de tarefas visuais, sendo que o uso adequado de iluminância específica determinado pelas características da tarefa e do observador a partir dos fatores: idade, velocidade / precisão e refletância do fundo da tarefa. A esses fatores são atribuídos um peso variável entre -1, 0 ou +1, de acordo com a Tabela 2.

TABELA 2 – FATORES DETERMINANTES DA ILUMINÂNCIA ADEQUADA

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

Para a realização desse cálculo deve-se seguir o seguinte procedimento: analisar cada característica para determinar o seu peso (-1, 0 ou +1); somar os três valores encontrados, algebricamente, considerando o sinal; usar a iluminância inferior do grupo, quando o valor total for igual a -2 ou -3; a iluminância superior, quando a soma for +2 ou +3; e a iluminância média, nos outros casos.

b) Considera-se que a maioria das tarefas visuais apresenta pelo menos média precisão; entretanto, de acordo com o item “a” para cada tipo de local ou atividade, três iluminâncias são indicadas, sendo a seleção do valor recomendado feita de acordo com os itens relacionados na Tabela 3:

TABELA 3 - VALORES DE ILUMINANCIA A SEREM CONSIDERADOS

a) Valor médio	Pode ser utilizado em todos os casos
b) Valor mais alto	A tarefa se apresenta com refletâncias e contrastes bastante baixos; O trabalho visual é crítico; Alta produtividade, ou precisão, são de grande importância; A capacidade visual do observador está abaixo da média.
c) Valor mais baixo	refletâncias ou contrastes são relativamente altos; a velocidade e/ou precisão não são importantes; a tarefa é executada ocasionalmente.

2) Escolha da luminária recomendada para o ambiente, tornado indispensável o conhecimento dos mais diversos tipos de luminárias fabricadas.

3) Determinar o índice local do ambiente, relacionando as dimensões do ambiente com o tipo de iluminação a ser utilizado.

4) Determinar o Coeficiente de Utilização, relacionando o fluxo luminoso emitido pela luminária (fluxo total) e o fluxo recebido no plano de trabalho (fluxo útil). Depende das dimensões do local, da cor do teto, piso e parede e do acabamento das luminárias.

A Tabela 4 indica o índice e a porcentagem da reflexão das superfícies em um ambiente do teto, piso e/ou parede.

TABELA 4 - ÍNDICE DE REFLETÂNCIAS

	Branco	Claro	Médio	Escuro
Teto	80%	70%	50%	30%
Parede		50%	30%	10%
Piso			30%	10%

FONTE: NBR-5413

5) Determinar o Fator de Depreciação, também conhecido como fator de manutenção e mostrado na Tabela 5;

TABELA 5 – COEFICIENTE DE DEPRECIAÇÃO

Tipo de ambiente	Período de manutenção (horas)		
	2500	5000	7500
Limpo	0,95	0,91	0,88
Normal	0,91	0,85	0,80
Sujo	0,80	0,66	0,57

FONTE: NBR-5413

6) Calcular o Fluxo Total e o Número de Luminárias a ser utilizado no ambiente.

Após definido a quantidade de luminária que será utilizado no ambiente será necessária a sua distribuição uniformemente. A distância entre as luminárias deve ser considerada o dobro entre a luminária e a parede.

O espaçamento entre as luminárias depende da sua altura ao plano de trabalho (hm) e da sua distribuição de luz. Esse valor situa-se, geralmente, entre 1,0 e 1,5 vezes a altura hm, em ambas as direções.

Deve-se ficar atento no momento da distribuição das luminárias que em alguns casos o número de luminária não se torna uniforme, sendo necessário o aumento ou diminuição da luminária, tomando o cuidado de observar se este aumento não irá provocar claridade ou sombra demais no recinto.

## **2.7.2 Exemplo de Cálculo pelo Método de Lumens em Sala de Aula Padrão**

### **I. Análise do ambiente**

Comprimento: 7,10m

Largura: 7,00m

Pé-direito: 3,10m

Altura do plano de trabalho: 0,80 m

Lâmpadas com potência de 32W, medindo aproximadamente 1,20m de comprimento, da marca PHILIPS, conforme Figura 6.



FIGURA 6 – SALA DE AULA PADRÃO

## **II. Características das luminárias:**

Luminária de embutir com refletor parabólico duplo para duas lâmpadas fluorescentes. Ref: Philips TBS 050/M2 - 2 x TLD 32W;

## **III. Características das lâmpadas:**

As lâmpadas são Fluorescentes com 32 W, fluxo luminoso de 2700 lm, IRC 85 e 4000K. Ref: Philips TLDRS32W-S84-25

#### IV. Escolha da iluminância - E

Decorrente da atividade realizada no depósito ser uma tarefa visual simples e variadas será utilizado a Iluminância, conforme a Tabela 1, de:

$$E = 300 \text{ lux.}$$

#### V. Cálculo do Fator Local – K

O Fator Local é calculado pela expressão:

$$K = \frac{l \times b}{hm (l+b)}$$

Onde:

$l$  = comprimento do local;

$b$  = largura do local;

$hm$  = altura de montagem da luminária (distância da fonte de luz ao plano de trabalho);

$hm = 3,10$

$$K = \frac{7,1 \times 7}{3,10 (7,1+7)}$$
$$K = 1,14$$

#### VI. Determinação do Fator de utilização - $\eta$

Teto: Laje rebocada pintada/cor branco.

