

SANDRA REGINA MARCHI

**ANÁLISE DA INFLUÊNCIA DA COR NO POTENCIAL DE
APROVEITAMENTO DA LUZ NATURAL NO
AMBIENTE CONSTRUÍDO**

**CURITIBA
2007**

SANDRA REGINA MARCHI

**ANÁLISE DA INFLUÊNCIA DA COR NO POTENCIAL DE
APROVEITAMENTO DA LUZ NATURAL NO
AMBIENTE CONSTRUÍDO**

Dissertação apresentada como requisito parcial para a obtenção do grau de Mestre em Engenharia Mecânica, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica, Setor de Tecnologia, Universidade Federal do Paraná.

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Maria Lúcia Leite Ribeiro Okimoto

Co-orientador: Prof. Dr. Eduardo Leite Krüger

**CURITIBA
2007**

TERMO DE APROVAÇÃO

SANDRA REGINA MARCHI

ANÁLISE DA INFLUÊNCIA DA COR NO POTENCIAL DE APROVEITAMENTO DA LUZ NATURAL NO AMBIENTE CONSTRUÍDO

Dissertação aprovada como requisito parcial à obtenção de grau de Mestre em Engenharia Mecânica, área Mecânica, no Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica, Setor de Tecnologia da Universidade Federal do Paraná.

Banca Examinadora:

Prof. Dr. Aguinaldo dos Santos
UFPR

Prof. Dr. Eugenio Andrés Díaz Merino
UFSC

Prof.^a. Dr.^a. Maria Lúcia Leite Ribeiro Okimoto
UFPR
Presidente

Curitiba, 12 de fevereiro de 2007

Ao meu amado esposo e companheiro **Paulo**.

Ao meu querido filho **Victor**.

Aos meus queridos pais **Luiz** e **Betty**.

Agradecimentos

À Professora Maria Lúcia Leite Ribeiro Okimoto pela orientação competente,
paciente e amiga.

Ao professor Eduardo Leite Krüger, pela orientação e acompanhamento pontual.

Ao meu querido esposo Paulo pelo amor, incentivo, companheirismo e paciência em
todos os momentos.

Aos meus pais Luiz e Betty pela oportunidade dada a mim de estar neste mundo e
neste caminho, sempre apoiando e incentivando carinhosamente a prosseguir.

À Marli Bazan Santana pela amizade, cuidado e carinho que dispensou ao nosso lar
e ao nosso filho.

Aos colegas Leonardo Gomes, Tiago Marcelo Araújo dos Santos e João Paulo
Furlaneto pela pronta ajuda sempre que necessário.

À Universidade Federal do Paraná.

À Coordenação de Aperfeiçoamento Pessoal de Nível Superior – CNPq, pela bolsa
de estudos e pelo apoio financeiro concedido.

À todos os professores e coordenadores do Programa de pós-graduação em
Engenharia Mecânica (PG – Mec), especialmente ao secretário Márcio B. Tenório.

A todos os que direta ou indiretamente contribuíram para a realização desta
pesquisa.

E, sobretudo, agradeço a **Deus**, que me concedeu realizar este trabalho e galgar
mais um degrau na jornada terrena. Agradeço aos mentores e protetores espirituais
que estiveram do meu lado durante este percurso.

“A Cor apoderou-se de mim. Sei que ela me tomou para sempre.
Tal é o significado deste momento abençoado. A Cor e eu somos um.
Sou Pintor.”

Paul Klee (1914)

RESUMO

MARCHI, Sandra Regina. **Análise da Influência da Cor no Potencial de Aproveitamento da Luz Natural no Ambiente Construído**. 2007. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) – Programa de pós-graduação em Engenharia Mecânica, Universidade do Paraná, Curitiba.

Neste estudo procurou-se analisar a influência das cores das paredes e das divisórias no potencial de aproveitamento da luz natural em ambientes construídos de locais de trabalho em dia de céu encoberto, padrão para a cidade de Curitiba. Através do *software* DLN apresentado por Scarazzato (1995) obtiveram-se os dados sobre a disponibilidade de luz natural no inverno e verão, em dia de céu encoberto. Estes dados são aplicados no cálculo específico do DF (*Daylight Factor*) para a obtenção do potencial de luz natural no ambiente. Também se utilizou o *software* Luz do Sol para determinar a Componente Celeste (CC_p), que influencia a quantidade de luz difusa recebida no ambiente. O coeficiente de refletância das cores analisadas permitiu avaliar o potencial de aproveitamento da luz natural disponível no inverno e verão para a cidade de Curitiba, durante diversas horas do dia. Verificou-se que a cor das paredes internas exerce baixa influência sobre a iluminância interna do ambiente em dia de céu encoberto. O tamanho e o posicionamento das aberturas de janela são os fatores que ocasionaram melhor resultado para o potencial de aproveitamento da luz natural, tanto no inverno quanto no verão.

Palavras-Chave: Ergonomia Ambiental. Cor do Ambiente. Iluminação Natural.

ABSTRACT

MARCHI, Sandra Regina. **Analysis of the Influence of the Color in the Potential of Use of the Daylight in the Built Environment**. 2007. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) – Programa de pós-graduação em Engenharia Mecânica, UFPR, Curitiba.

In this work, the main objective was the analysis of the wall color influence on the potential of use daylighting built environments. By means of the DLN software, presented by Scarazzato (1995), outdoor illuminances under overcast sky were applied in the specific calculation of the DF coefficient (Daylight Factor) in order to assess the potential of daylighting in the environment. Also, the “Luz do Sol” software was used to obtain the Sky Component (CC_p), that it influences the amount of received diffuse light in the environment. The reflectance coefficient of the analyzed colors allowed evaluating the potential of use of available daylighting in winter and in summer for the city of Curitiba during several hours of the day. It was verified that, for a day of overcast sky, the color of the walls is of little influence on the indoor illuminance of the built environment. For both winter and summer, the size and the positioning of the window openings are the factors that had better caused resulted for the potential of use daylighting.

Key words: Environmental Ergonomics. Environmental Color. Daylighting.

LISTAS DE FIGURAS

Figura 1 – Fluxograma das etapas da pesquisa.....	49
Figura 2 – CC_p , componente de céu no ponto p, adaptado de NBR 15215-4 (2004).....	55
Figura 3 -. CRE, componente de reflexão externa, adaptado de NBR 15215-4 (2004).....	56
Figura 4 - CRI, componente de reflexão interna, adaptado de NBR 15215-4 (2004).....	57
Figura 5 – Fluxograma de procedimento para o cálculo das iluminâncias.....	60
Figura 6 – Planta da sala com as aberturas WWR 17%, 34%,52% e diferentes posicionamentos.....	62
Figura 7 – Inverno, uma janela no canto WWR 17%.....	67
Figura 8 – Verão, uma janela no canto WWR 17%.....	67
Figura 9 – Inverno, duas janelas e uma janela WWR 34%.....	69
Figura 10 – Verão, duas janelas e uma janela WWR 34%.....	70
Figura 11 – Inverno e verão, janelas WWR 17% canto e centro do ambiente, diversos horários.....	73
Figura 12 – Inverno e verão, abertura WWR 34%, duas janela e uma janela no centro do ambiente, diversos horários.....	77
Figura 13 – Divisórias - inverno, uma janela no canto e centro WWR 17%.....	79
Figura 14 – Divisórias - verão, uma janela no canto e centro WWR 17%.....	82
Figura 15 – Divisórias - inverno, duas janelas e uma janela WWR 34% centralizada.....	83
Figura 16 – Divisórias - verão, duas janelas e uma janela WWR 34% centralizada.....	85
Figura 17 – Inverno e verão, janelas WWR 17% canto e centro do ambiente, diversos horários.....	86
Figura 18 – Inverno e verão, abertura WWR 34%, duas janelas e uma janela no centro do ambiente, diversos horários.....	90
Figura 19 - Inverno e verão, abertura WWR 52%, diversos horários.....	93
Figura A-B – Procedimento para a coleta de dados no método do Papel Branco.....	117
Figura C – Procedimento para a coleta de dados no método do Luminacímetro.....	117