Paredes: Pintadas/cor marfim e pastilhas/ bege até a altura de 0,60m

Piso: Cerâmico/ cor branco.

Teto – Branco – 8

Parede – Claro – 5

Piso – Branco – 3

Com os índices indicados acima e comparando com a luminária e modelo utilizado, encontra-se a refletância e o fator de utilização a ser utilizado para determinar o número de luminária, conforme a Tabela 6.

TABELA 6 – FATOR DE UTILIZAÇÃO

Tabela de Fator de Utilização -TBS 050/M2 - 2 x TLD 32W

Fator de Área K	80		70				50		30		0
	50	10	50	30	20	10	10	30	10	10	0
0.60	.31	.29	.30	.30	.29	.24	.24	.20	.23	.20	.19
0.80	.39	.37	.38	.37	.36	.31	.31	.27	.30	.27	.26
1.00	.46	.42	.45	.43	.42	.37	.36	.33	.36	.33	.31
1.25	.52	.47	.51	.49	.47	.42	.42	.38	.41	.38	.37
1.50	.56	.51	.55	.53	.51	.46	.46	.43	.45	.42	.41
2.00	.63	.57	.62	.59	.56	.52	.51	.49	.51	.48	.47
2.50	.68	.60	.66	.62	.59	.56	.55	.53	.54	.52	.51
3.00	.71	.62	.69	.65	.61	.59	.58	.56	.57	.55	.53
4.00	.75	.65	.72	.68	.64	.62	.61	.59	.60	.58	.56
5.00	.77	.66	.75	.70	.65	.64	.62	.61	.61	.60	.58

FONTE: MANUAL PHILIPS

Para um valor de K = 1,14 e refletâncias de teto, paredes e piso, de 80%, 50% e 30%, respectivamente, obtém-se, por interpolação (média linear), o valor de 0,47 para o Fator de Utilização.

$$\eta = 0,47$$

## VII. Determinação do Fator de Depreciação – d

O ambiente será considerado Normal com um período de manutenção de 7500 horas, envolvendo limpeza e troca das lâmpadas, como mostra a Tabela 4.

$$d = 0,80$$

## VIII. Cálculo do Fluxo Total

O Fluxo total do ambiente em lumens é determinado pela expressão abaixo:

$$\phi T = \frac{S \times E}{\eta \times d}$$

Onde:

S = área do recinto, em m<sup>2</sup>;

E = iluminância em lux;

η = coeficiente de utilização;

d = fator de depreciação.

$$\phi T = \frac{(7 \times 7,1) \times 300}{0,52 \times 0,8}$$

$$\phi T = 35.841 \text{ lumens}$$

## IX. Número de luminárias

O número de luminárias indicadas para iluminar um ambiente é determinado seguinte expressão:

$$N = \frac{\phi T}{\varphi}$$

Onde:

φ<sub>T</sub> = fluxo total em lumens;

φ = fluxo luminoso em lumens por uma luminária.

$$N = 8,84 \rightarrow N = 9 \text{ luminárias}$$

### **3. METODOLOGIA**

A metodologia do trabalho consta das seguintes etapas:

- I. Escolha das escolas a serem pesquisadas;
- II. Avaliações das salas de aulas das escolas levantando em conta as dimensões (altura, largura e comprimento); cores das paredes, teto e piso;
- III. Quantidade de luminárias;
- IV. Medições da iluminância nas salas de aulas;
- V. Comparações dos cálculos encontrados nas salas de aulas com o método dos lumens.

#### **3.1 DEFINIÇÃO DOS COLÉGIOS PARA AVALIAÇÃO DA ILUMINAÇÃO**

Foram definidas para a avaliação da iluminâncias das salas de aulas os colégios:

- Colégio Estadual Quatro Pontes;
- Colégio Estadual Eron Domingues;
- Colégio Estadual Antonio Maximiliano Ceretta;

#### **3.2 EQUIPAMENTO UTILIZADO PARA A MEDIÇÃO DAS ILUMINACIAS**

O equipamento utilizado para as medições de iluminância foi o Luxímetro Digital modelo THDL-400 da marca INSTRUTHERM conforme apresentado na Figura 7. O equipamento apresenta um elemento fotossensor, que é estimulado quando exposto à luminosidade e, por meio de seu sistema eletrônico de conversão, converte este estímulo em uma medida de luminosidade – a iluminância – e a exibe imediatamente e seu display digital.



FIGURA 7 – APARELHO UTILIZADO NAS MEDIÇÕES

### 3.3 AVALIAÇÃO DAS SALAS DE AULA

#### a) Colégio Estadual Quatro Pontes;

Localizado na Rua Cruz Alta no centro da cidade de Quatro Pontes. O colégio oferece aos seus alunos o aprendizado do Ensino Fundamental ao Ensino Médio no período matutino, vespertino e noturno.

No Colégio Estadual Quatro Pontes as medições foram realizadas no período vespertino e com tempo ensolarado.

O colégio está instalado no mesmo local da escola municipal, possui 11 salas de aulas como mostra a Figura 8. Foi escolhida para avaliação da iluminação uma sala de aula.

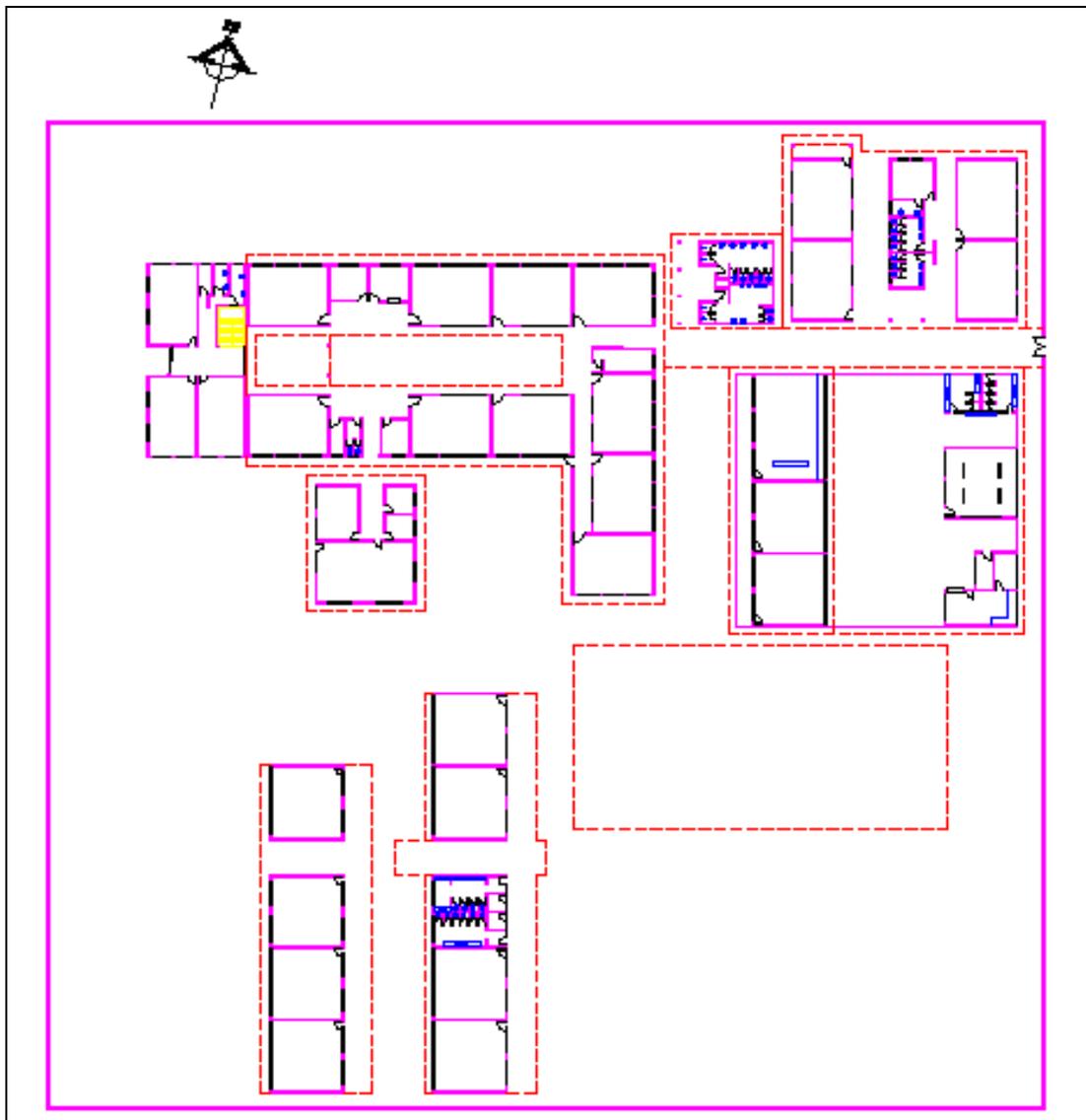


FIGURA 8: PLANTA BAIXA DO COLÉGIO ESTADUAL QUATRO PONTES

As salas possuem instaladas 04 luminárias fluorescentes de sobrepor com 03 lâmpadas de 40 W. A sala de aula apresenta um sistema de iluminação natural, proveniente das janelas do tipo basculante (3,35 X 2,40m) no lado externo e (2,30 X 0,80) no lado interno, compostas por caixilhos de ferro e vidros transparentes, que ocupam a parede toda de uma das laterais; e artificial, dos quatro pontos com três lâmpadas fluorescentes cada.



FIGURA 9: SALA DE AULA DO COLÉGIO QUATRO PONTES.

Pode-se verificar através da figura acima que parte da janela basculante externa possui isofilme. O pé-direito da sala de aula é de 3,10 m e o índice de refletância do teto é de 80% ou 8 (superfície branca), nas paredes o índice de refletâncias é de 50% ou 5 (superfície branca) e no piso o índice de refletância é de 10% ou 1 (superfície escura).