LISTA DE TABELA

Tabela 1 – Cores de tintas e de divisórias, código RGB do espectro cromático da Adobe PhotoShop 7.01 (programa utilizado para o tratamento de imagem).....	51
Tabela 2 - Índices de refletância para diferentes cores.Adaptado: Piloto Neto (1980, p. 119), Santos <i>et al.</i> (1992, p. 91) e Castro <i>et al.</i> (2003).....	65
Tabela 3 – Diferença de iluminâncias internas entre inverno e verão para as aberturas WWR 17%, 34% e 52%.....	80
Tabela 4 – Comparativo de iluminância de cores de tintas através do métodos do papel branco e do luminômetro.....	118

APÊNDICE

APÊNDICE 1 – Questionário aplicado aos arquitetos e decoradores para a escolha das cores de tintas.....	115
APÊNDICE 2 - Procedimento para a coleta de dados de refletância.....	117
APÊNDICE 3 - Resultados Experimentais.....	118
APÊNDICE 4 – Diagrama do Software luz do Sol com malha quadriculada 4x4mm.....	120
APÊNDICE 5 - Identificação de cores de tintas em padrão RGB.....	121

ANEXOS

ANEXO 1 – Especificação de Equipamentos.....	125
---	-----

SUMÁRIO

RESUMO.....	8
ABSTRACT.....	9
CAPÍTULO 1	
INTRODUÇÃO E OBJETIVOS.....	12
1.1 Hipótese de Trabalho.....	15
1.2 Objetivos de Trabalho.....	15
1.3 Metodologia de Estudo.....	15
1.4 Justificativa.....	16
1.5 Limitações de Estudo.....	16
1.6 Estrutura do Trabalho.....	17
CAPÍTULO 2	
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	19
2.1 A Ergonomia e o Ambiente de Trabalho.....	19
2.2 A Luz Natural.....	23
2.3 Fontes de Luz Natural.....	25
2.3.1 Luz do Sol.....	26
2.3.2 Luz do Céu.....	26
2.3.3 Luz de Fontes Indiretas.....	28
2.4 Disponibilidade de Luz Natural.....	28
2.5 Características da Iluminação Natural.....	29

2.6 A Iluminação Natural e o Projeto Luminotécnico.....	30
2.7 Aberturas em Ambiente de Trabalho.....	32
2.8 Potencial de Aproveitamento da Iluminação Natural.....	33
2.9 Sistemas de Iluminação Natural.....	38
2.10 Benefícios da Luz Natural.....	39
2.11 Métodos de Avaliação da Luz Natural.....	45

CAPÍTULO 3

3 PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL.....	48
3.1 Critérios de Seleção das Cores.....	50
3.2 Critérios de Seleção da Sala.....	52
3.3 Materiais.....	52
3.4 Método de Avaliação dos Coeficientes de Reflexão.....	53
3.5 Altura de Posicionamento das Telas.....	53
3.6 Situações Consideradas.....	54
3.7 Simulação de Luz Natural.....	54
3.8 Método de Análise / Procedimento de Cálculo.....	55
3.9 Aplicação do Procedimento de Cálculo	59
3.10 Limitações do estudo.....	61
3.11 Simulações.....	61

CAPÍTULO 4

RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	63
4.1 Índice de Refletância das Cores de Tintas e Divisórias Influência da Posição das Janelas e Cores de Tintas.....	64
4.2 Influência da Posição das Janelas no Efeito de Cores de Tintas	66
4.2.1 Comparação entre Janelas WWR 17% (abertura no canto/centro do ambiente – inverno/verão).....	66
4.2.2 Comparação entre Janelas WWR 34% (ambiente com duas aberturas de 1.30m X ambiente com uma abertura de 2.60m – inverno/verão)	68
4.3 Iluminâncias Internas para Diferentes Horários do Dia inverno/verão.....	71
4.3.1 Abertura WWR 17% Canto e Centro do Ambiente – Inverno e Verão.....	71
4.3.2 Abertura WWR 34%, duas Janelas e uma janela no Centro do Ambiente – Inverno e Verão.....	75
4.4 Abertura WWR 52% – Inverno e Verão.....	78
4.5 Influência da Posição das Janelas nas Cores de Divisórias.....	81

4.5.1 Comparação entre Janelas WWR 17% (abertura no canto/centro do ambiente – inverno/verão).....	81
4.6 Comparação entre Janelas WWR 34% (ambiente com duas aberturas de 1,30m X ambiente com uma abertura de 2,60m – inverno/verão).....	84
4.7 Iluminâncias Internas para Diferentes Horários do Dia inverno/verão.....	86
4.7.1 Abertura WWR 17% Canto e Centro do Ambiente – Inverno e Verão.....	86
4.7.2 Abertura WWR 34%, Duas Janelas e Uma janela no Centro do Ambiente – Inverno e Verão.....	89
4.8 Abertura WWR 52% – Inverno e Verão.....	92

CAPÍTULO 5

CONCLUSÕES.....	95
SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS.....	100
REFERÊNCIAS.....	101
APÊNDICE.....	115
GLOSSÁRIO.....	123
ANEXOS.....	125

CAPÍTULO 1

Introdução e Objetivos

Segundo Pedrosa (1989, p. 37) “o homem inicia a conquista da cor ao iniciar a própria conquista da condição humana”. Ou seja, o homem sempre esteve rodeado de cores desde os tempos pré-históricos e a partir de então as cores passaram a fazer parte do inconsciente do indivíduo e o seu desenvolvimento está registrado nos livros de arte. Entretanto a popularização da cor tem seu grande desenvolvimento no século XX, graças ao desenvolvimento tecnológico dos pigmentos, o que originou, como consequência, outros estudos de origem comportamental que procuram analisar as influências da cor no cotidiano humano (FONSECA *et al.*, 2003, 2006; VIANNA *et al.*, 2001; MAHNKE, 1996; PILOTTO, 1980).

A cor passa a ser consagrada em normas ligadas à segurança; o uso da cor passa a ser uma necessidade na atualidade. Entretanto o uso da cor pode ser adequado ou até mesmo inadequado ao ambiente. De acordo com a NB 57 – Iluminância de interiores (ABNT, 1991), a quantidade de luz desejada e necessária para qualquer instalação depende, em primeiro lugar, da atividade a ser executada. O grau de habilidade requerida, a minuciosidade do detalhe a ser observado, a refletividade da cor e o tipo da tarefa, assim como os arredores imediatos, afetam as

necessidades de iluminância, que produzirão as condições de visibilidade máxima (PILOTTO, 1980; FARINA, 1982; LAMBERTS *et al.*, 1997).

A Sociedade de Engenharia de Iluminação Americana recomenda que o uso estético da cor para produzir um interior agradável requer uma coordenação entre o decorador de interiores e o especialista em iluminação. Recomenda, ainda, que arquitetos, engenheiros, projetistas industriais, ergonomistas, urbanistas, estilistas de cor e projetistas de iluminação tenham conhecimento do mecanismo da cor (COSTA, 1998; SANTOS *et al.*, 2005; GOMES, 1999).

O controle do ambiente deve ser parte da ordenação básica de qualquer projeto. As questões relacionadas à adequabilidade dos espaços, especialmente aquelas referentes às condições do conforto luminoso são fundamentais para uma atividade que pretende colocar a satisfação do homem como o seu principal objetivo. O conceito de conforto, neste contexto, pode ser entendido como a avaliação das exigências humanas, pois está baseado no princípio de que quanto maior for o esforço de adaptação do indivíduo, maior será sua sensação de desconforto. Mas o que seria este “maior esforço de adaptação?” Do ponto de vista fisiológico, o indivíduo dispõe de sistemas de percepção da luz, que apesar de complexos são facilmente compreensíveis (VIANNA *et al.*, 2001, p. 83; GOMES, 1999).