#### b) Colégio Estadual Eron Domingues

O colégio está localizado no centro da cidade de Marechal Candido Rondon. Atualmente oferece no período matutino e vespertino o Ensino Fundamental e Médio.

O colégio possui 23 salas de aulas mostradas na Figura 10.

No Colégio Estadual Eron Domingues as medições foram realizadas no período vespertino com tempo ensolarado.

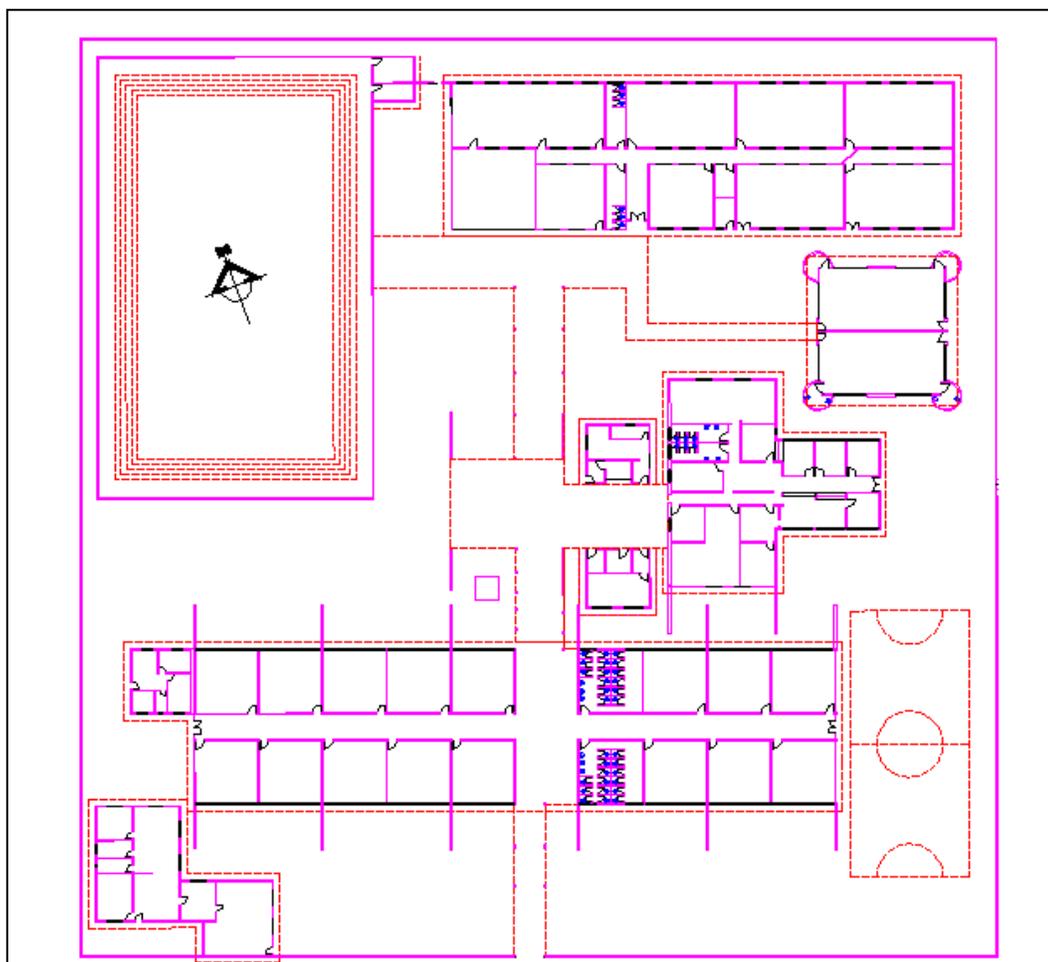


FIGURA 10: PLANTA BAIXA COLÉGIO ESTADUAL ERON DOMINGUES.

Na sala de aula em estudo foram instaladas 06 luminárias comerciais de sobrepor composta com 2 lâmpadas de 40W, distribuídas conforme mostrado na Figura 11.