Para o desenvolvimento de determinadas tarefas visuais, o olho necessita de condições específicas e que dependem dessas próprias atividades para estipular a maior ou a menor quantidade de luz. Então, quanto melhores forem as condições propiciadas pelo ambiente, menor será o esforço físico que o olho terá de fazer para se adaptar às condições ambientais e desenvolver bem a atividade (VIANNA *et al.*, 2001, p. 83; GOMES, 1999).

Quando os olhos estão submetidos a condições de iluminação com focos intensos de luz dentro do campo visual ou quando não se dispõe de níveis de iluminância suficientes para a realização da tarefa de Engenharia ou outra qualquer, os olhos podem chegar à fadiga (cansaço) e a uma diminuição de sua sensibilidade, exatamente pelo esforço demasiado de adaptação a estas condições críticas (SANTOS *et al.*, 2005).

Uma parte da fadiga física que é sentida todos os dias deve-se ao esforço realizado para ver. Abusa-se das faculdades visuais e paga-se direta ou indiretamente com diversas perturbações fisiológicas. É por este fato que ambientes absolutamente uniformes, em termos de iluminação e com uma pobreza no uso das

cores, causam depois de algum tempo o que se descrever como sonolência, cansaço, redução para disposição ao trabalho, ou seja, tudo aquilo que reflete a sensação de desconforto visual que o ambiente acarreta (VIANNA *et al.*, 2001, p.100; SANTOS *et al.*, 2005).

A visão não depende apenas da luz, mas da totalidade do espaço percebido pelo indivíduo, a visão também passa a ser responsável por parte do estado emocional do indivíduo. Prover iluminação adequada não é um luxo, mas é, sobretudo satisfazer as necessidades do indivíduo a todo o momento por meio de uma análise adequada do ambiente (LIMA, 2002).

Segundo Vianna *et al.* (2001, p. 38), dentro do princípio básico das cores, ou seja, absorção e reflexão de radiação solar visível com determinadas frequências de onda, pode-se afirmar que a cor é luz. Portanto, jamais podemos falar em iluminação sem preocuparmo-nos com as cores.

Mas que relações existem realmente entre a luz e cor? São relações de mútua dependência. Se a cor adquire certa luminosidade e tonalidade, dependendo da quantidade de luz que incida sobre ela, seria correto dizer que a luz domina a cor (VIANNA *et al.*, 2001, p. 38).

Dentre as características óticas da matéria, o fenômeno da refletância da luz é o que será analisado nesta pesquisa. Entende-se por *refletância* a devolução do raio incidente luminoso, por uma superfície, sem alteração dos componentes monocromáticos que o compõem. No momento em que ocorre a refletância, uma percentagem de luz é perdida por absorção. Chama-se de **refletância** a razão entre a luz refletida e a luz incidente, também conhecida por fator de reflexão (COSTA, 1998).

A utilização da luz natural incidente no ambiente construído integrada à correta utilização da cor nas paredes por vezes é negligenciada pelos projetistas no momento da concepção do projeto. Por esse motivo, é que em muitos ambientes, mesmo durante o dia, a iluminação é feita artificialmente, aumentando os custos com o consumo de energia e desperdiçando uma fonte que poderia proporcionar luz adequada e abundante e um melhor conforto ambiental (SANTOS *et al.*, 2005).

1.1 Hipótese de Trabalho

H₀: A cor da parede interfere para o aumento da iluminância interna do ambiente, potencializando o aproveitamento da iluminação natural.

H₁: A cor da parede não influencia no potencial de aproveitamento da luz natural no ambiente construído.

1.2 Objetivos do Trabalho

Objetivo geral:

No presente trabalho, objetivou-se avaliar a influência da cor no potencial de aproveitamento da luz natural em ambientes construídos, em dia de céu encoberto para a cidade de Curitiba.

Objetivos específicos:

De forma secundária, objetivou-se medir os coeficientes de refletância da cor do ambiente. Também avaliar o aproveitamento da luz natural relacionando cor das paredes com o tamanho e posicionamento de aberturas.

1.3 Metodologia de Estudo

Para atender os objetivos propostos fez-se uso do método do papel branco e do método do luminômetro para a obtenção da estimativa dos coeficientes de refletância de diversas cores de tintas e de divisórias disponíveis no mercado. Utilizou-se o *software* DLN (Disponibilidade de Luz Natural) que contém um banco

de dados sobre a disponibilidade de luz natural para diversas regiões brasileiras. Este *software* possibilitou obter as variáveis necessárias para o cálculo do DF (*Daylight Factor*). Também se utilizou o *software* Luz do Sol para determinar a Componente Celeste (CC_p), fator integrante no cálculo do DF. O coeficiente de refletância das cores analisadas permitiu avaliar o potencial de aproveitamento da luz natural disponível no inverno e verão para a cidade de Curitiba durante diversas horas do dia.

Para o conhecimento dos níveis de iluminância e luminância do dia, foram analisadas e testadas algumas alternativas para a orientação do dimensionamento e posicionamento ideal para as aberturas das janelas relacionadas com a cor da parede, para se chegar a uma melhor solução técnica de projeto.

1.4 Justificativa

O trabalho justificou-se visto que a partir dos estudos citados acima é possível fornecer subsídios para projetistas de ambientes de trabalho na elaboração de projetos mais eficientes com relação à iluminação e as cores das paredes dos ambientes internos. A motivação das pesquisas atuais em Ergonomia e Iluminação visa um maior conforto do ambiente de trabalho e produtividade do trabalhador diminuindo, ainda, o consumo de energia com o uso racional da iluminação artificial pelo melhor aproveitamento da luz natural.

1.5 Limitações de Estudo

O presente estudo visa à análise da influência da cor das paredes do ambiente de trabalho em conjunto com o tamanho e posicionamento de aberturas de janelas do local para o melhor aproveitamento da luz natural.

O experimento foi feito em dia de céu encoberto predominante na cidade de Curitiba.

No método do papel branco substituiu-se o papel por telas artísticas, pois, a tela aproxima-se mais da rugosidade da parede e proporciona melhor absorção da tinta, permitindo dar quantas demãos de tintas forem necessárias para uma boa cobertura, visto que as tintas imobiliárias utilizadas são à base de água.

A utilização do luxímetro e do luminômetro (equipamentos necessários para as medições) ocorreu com a calibração de fábrica.

1.6 Estrutura do Trabalho

A proposta do presente trabalho, “Análise da Influência da Cor no Potencial de Aproveitamento da Luz Natural no Ambiente Construído”, apresenta a seguinte estrutura:

No capítulo 1 encontra-se a introdução, com uma idéia geral sobre a importância de estímulos no ambiente de trabalho, principalmente o estímulo da cor e da iluminação natural. Este capítulo também apresenta as hipóteses de trabalho, os objetivos gerais e específicos a serem alcançados, a metodologia de estudo, as justificativas a que atendem o presente trabalho e as limitações de estudo.

O capítulo 2 apresenta a revisão bibliográfica do assunto proposto, abordando temas sobre a Ergonomia e o ambiente de trabalho, a percepção do ambiente construído, a cor e o ambiente construído. Também, fontes, disponibilidade e características da iluminação natural, a iluminação natural e o projeto luminotécnico, aberturas em ambiente de trabalho, potencial de aproveitamento da iluminação natural, sistemas de iluminação natural e benefícios da luz natural, por fim, métodos de avaliação da luz natural.

No capítulo 3 apresenta-se o procedimento experimental, onde contém os critérios para a escolha das cores utilizadas para o experimento, critério de seleção da sala com suas medidas e planta baixa, materiais utilizados, método de avaliação

dos coeficientes de refletância, método de análise e aplicação do procedimento de cálculo.

O capítulo 4 contém as discussões apresentando os resultados das simulações de cores de paredes, posicionamento e tamanho de aberturas de janelas.

O capítulo 5 traz as conclusões decorrentes do estudo proposto e sugestões para trabalhos futuros.