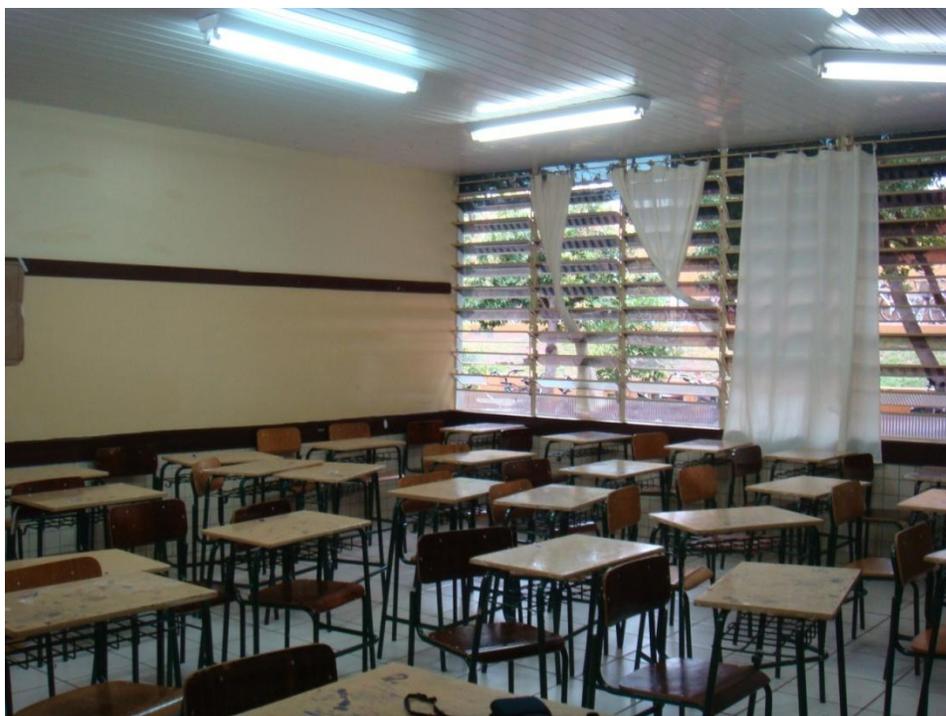


FIGURA 11: SALA DE AULA DO COLÉGIO ERON DOMINGUES

Na figura acima pode-se verificar que a janela basculante externa abrange toda a parede, ou seja 6,85m de comprimento.

As paredes das salas de aulas possuem o índice de refletância de 50% ou 5 por apresentar metade da parede pintada na cor clara e metade composta de pastilhas claras. O teto possui o índice de refletância de 80% ou 8 em decorrência de ser da cor branca. O piso possui o índice de refletância de 30% ou 3 por apresentar a cor branca.

Em todo o ambiente escolar o pé-direito é considerado de 2,98m.

As luminárias não estão distribuídas uniformemente.

c) Colégio Estadual Antonio Maximiliano Ceretta

Também localizado no município e Marechal Candido Rondon, com 13 salas de aulas (Figura 12). Oferece aos seus alunos o ensino fundamental e médio nos períodos matutino, vespertino e noturno.

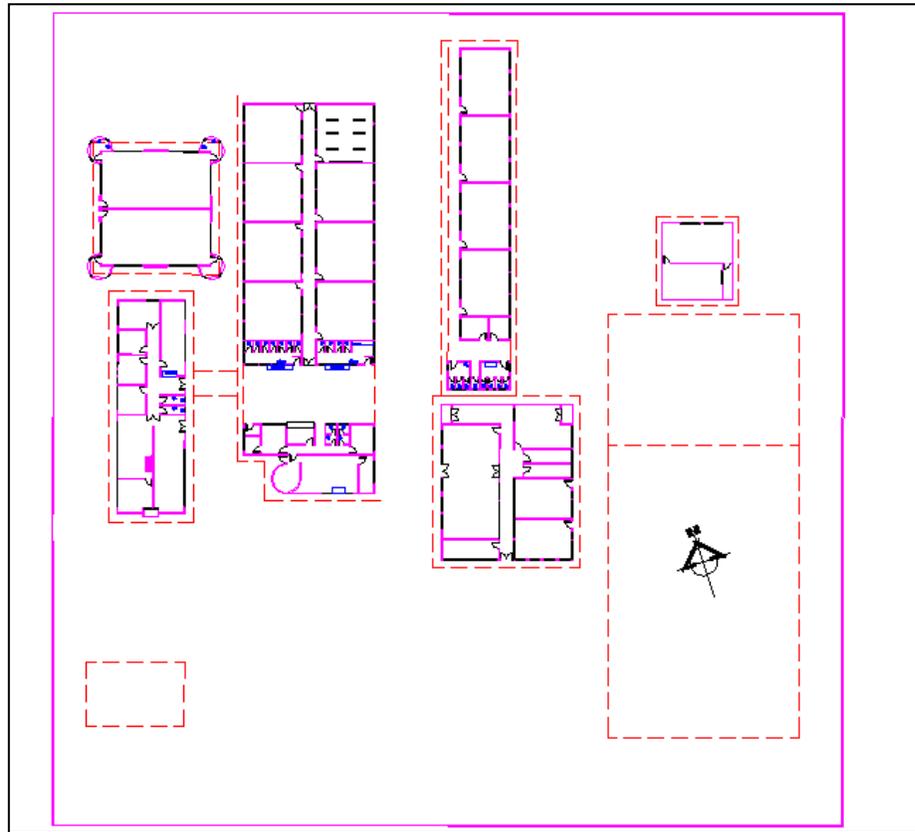


FIGURA 12: PLANTA BAIXA COLÉGIO ESTADUAL ANTONIO MAXIMILIANO CERETTA

A sala de aula avaliada possui luminárias comercial de sobrepôr com 02 lâmpadas de 40 W e o pé-direito de 2,85m.

Como mostra a Figura 13, as paredes pelo fato de serem pintadas nas cores claras e terem pastilhas nas cores claras apresentam índice de refletância de 50% ou 5. O teto por ser branco possui o índice de refletância de 70% ou 7 e o piso tem o índice de refletância de 30% ou 3 por apresentar a cor branca.

A medição foi realizada em apenas 01 sala de aula. As luminárias instaladas estão distribuídas uniformemente.