No Apêndice 1 está o questionário aplicado aos arquitetos e decoradores utilizado para a escolha das cores de tintas. O Apêndice 2 mostra o procedimento para a coleta de dados de refletância. No Apêndice 3 estão os resultados experimentais. No Apêndice 4 está o diagrama do *Software Luz do Sol* com a malha quadriculada 4x4mm. E no Apêndice 5 a identificação de cores de tintas em padrão RGB.

CAPÍTULO 2

Revisão Bibliográfica

2.1 A Ergonomia e o Ambiente de Trabalho

Durante boa parte da história da humanidade as edificações raramente refletiam preocupações com seus ocupantes, promovendo insatisfações por parte dos usuários e inadequações na execução de suas tarefas (FONSECA *et al.*, 2006). Atualmente diversos estudos têm revelado que locais de trabalho com condições favoráveis, que atendam às necessidades de seus usuários aos níveis fisiológico e psicológico, exercem impactos positivos sobre os mesmos, resultando em melhor desempenho e maior produtividade.

O ambiente de trabalho deve ser projetado para se adaptar as necessidades do indivíduo. A permanência por longo tempo em ambiente de trabalho que não está adequadamente idealizado para satisfazer as necessidades do trabalhador pode provocar desconforto, fadiga, irritação, dores, distúrbios nervosos, estresse e outras implicações em longo prazo na saúde do trabalhador, culminando com a redução de produtividade. Desta forma, o mercado cada vez mais necessita de especialistas que busquem definir parâmetros ergonômicos que propiciem a segurança, a saúde,

o conforto e o bem estar do ser humano (VERDUSSEN, 1978, p. 49; GUIMARÃES, 2004, p. 3-1; ORNSTEIN et al., 1995, p. 55-57).

A Ergonomia Ambiental é a parte da Ergonomia que se dedica ao estudo do ambiente físico, visto que ele pode contribuir positiva ou negativamente no desempenho e na produtividade do indivíduo e na consecução de suas tarefas e atividades. Assim sendo, um dos princípios básicos da Ergonomia é projetar o ambiente de trabalho de forma a satisfazer as necessidades do trabalhador e, cada vez mais, torna-se importante o estudo da iluminação e cor dos ambientes. Pois, tanto da ordem física quanto psicológica a luz e a cor provocam sensações e o organismo humano responde a estes estímulos, que podem afetar no funcionamento do corpo, influenciando a mente e as emoções (IIDA, 2005, p. 450; MAHNKE, 1996, p. 19-29).

Segundo Pilotto (1997, p. 41-45) a crescente corrida em busca do aumento de produtividade das empresas, decorrente da grande competitividade do mercado atual, vem exigindo cada vez mais esforços do trabalhador. Para se adaptar a estas novas exigências, as empresas vêm passando por grandes transformações, aumentando cada vez mais a carga mental dos seus trabalhadores e reduzindo seu tempo ocioso. Em sua carga diária de trabalho, o homem fica confinado por longo tempo (pelo menos 9 horas, no caso de indústrias) ao ambiente de trabalho.

Vários estudos têm analisado as interações entre o ambiente construído de local de trabalho e o comportamento do trabalhador. Estes estudos têm demonstrado que o arranjo físico do local de trabalho e suas características ambientais exercem efeitos sobre certas variáveis comportamentais, entre elas: a satisfação, a motivação e o desempenho e a produtividade do indivíduo (BECKER, 1981; WINEMAN, 1986; CROUCH *et al*, 1989; STONE *et al.*, 1998, 2001, 2003).

Também Guimarães (2004, p. 3-1) sugere que condições ambientais desfavoráveis podem tornar-se uma grande fonte de tensão na execução das tarefas, em qualquer situação de trabalho:

Estes fatores podem causar desconforto, insatisfação, aumentar o risco de acidentes, diminuir a produtividade, aumentar os custos e causar danos à saúde. As mensurações dos fatores ambientais devem ser efetuadas para reduzir ou eliminar seus efeitos adversos.

Cabe aos profissionais pesquisar para criar ambientes de qualidade. A satisfação psicológica do ser humano tem características pessoais, individuais, nem

sempre objetivas. A contribuição dos ambientes na saúde física dos trabalhadores, em médio prazo, tem sido comprovada por médicos e psicólogos, através da medição de batimentos cardíacos e da pressão arterial. Pode-se afirmar, portanto: é possível criar ambientes internos saudáveis (PILOTTO, 1997, p. 41-45).

Para Santos *et al.* (1992, p. 7), os ergonomistas são profissionais que tem conhecimento sobre o funcionamento humano e estão prontos a atuar nos processos de projetos de situações de trabalho, interagindo na definição da organização do trabalho, nas modalidades de seleção e treinamento, na definição do mobiliário e no ambiente físico de trabalho. E ainda, o fundamento de toda a metodologia ergonômica está na compreensão das atividades realizadas em cada situação de trabalho, e na consideração do contexto e todas as questões que estão relacionadas ao processo de transformação do trabalho, no qual participam diferentes pessoas e pontos de vistas.

Segundo Guimarães (2004, p. 3-1), condições ambientais desfavoráveis podem tornar-se uma grande fonte de tensão na execução das tarefas, em qualquer situação de trabalho. Lida (1992, *apud* Guimarães, 2004, p. 3-1) sugere que estes fatores podem causar desconforto, insatisfação, aumentar os custos e causar danos consideráveis à saúde.

Mahnke (1996, p. 23-29) ressalta que parte das empresas tem reconhecido a importância e os benefícios de se oferecer um ambiente de trabalho adequado ao indivíduo.

Bins Ely (2003) afirma que,

Sendo o arquiteto, na maioria das vezes, responsável pelo projeto do ambiente físico, a partir da junção Arquitetura e Ergonomia poder-se-ia criar ambientes atrativos e funcionais, que realmente contribuíssem para o bem estar dos usuários, durante o desempenho de suas atividades. A melhor estratégia para esta junção seria durante o projeto, momento em que os princípios da ergonomia seriam incorporados ao projeto de ambientes físicos.

Os projetistas de locais de trabalho, embora realizem projetos de estruturas espaciais complexas para abrigar as igualmente complexas atividades de trabalho contemporâneas, não dispõem em sua formação acadêmica de uma orientação formal que lhes possibilitem usar um tipo de abordagem centrada no usuário e sua atividade em situações reais de trabalho. Dessa forma, as usuais metodologias de projeto arquitetônico para a concepção tanto espacial, quanto cromática dos locais de trabalho, ao abordarem os problemas da interação entre as pessoas e o meio

construído de um ponto de vista macro e não em relação às inadequações que surgem entre os espaços construídos e as atividades cotidianas, não são eficazes em obter o que as pessoas querem, ou necessitam de seus espaços projetados e nem em evidenciar os conflitos desta interação (FONSECA, 2004, p. 78).

Para Baptista (2002), o ambiente construído pode ser considerado um espaço organizado e animado, que constitui um meio físico e, ao mesmo tempo, meio estético, informativo e psicológico especialmente projetado para agradar, servir, proteger e unir as pessoas no exercício de suas atividades.

Bins Ely (2003) considera que a influência do ambiente construído no comportamento está relacionada tanto às exigências da tarefa a ser realizada no ambiente, como às características e necessidades do usuário. Segundo a autora, quando um ambiente físico responde às necessidades dos usuários tanto em termos funcionais (físicos) quanto psicológicos, certamente terá um impacto positivo na realização das atividades.

Ao expor indivíduos a estímulos como o da cor pode-se observar a influência desta sobre certas variáveis comportamentais, tais como: a satisfação, a motivação, o desempenho e o humor. Assim, o ambiente pode auxiliar estimulando o indivíduo no desempenho de tarefas simples ou complexas, que requerem alta atenção, suavizando a monotonia e reduzindo a distração e a fadiga (MAHNKE, 1996, p. 23-29, KWALLEK *et al.*, 1988, 1990; STONE *et al.*, 1998, 2001, 2003). O estudo ergonômico da cor tem por objetivo apresentar informações e soluções sobre a influência das cores no comportamento humano em interiores de ambientes de trabalho.

Estudos revelam que de acordo com o tipo de tarefa realizada, os estímulos ambientais nos locais de trabalho interferem no desempenho do indivíduo. Para Crouch *et al.* (1989), os estímulos ambientais podem interferir na percepção do nível de exigência da tarefa. Kaplan (1983) defende a idéia de que os ambientes devem ser restauradores (*restorative environments*), ou seja, devem favorecer o bem estar do trabalhador. Estes ambientes podem oferecer oportunidades para reflexões ou *insight* e ainda influenciar o comportamento do trabalhador. Por exemplo, indivíduos que realizam atividades que exigem grande atenção necessitam que o ambiente promova estímulos visuais que restaurem seu ânimo e amenizem a carga de estresse gerado pelo trabalho.

No entanto é preciso que se esteja atento para os níveis de intensidade destes estímulos ambientais, pois, em altos níveis são capazes de tornar o trabalhador menos satisfeito e motivado, podendo acarretar declínio na sua produtividade (BROOKS *et al.*, 1972; OLDHAM *et al.*, 1979, STONE, 1998).

2.2 A Luz Natural

De acordo com Robbins (1986, *apud* 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 que é admitida no interior das edificações consiste em luz proveniente diretamente do sol, luz difundida na atmosfera (abóbada celeste) e luz refletida no entorno. A magnitude e distribuição da luz no ambiente interno dependem de um conjunto de variáveis, tais como: da disponibilidade da luz natural (quantidade e distribuição variáveis com relação às condições atmosféricas locais), de obstruções externas, do tamanho, orientação, posição e detalhes de projeto das aberturas, das características óticas das áreas envidraçadas, do tamanho e geometria do ambiente e da refletividade das superfícies internas.

Então, a luz natural pode ser proveniente de duas fontes: do sol e do céu. Variações horárias, sazonais e atmosféricas representam variações significativas na disponibilidade da luz natural (PEREIRA *et al.*, 2001; SOUZA *et al.*, 2001).

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 *et al.*, 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 natural disponível). 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 *et al.*, 1998).

Um bom projeto de iluminação natural tira proveito e controla a luz disponível, maximizando suas vantagens e reduzindo suas desvantagens. As decisões mais críticas, a este respeito, são tomadas nas etapas iniciais de projeto (PEREIRA, 1995, p. 10).

O problema mais crítico refere-se à iluminação natural nos edifícios modernos, quando se prevê a presença de grande número de pessoas realizando tarefas visuais de diferentes exigências ao mesmo tempo (SOUZA, 2003, p. 18).

Na definição de uma prioridade em termos de exposição à luz natural, valores de iluminâncias e distribuição de luz necessária para as atividades em cada ambiente devem ser estabelecidos. Em alguns ambientes a iluminação uniforme é mais recomendada, em outros é desejável uma maior variação. Em ambientes nos quais os usuários ocupam posições fixas, os critérios devem ser diferentes daqueles onde as pessoas podem mover-se livremente na direção das aberturas ou para longe delas.

A NB 57 (1991) fixa níveis de iluminação recomendados para diferentes tipos de atividades, baseados numa iluminação constante e uniforme sobre um plano de trabalho. A localização das tarefas com maiores exigências visuais próximas das janelas, onde a iluminância natural é maior, trará uma otimização do uso da luz natural. Devendo ser complementada com o controle da luminância da janela e da radiação solar direta sobre o plano de trabalho (MASCARÓ, 1981). A escolha do sistema de iluminação lateral ou zenital se faz tendo em vista as características do edifício, a forma e a disposição dos ambientes.

De acordo com Oliveira (1994, *apud* GRAÇA, 2001), o planejamento do projeto visando à luz natural deve partir da identificação das atividades desenvolvidas e das características dos objetos considerados importantes dentro

dos ambientes. A qualidade funcional é aquela exigida pelas atividades a serem abrigadas por um ambiente, determinadas em função do correto desenvolvimento de tarefas visuais específicas. Relacionam-se as definições do espaço arquitetônico, distribuição e direção de luz e ausência de ofuscamento. Na utilização de métodos de avaliação procura-se garantir a qualidade funcional do ambiente projetado, ou aferir as condições reais existentes.

Vários métodos foram propostos a partir da década de 20, sendo que com a crise de petróleo na década de 70, aumentou a necessidade de se criar ferramentas que auxiliem no desenvolvimento de projetos e na avaliação quantitativa sobre a suficiência ou não da luz natural (SCARAZZATO,1999).

A eficiência da luz natural depende da iluminação da abóbada celeste, do ângulo de incidência da luz, da cor empregada no ambiente e da natureza dos vidros por onde penetra a luz (GRAÇA *et al.*, 2001).

Ambientes idênticos possuem iluminação diferenciada de acordo com a orientação das fachadas. Assim sendo, pode-se dizer que um dos fatores que contribuem para conforto luminoso e que modifica a forma do projeto, portanto de relevância na fase de anteprojeto, se refere ao azimute de implantação dos ambientes. Outro parâmetro que também pode influenciar o conforto luminoso e que é definido na fase de anteprojeto é a forma de cada ambiente e a possibilidade de aberturas (SCARAZZATO *et al.*,1996).

É importante avaliar 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 *et al.*, 1998).

2.3 Fontes de Luz Natural

Dentro do estudo da iluminação, destaca-se o uso da iluminação natural como fonte primeira de iluminação, usada desde os primórdios da arquitetura e à qual se deve dar atenção especial por suas características e potencial de aproveitamento. As fontes de luz natural, para fins de projeto, podem ser caracterizadas como diretas (luz do sol e luz difusa do céu), e indiretas (luz de difusores refletivos ou translúcidos que foram originalmente iluminados por outras fontes primárias ou secundárias).

2.3.1 Luz do Sol

A luz do sol fornece de 60 a 110 kLux no plano horizontal (10 a 15 vezes maior que a luz proporcionada por um céu encoberto). No entanto, ela é intensa demais para ser usada como iluminação de tarefa. A alta eficiência luminosa e a excelente reprodução de cores da luz solar associados ao fato de que a mesma é abundante durante a maior parte do horário de trabalho e ao longo do transcurso do ano conduzem ao seu aproveitamento como fonte de luz para iluminação de ambientes internos. Como sugere Souza (1997), pode-se usar recursos para torná-la uma fonte refletida o que faria com que os níveis de iluminação sejam menores do que os obtidos pelos raios solares diretos e fazendo com que o foco direcional desta fonte de luz seja mais uniformemente distribuído pelo ambiente que se deseja iluminar.

2.3.2 Luz do Céu

A luz do céu é o resultado da refração e da reflexão da luz solar ao passar pela atmosfera. Enquanto a luz solar é uma fonte pontual, a luz do céu é uma fonte

superficial. Ela produz uma iluminação suave, não direcional, relativamente sem sombras. Os níveis de iluminação resultantes são menores do que os produzidos pela luz solar direta; podendo variar de 5 a 20 kLux. Segundo Pereira (1995, p. 13), a distribuição das luminâncias da abóbada celeste varia de acordo com as condições atmosféricas e as condições de céu empregadas nas técnicas de simulação são: céu claro, céu parcialmente encoberto e céu encoberto.

Para a caracterização das condições do céu, é utilizado o método da cobertura do céu preconizado pela *National Oceanic and Atmospheric Administration* (NOAA, EUA), sendo que a cobertura é estimada visualmente pela observação do montante de cobertura de nuvens. Esta cobertura de nuvens é estimada em percentual e expressa numa escala de 0 a 100%. Assim sendo, conforme a norma ABNT (2003, p. 8)- *Iluminação Natural-Parte 2*, apresentam-se as seguintes condições de céus:

- Céu claro: 0% a 35%;
- Céu parcial: 35% a 75%;
- Céu encoberto: 75% a 100%.