FIGURA 13: SALA DE AULA DO COLÉGIO ANTONIO MAXIMILIANO CERETTA.

## 4. LEVANTAMENTO DE DADOS

### 4.1 MEDIÇÕES E COMPARAÇÕES COM RESULTADOS PREVISTOS

#### 4.1.1 Colégio Estadual Quatro Pontes

Os valores das medições realizadas na sala de aula do colégio são mostrados respectivamente na Figura 14.

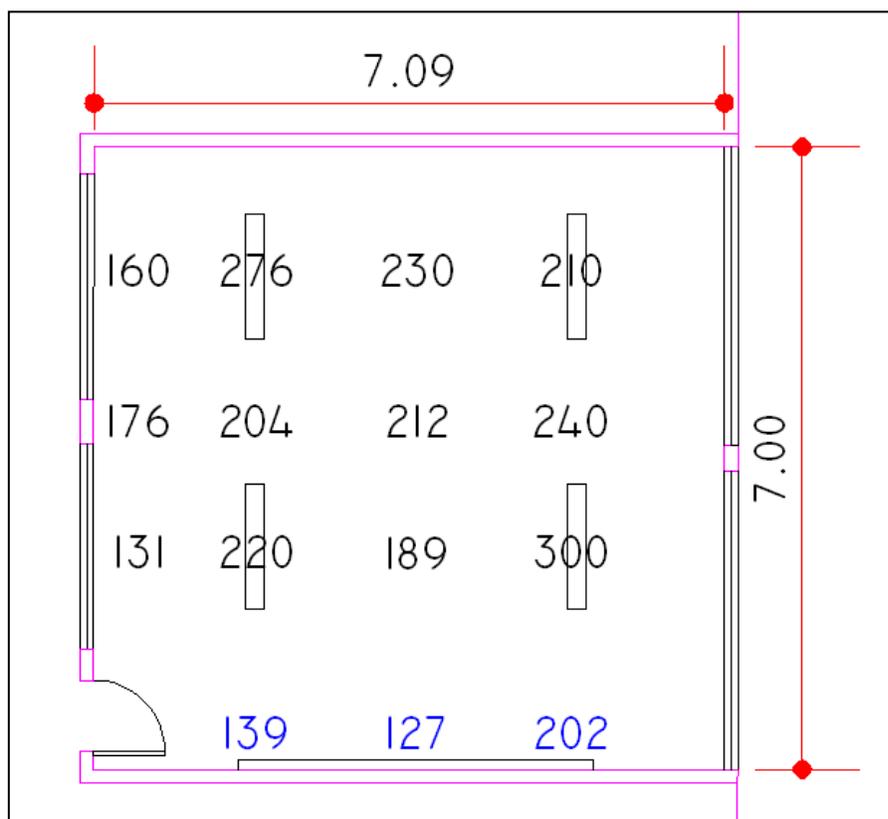


FIGURA 14: MEDIÇÃO DA SALA DE AULA DO COLÉGIO QUATRO PONTES

Os valores medidos destacados em azul na Figura anterior foram realizados na altura do quadro negro.

As medições técnicas referentes à iluminação, realizadas nesse local, apresentaram um valor médio de 201 lux, pois, oscilaram entre os valores de 127 lux e 300 lux. Seguindo as indicações da NBR 5413 para desenvolver a classificação da

qualidade lumínica do local, calculou-se a porcentagem de iluminação obtendo-se um valor médio de 67% da porcentagem da ocorrência de iluminação indicada para o ambiente. Foram identificados alguns problemas com superfícies refletoras dentro da sala de aula, pois o sol incide diretamente na sala durante o período matutino. Cortinas e isofilmes estão sendo utilizadas a fim de evitar a incidência dos raios.

### 3.1.2 Colégio Estadual Eron Domingues

Os valores das medições realizadas na sala de aula do colégio são mostrados na Figura 15. Os valores medidos destacados em azul foram realizados na altura do quadro negro.