Numa condição de céu claro (inexistência de nuvens e baixa nebulosidade), as reduzidas dimensões das partículas de água fazem com que apenas os comprimentos de onda da porção azul do espectro cheguem à superfície da terra, conferindo esta cor ao céu. Sob estas condições, o céu apresenta sua porção mais escura a 90° do sol e sua parte mais brilhante ao redor deste. Esta condição também se encontra normalizada, com possíveis correções para a consideração de diferentes tipos de nuvens (TREGENZA, 1994, p. 1361).

O céu encoberto resulta da reflexão/refração da luz direta do Sol (todos os comprimentos de onda) em grandes partículas de água em suspensão na atmosfera. O resultado é uma abóbada cinza-claro com a porção zenital apresentando uma luminância maior do que a da porção próxima à linha do horizonte. Cabe salientar que, de certa forma, a altura solar afeta a luminância de céus encobertos e que em qualquer latitude um céu encoberto pode ser duas vezes mais brilhante no Verão do que no Inverno (PEREIRA, 1995).

No céu parcialmente encoberto tem-se a abóbada encoberta com a presença sazonal do sol alternada por períodos de nebulosidade variável. É próprio do clima temperado úmido ou quente úmido (MASCARÓ, 1981).

2.3.3 Luz de Fontes Indiretas

Quando uma superfície refletiva fosca é iluminada por uma fonte primária, sua luminância resultante a torna uma fonte indireta de iluminação. Uma vez que esta superfície pode ser considerada como difusora ela se torna, então, uma fonte distribuída - a qualidade e distribuição de sua luz sendo virtualmente idêntica à luz direta do céu admitida através de uma abertura de tamanho similar. Se iluminada diretamente pelo sol, a iluminação refletida por uma superfície branca pode variar de 50 a 100 kLux, substancialmente maior que a luminância da abobada celeste (SOUZA, 2003, p. 21).

2.4 Disponibilidade de Luz Natural

Os níveis de iluminação internos proporcionados pela luz natural dependem de dois fatores principais: características do ambiente construído (geometria do ambiente, tamanho e orientação das janelas, refletância das superfícies internas, vizinhança, etc.) e da disponibilidade de luz natural externa. A luminância externa por sua vez depende da distribuição de luminâncias do céu. A luminância da luz natural está sempre variando, tanto ao longo do dia quanto ao longo do ano quando mudam as condições atmosféricas. Outro fator que faz variar a disponibilidade de luz natural externa é a latitude do local, fatores este que faz com que os benefícios da luz natural mudem de região para região. Existem mudanças da posição do sol no céu com a latitude fazendo com que a distribuição de luminâncias do céu seja diferente, proporcionando variações na disponibilidade de luz natural. A quantidade e o tipo de nuvens também alteram a disponibilidade de luz natural, assim como a névoa e poeira suspensa na atmosfera (SCARAZZATO *et al.*, 1996).

Segundo Glennie *et al.* (1992) os sistemas de controle em resposta à luz natural podem gerar problemas de ofuscamento. Ao reduzir os níveis de iluminação

artificial em resposta a luz natural disponível, o brilho da janela (luminância) torna-se muito mais alto do que a luminância interior resultando em ofuscamento.

2.5 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 eficiência luminosa. A eficiência, 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).

A importância de se aproveitar as fontes naturais de iluminação no ambiente de trabalho está relacionada também com a possibilidade de se manter um contato com o ambiente externo, acompanhando as variações climáticas e o passar das horas do dia. Grandjean (1998) ressalta que alguns cuidados devem ser tomados

com a utilização excessiva de janelas de vidro que no inverno podem ser bastante frias e no verão reterem muito calor. A utilização de telhas de vidro também é uma opção para aproveitar a luz natural.

2.6 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 *et al.*, 2001).

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

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

A utilização da luz natural no ambiente construído muitas vezes é negligenciada 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 e imagens fotorealísticas (LIMA, 2002).

As variáveis que interferem no projeto de iluminação natural são:

- Condicionantes locais: clima, orientação, época do ano, hora do dia;
- Implantação da edificação: influência do entorno natural ou edificado;
- Forma, tamanho e localização das janelas;
- Materiais do piso, paredes e teto;
- Dimensões dos compartimentos;
- Elementos externos próximos.

Muitas dessas variáveis são propriedades do sítio onde foi 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 *et al.*, 2002).

A avaliação da iluminação natural em um projeto pode ser feita de três maneiras distintas (PAPST *et al.*, 1998):

- Métodos gráficos simplificados;
- Simulação com modelos em escala reduzida;
- Simulação em computador.

2.7 Aberturas em Ambiente de Trabalho

A presença de janelas no ambiente de trabalho é algo de suma importância. Mesmo que o trabalhador não aviste o exterior, a sua simples presença física permite a entrada de luz e calor. Além de atuar psicologicamente de forma positiva, não gerando a sensação de confinamento (STONE, 1998).

Muitos pesquisadores defendem a idéia de que as aberturas de janelas são importantes em um ambiente de trabalho, tanto por razões de conforto ambiental como também por fatores fisiológicos e psicológicos dos trabalhadores. As janelas também são importantes para prover luz natural e visualização da paisagem, em ambos os casos proporcionam benefícios psicológicos ao indivíduo (MENZIES *et al.*, 2005).

Na sociedade moderna, arquitetos, engenheiros civis e projetistas de ambientes são chamados para criar ambientes de alta qualidade com propósitos de produzir conforto térmico, auditivo e visual aos trabalhadores como método de assegurar a produtividade. Menzies *et al.* (2005) concluem que o conforto e a produtividade do trabalhador no ambiente de trabalho são relacionados a estes fatores arquitetônicos. Pois, construções arquitetônicas auto-sustentáveis energeticamente e ambientalmente podem proporcionar também altos níveis de conforto e produtividade.

Heerwagen (2000) afirma que proporcionar um ambiente sustentável com o uso da iluminação natural e oferecendo ao trabalhador o contato com o ambiente natural, unindo tecnologias e estratégias de design, tem demonstrado que melhora muito a qualidade do ambiente e assim também a produtividade.

Pesquisadores como Sekhar *et al.* (1998), Tabet-Aoul (2004) e Heerwagen (2004) defendem a idéia de que o uso racional das aberturas é parte muito significativa nas construções arquitetônicas, pois proporcionam arquiteturas com maior potencial de conservação de energia (ambientes sustentáveis energeticamente). Ainda, proporciona ao trabalhador a visão da rua e a observação do tempo (clima), fato que reduz a abstenção ao trabalho e aumenta a produtividade do trabalhador, unindo o ambiente social promovendo também a sustentabilidade cultural (*cultural sustainability*).

Segundo pesquisadores como Vine *et al.* (1998), Hygge *et al.* (1999), Leslie (2003), Boyce *et al.* (2004), sugerem que os ambientes de trabalho são fortemente favorecidos com as janelas por proporcionarem acesso à luz do dia e a visão do mundo de fora (*outside world view*). Pesquisas mostram o desejo e a preferência pela luz natural ao invés da iluminação elétrica por trabalhadores de escritórios. Estes trabalhadores preferiram estar próximos a janelas, mesmo ocorrendo problemas de ofuscamento e reflexões em seus monitores de computadores.

No entanto, em muitos ambientes de trabalho nem sempre é possível oferecer uma vista da janela a todas as pessoas, nesse caso, percebe-se uma compensação através do uso de outros materiais visuais, como quadros e fotos de paisagens naturais, familiares, amigos, etc e objetos pessoais.

2.8 Potencial de Aproveitamento da Iluminação Natural

Segundo Roulet (2001) a visão humana levou milhões de anos para se adaptar à iluminação natural. Por este motivo à iluminação natural provê conforto visual de melhor forma do que qualquer outro sistema de iluminação artificial.

Os edifícios saudáveis e confortáveis não requerem necessariamente muita energia, e podem provocar um impacto limitado no ambiente. Um bom profissional projeta edifícios de forma que o interior do ambiente e o ambiente externo estejam unidos, com esta integração pode ser conseguido também um baixo consumo de energia (ROULET, 2001).

Nos últimos anos, uma nova concepção de edificações surgiu no mercado da construção para melhorar a qualidade real do ambiente construído: são os projetos denominados *green buildings* (KUMARA *et al.* 2006).

Green building é um edifício de alto desempenho ambiental, projetado com quatro características muito bem definidas: redução do consumo de energia e dos custos de operação e manutenção; redução do uso de recursos não-renováveis; minimização dos impactos negativos na qualidade do ar interno; e aumento da saúde dos ocupantes do edifício. Esses projetos também favorecem a produtividade

dos ocupantes, facilitam a circulação e os acessos, permitem a mobilidade e a flexibilidade de *layout* (KUMARA *et al.* 2006).

O conceito de construção sustentável surgiu pela primeira vez com a crise do petróleo nos anos 70, quando os altos preços da energia levaram à busca por sistemas alternativos e mais baratos, como a geração própria. Os primeiros prédios verdes foram construídos na Holanda, na Alemanha e nos países nórdicos. Só mais tarde essas construções ambientalmente corretas apareceram nos Estados Unidos e na Ásia. Nos últimos anos, as discussões em torno do aquecimento global elevaram o tema da sustentabilidade ao topo da prioridade das maiores empresas do mundo e ajudaram a despertar o interesse por métodos construtivos sustentáveis (SARTORI *et al.*, 2007).

Além da redução nas contas de luz e água, a certificação de prédios verdes também considera características que melhorem o bem-estar de quem trabalha neles. Um desses aspectos é permitir a visão externa para o maior número possível de usuários (KRISHAN *et al.*, 2005).

Desde o início da humanidade, utilizada como principal fonte de iluminação, a luz natural começou a perder espaço após o surgimento da lâmpada incandescente, mas foi em 1938 quando surgiu a primeira lâmpada fluorescente com aplicações práticas, que ela ganhou sua grande rival.

Mas a luz natural vem aos poucos retomando seu espaço nos projetos de iluminação. Devido ao grande aumento da eficiência e por ser uma fonte de luz previsível, a lâmpada fluorescente passou a competir com a luz do sol e do céu. Desde então, as pessoas começaram a considerar a luz elétrica como uma fonte primária e a luz natural deixou de ter a relevância que tinha nos projetos de iluminação (SOUZA, 2003, p. 2).

Atualmente devido ao grande custo da energia e o reconhecimento da inoportuna atitude de construção de novas usinas geradoras, quer pelo grande impacto ambiental ou pelo dispêndio de recursos que poderiam ser aplicados em outras áreas, a luz natural passa a ser novamente considerada como uma fonte de iluminação importantíssima.

Segundo Souza (2003, p. 3) devido à grande preocupação mundial quanto à demasiada utilização da iluminação artificial, gerando um elevado custo na produção de energia elétrica, é necessário que, cada vez mais, se pense em otimizar o uso da

iluminação natural nos ambientes construídos, propiciando com isto também um nível adequado de satisfação e bem estar dos usuários das edificações.

Uma melhor utilização do potencial de iluminação natural não significa simplesmente economia de energia elétrica, mas envolve necessariamente uma utilização mais racional da mesma, com o dimensionamento adequado dos sistemas de iluminação natural e artificial, a fim de se evitar ambientes com condições de iluminação inadequadas. Um projeto de iluminação inadequado pode causar aos seus usuários desconforto, fadiga visual, ofuscamento de inaptidão, redução da produtividade e até mesmo em alguns casos causar acidentes.

Para Iwata *et al.* (1997), a necessidade de luz natural em ambientes fechados vem aumentando, por esta ser uma estratégia efetiva de redução do consumo de energia.

Escuyer *et al.* (1998), em um trabalho onde oito estudos de caso foram revisados, em que a luz artificial era controlada em resposta à quantidade de luz natural disponível, verificaram que houve boa economia de energia. Eles atribuíram a existência de uma faixa tão larga de valores aos diferentes procedimentos de monitoramento e ao caso de referência, que foram diferentes em cada um dos estudos analisados.

Brekke *et al.* (1993), em um trabalho de monitoramento realizado em um edifício de escritórios na Noruega (latitude 60⁰ N -70⁰ N), local onde os níveis da luz natural são baixos, principalmente no inverno, mostraram que a economia proporcionada pela luz natural variava de 30% a 40% para as salas que estavam voltadas para o sul, enquanto que aquelas orientadas para o norte apresentavam uma menor economia, de 20% a 30%. Enfim, vários trabalhos têm comprovado que o aproveitamento da luz natural é capaz de proporcionar uma significativa economia de energia elétrica gasta em iluminação.

A crise energética pela qual a sociedade moderna passa hoje obriga a todos a uma evolução permanente nos processos de projetos de edifícios. Os sistemas de iluminação, responsáveis por grande parte da energia consumida em uma edificação vêm tornando-se um dos principais alvos, na busca da eficiência energética. Segundo Jannuzzi (1992), cerca de 16% do total da energia elétrica consumida no Brasil é para a iluminação, e este consumo é distribuído da seguinte maneira:

- 4% para iluminação residencial;
- 6% para iluminação comercial;
- 2% para iluminação industrial;
- 3% para iluminação pública.

Para Lamberts (1998), o setor elétrico estava operando em uma faixa de alto risco devido à falta de investimentos no setor de geração e crescente aumento de consumo. Isto pode ser comprovado com a crise brasileira de energia ocorrida no setor elétrico no ano de 2001.

Sabe-se que o consumo de energia de um edifício está condicionado ao seu projeto arquitetônico, e que um edifício será mais eficiente energeticamente que outro quando proporcionar as mesmas condições ambientais com menor consumo de energia. Para Loe *et al.* (1996) a eficiência energética em um projeto de iluminação está também relacionada com a eficiência visual, ou seja, o sistema deve fornecer iluminância suficiente sem desconforto visual.

Ghisi (1997) afirma que um elevado potencial de economia de energia pode ser alcançado se a iluminação natural for utilizada como uma fonte de luz para iluminar os ambientes internos. No entanto, a iluminação natural não resulta diretamente em economia de energia. A economia só ocorre quando a carga de iluminação artificial pode ser reduzida através de sua utilização. Existem poucas edificações em que a iluminação natural possa suprir o total de iluminação necessária, da mesma forma, existem poucas edificações em que a iluminação natural não possa contribuir significativamente na iluminância do ambiente.

Em seus estudos, Souza (1995), mostra que o aproveitamento da luz natural poderá reduzir o consumo de energia elétrica gasta no sistema de iluminação artificial em prédios de escritórios.

Segundo Ne'eman (1998) a utilização eficiente da luz natural pode reduzir consideravelmente o consumo de energia elétrica gasta em iluminação. No que diz respeito ao aproveitamento da luz natural é certo lembrar da variabilidade da sua disponibilidade em relação à posição geográfica do local, situação do entorno, época do ano, horário do dia, condições de céu, das variáveis arquitetônicas inerentes à edificação tais como forma, função, fechamentos e sistemas de iluminação e das variáveis humanas inerentes ao conforto visual: nível de iluminação, contraste e ofuscamento. Da correta avaliação da iluminação natural poderão ser elaborados

projetos luminotécnicos em que a iluminação artificial seja usada apenas como forma de suprir as necessidades de iluminação quando a luz natural não fornecer os níveis necessários.

Para que os ocupantes de postos de trabalho possam realizar suas tarefas de maneira adequada é necessário que o sistema de iluminação forneça a mínima quantidade de luz direcionada ao plano de trabalho. A iluminação artificial só deve ser fornecida enquanto o usuário ocupa seu posto de trabalho, proporcionando assim um uso racional do sistema de iluminação.