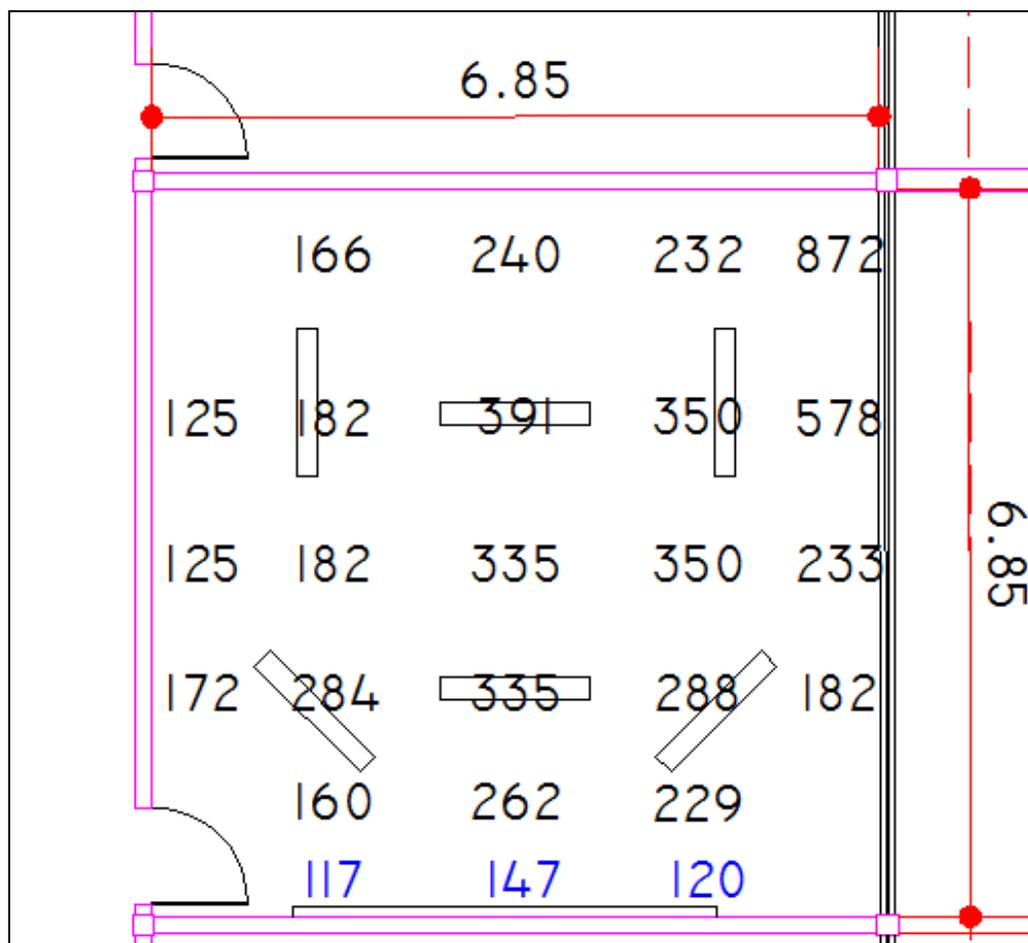


FIGURA 15: MEDIÇÃO DA SALA DE AULA DO COLÉGIO ERON DOMINGUES

As medições referentes à iluminação, realizadas nesse local, oscilaram entre os valores de 117 lux e 872 lux, resultando num valor médio de 266 lux. Dessa maneira, ao calcular-se a porcentagem de iluminamento, por meio da comparação dos valores medidos *in loco* com o valor recomendado obteve-se valor de 88%. Destaca-se ainda, que foram identificados problemas com superfícies refletoras dentro da sala de aula.

### 3.1.3 Colégio Estadual Antonio Maximiliano Ceretta

Os valores das medições realizadas na sala de aula do colégio são mostrados na Figura 16. Os valores medidos destacados em azul na figura foram realizados na altura do quadro negro.

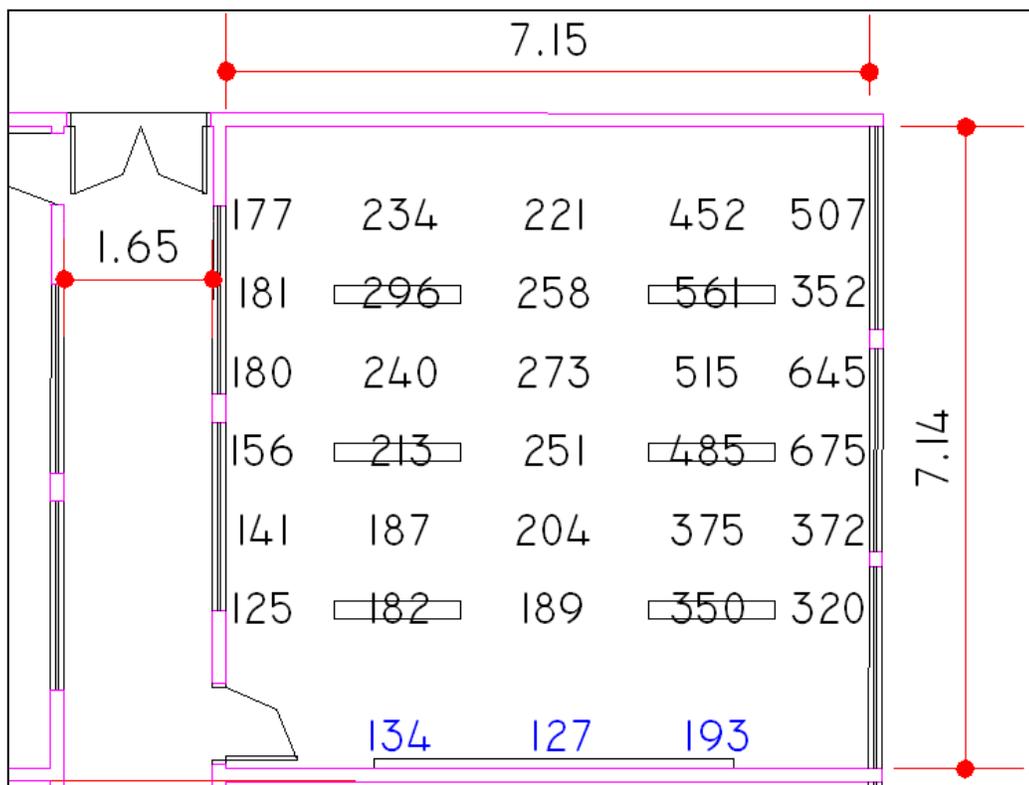


FIGURA 16: MEDIÇÃO DA SALA DE AULA DO COLÉGIO ANTONIO MAXIMILIANO CERETTA

As medições referentes à iluminação, realizadas nesse local, oscilaram entre os valores de 125 lux e 675 lux, resultando num valor médio de 296 lux. Dessa maneira, ao calcular-se a porcentagem de iluminamento, por meio da comparação dos valores medidos *in loco* com o valor recomendado obtiveram-se valores que indicaram a ocorrência de iluminamento no ambiente em porcentagem de 98% do valor indicado, ou seja, o nível de iluminamento está aproximadamente em 100%, indicando que a iluminação do local é boa, porém existem pontos em que a iluminação está muito abaixo do recomendando, estes locais são próximos as janelas do corredor.

## 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O ambiente escolar é de grande importância para o aprendizado do aluno, visto que é neste ambiente que o educando passa, no mínimo, quatro horas diariamente, podendo este período estender-se ainda por mais horas. Portanto, além do programa de ensino, não menos importante para a formação do aluno é a adequação ergonômica do ambiente, o que envolve determinadas condições de ordem física, como a limpeza, a organização, a conservação, a iluminação, a temperatura, o ruído e o mobiliário escolar.

A prática mostra que as atividades de ler e escrever exigem boa iluminância, a qual foi estabelecida pela Norma NBR 5413 como sendo de no mínimo 300 lux e no máximo 700 lux, para ambientes escolares. Os valores maiores que 700 lux tendem a produzir ofuscamento, segundo a mesma Norma, e devem ser controlados com dispositivos adequados de sombreamento, sem prejuízo da iluminância necessária. Valores de iluminância inferiores a 300 lux tendem a gerar desconforto visual com prejuízo para a saúde dos olhos. Outrossim, as paredes, o teto, os móveis e os equipamentos devem ser de cores claras (não brilhantes), conforme o *Manual ABILUX*, (1992), pois assim refletem a luz, mas não geram ofuscamento e podem aumentar a iluminância em até 35%, com possibilidade de redução no consumo de energia elétrica para iluminação.

A iluminação natural é um critério bastante complicado de se mensurar, devido à variabilidade do tempo, ou seja, da nebulosidade do céu, ora permitindo uma adequada iluminação, ora prejudicando-a. Além disto a grande variação da iluminação propiciada pela iluminação natural provoca nos usuários uma fadiga visual, conseqüente da constante oscilação da pupila, que se altera conforme os diferentes níveis de iluminação, com o objetivo de se adaptar ao ambiente descrito.

Quanto ao aspecto qualitativo, observou-se que pode ocorrer ofuscamento (direto e indireto) em alguns postos de trabalho, enquanto que outros apresentam problemas de sombreamento e pouca iluminação. Estes podem provocar problemas de postura; fadiga e irritabilidade, respectivamente.

Pode-se observar que as pessoas não possuem o hábito de desligar as lâmpadas, mesmo quando a iluminação natural supre as necessidades visuais. 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 de forma aleatória, (uma sim, uma não) e não de forma paralela às janelas.

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMORIM, C.N.D. *Iluminação Natural e Eficiência Energética – Parte I. Estratégias de Projeto para uma Arquitetura Sustentável*. Brasília, Nov. 2002. Disponível em: <<http://www.unb.br/fau/pesquisa/sustentabilidade/iluminacao/etc/parte1.pdf> > Acesso em: 15/04/2006.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *Iluminância de Interiores* (NBR 5413:1992). Rio de Janeiro. 1992, 13p.

CREDER, Hélio. *Instalações Elétricas*. 15ª Edição. Rio de Janeiro: Editora LTC, 2007.

LAMBERTS, Roberto; DUTRA, Luciano; PEREIRA, Fernando O. R. *Eficiência Energética na Arquitetura*. 1ª Edição. São Paulo: Editora PW, 1997.

KRÜGER, Eduardo. *Conforto ambiental em salas de aula*. Revista: *Engenharia e Construção*, abr. 2002.

KOWALTOWSKI, Doris C. C. K.; LABAKI, Lucila C. *O projeto arquitetônico e o conforto ambiental: necessidade de uma metodologia*. (VI ENCONTRO NACIONAL E III ENCONTRO LATINO-AMERICANO SOBRE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO. São Pedro/SP, Brasil, 11 a 14 de novembro de 2001). *Anais do ANTAC*, 2001. CDRom.

OSRAM. *Manual Luminotécnico Prático*. Disponível em <[http://br.osram.info/download\\_center/manual\\_luminotectico.htm](http://br.osram.info/download_center/manual_luminotectico.htm)> Acesso em: 09/05/2006.

RODRIGUES, Pierre. *Manual de Iluminação Eficiente*. 1ª Edição. 2002.

VIANNA, Nelson Solano; GONÇALVES, Joana Carla Soares. *Iluminação e arquitetura*. Universidade do Grande ABC. São Paulo: Virtus, 2001.