Muitos pesquisadores defendem que, além da questão energética, a luz natural também tem influência em fatores psicológicos e fisiológicos dos usuários. Boyce (1998) afirma que as pessoas quando estão de bom humor tendem a ser mais positivas sobre o trabalho, mais cooperativas e mais criativas; atributos que são considerados desejáveis em muitas situações de trabalho. Um grande número de fatores ambientais, psicológicos e fisiológicos pode influenciar o humor de uma pessoa, como um presente ou um elogio inesperado, um cheiro atraente e até mesmo a iluminação. O que os fatores que influenciam o humor das pessoas têm em comum é que eles são inesperados. A luz natural que entra através das janelas, por causa da sua variabilidade, tem o potencial de trazer o inesperado. Já a iluminação artificial não apresenta o mesmo potencial, mesmo que seja um sistema variável, pois o que ela faz é completamente previsível.

A utilização de cores claras nas superfícies de ambientes internos, além de possibilitar a redução da potência instalada em iluminação artificial, torna os espaços mais claros e interfere diretamente no rendimento da iluminação natural no ambiente construído (SOUZA, 2003, p.14).

Os projetistas de iluminação devem garantir em seus projetos a iluminação adequada ao desenvolvimento das tarefas visuais, evitando excessos e garantindo o mínimo de luz para a realização da tarefa, tanto durante o dia como durante a noite. Em conjunto com a equipe de projeto, arquitetos e engenheiros devem estudar a possibilidade de utilizar a iluminação natural como aliada na redução do consumo de energia elétrica nas edificações, bem como o uso de tecnologias eficientes que permitem a integração da iluminação natural e artificial.

Para bom projeto de ambiente de trabalho, deve-se ter conhecimento de que o rendimento visual tende a crescer, a partir de 10 Lux, com o logaritmo do iluminamento até cerca de 1000 Lux, enquanto a fadiga visual se reduz nessa faixa.

A partir desse ponto, os aumentos do iluminamento não provocam melhorias sensíveis no rendimento visual, e a fadiga começa a aumentar. Dessa forma, recomenda-se usar um nível de iluminamento máximo de 2000 Lux. Caso exista a necessidade de uma iluminância maior o aconselhável seria utilizar iluminação local como complemento da iluminação geral (SOUZA, 2003, p. 16).

Em uma pesquisa realizada por Mills *et al.* (1998) onde compararam os níveis de iluminação recomendados em 19 países, foi constatada uma variação muito grande. De 1930 até 1970 os níveis de iluminação aumentaram 10 vezes, a partir de 1970 até a data da pesquisa os níveis sofreram uma redução de 2 a 3 vezes, devido a crise energética dos anos 70. As variações mais dramáticas foram verificadas nas atividades de leitura (75 a 1000 Lux), de desenho detalhado (200 a 3000 Lux), nos quartos de hospitais (30 a 300 Lux), em salas de teste e montagem de componentes eletrônicos (200 a 5000 Lux). Mills *et al.* (1998) acreditam que a explicação para esta enorme diferença entre os níveis recomendados nos diversos países pesquisados seja o fato de que o nível de iluminação tem grandes implicações no consumo de energia. Embora a eficiência dos sistemas de iluminação tenha aumentado nas últimas décadas o problema energético ainda continua. A Bélgica, o Brasil e o Japão são os países que recomendam os níveis de iluminação mais elevados. A Austrália, a China, o México e a Rússia (antiga União Soviética) têm os níveis mais baixos. As recomendações Norte Americanas sugerem níveis de iluminação que representam a média na maioria dos casos.

2.9 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 (CABÚS, 1997).

As aberturas laterais são as mais comuns e, normalmente, localiza-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 *et al.*, 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, resultarão 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 (LEDER *et al.*, 1999; CABÚS, 1997).

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 *et al.*, 1999; CABÚS, 1997).

2.10 Benefícios da Luz Natural

Para Leslie (2003) utilizar a luz do sol nos projetos de ambientes construídos proporciona interiores dinâmicos, adequados à saúde humana e atividades diárias, reduzindo ainda a demanda de energia artificial. A luz natural dá suporte à saúde humana durante suas atividades diárias além de reduzir a necessidade de energia.

Pesquisas recentes sugerem que saúde, produtividade e benefícios econômicos estão ligados à luz natural. Boas técnicas de aproveitamento de luz natural incluem configurar ambientes construídos adequadamente alocando tarefas visuais críticas próximas a entradas de luz natural proporcionando maiores quantidades de luz, posicionando janelas para a entrada da luz natural em mais de um lado do espaço de trabalho, controlando a luz direta do sol e usando superfícies internas com cores suaves.

Muitos estudos estão sendo feitos recentemente para clarear o entendimento do valor da luz natural. Os aumentos no preço da energia no início dos anos 70 e a falta de energia no ano de 2001 renovou os interesses pela luz natural como estratégia para reduzir o custo da energia nos ambientes construídos e reduzir os custos sociais da construção de novas usinas geradoras de energia. Estes estudos estão abrindo a possibilidade de iluminação e tem um impacto significativo, não somente no sistema visual, mas no sistema fotobiológico também. Com isso a saúde e a produtividade das pessoas serão os beneficiados (LESLIE, 2003).

No passado, pesquisas em luz natural enfatizavam dados de luminância do céu e modelos de cálculo da luz natural. Agora, uma implementação mais efetiva da luz natural nos ambientes construídos foca na quantificação do impacto da luz natural nas pessoas e/ou na melhoria do design dos ambientes construídos, e também novas tecnologias para uma resposta melhor às preferências e necessidades humanas. Os desenvolvimentos nessa nova direção permitiram aos ambientes construídos aproveitar os benefícios da luz natural.

A energia não é economizada pelo uso da luz natural; a energia é economizada pela redução ou por desligar luzes elétricas que não se tornarem necessárias pelo uso da luz natural. A luz natural freqüentemente reduz a energia requerida para o ar condicionado mesmo porque a parcela de aquecimento do ambiente pelas lâmpadas é reduzida. As aberturas para a luz natural devem conter formas e materiais apropriados para isolar o excessivo de aquecimento solar, ou seja, reduzir o ganho de aquecimento solar interno (LESLIE, 2003).

A economia de energia elétrica também permitiu diminuir as emissões das usinas geradoras de energia que contribuem para a chuva ácida, a poluição do ar e para o aquecimento global (REA *et al.*, 1994).

A disponibilidade de luz natural freqüentemente coincide com as necessidades de pico de energia dos ambientes construídos, os quais normalmente são durante à tarde dos dias ensolarados.

Um moderno controle energético deve diminuir a necessidade de luzes nos edifícios para reduzir o pico de demanda ou reduzir o consumo dos aparelhos elétricos. A redução do consumo de energia nos horários de pico pela utilização da luz natural reduz também a necessidade de luz artificial. Normalmente as geradoras de luz artificial são fontes de geração de energia menos amigáveis à natureza (LESLIE, 2003).

Além do potencial para redução de custos e de evitar as emissões ambientais o uso da luz natural tem seu maior impacto nos seus ocupantes. Os ambientes são construídos para as pessoas (LESLIE, 2003).

Outra vantagem da luz natural é que permite que as pessoas continuem trabalhando mesmo com queda do suprimento de energia elétrica.

Os então chamados ambientes construídos ecológicos são associados a luz natural e ditos como ambientes construídos saudáveis ou ambientes internos de qualidade. Estas construções ecológicas têm fortes preferências por aberturas nos escritórios e acreditam que as janelas melhoram a produtividade dos ocupantes (HARTLEB *et al.* 1991; COLLINS *et al.*, 1995).

Segundo Heerwagen *et al.* (1986), um dos fatores de grande importância para as pessoas é o valor da vista que as janelas proporcionam. A paisagem externa dá ao ocupante informação visual sobre o tempo, hora do dia e atividades próximas. A vista também pode ser esteticamente prazerosa e dar um descanso quando o indivíduo está muito focado no trabalho. As pessoas nos seus escritórios, quando privadas de janelas nos ambientes, aumentam a quantidade de fotos ou quadros com imagens da natureza.

Um bom projeto para aproveitamento de luz natural em ambientes construídos pode usar as mudanças da luz para criar efeitos luminosos interessantes que são modulados durante o dia, ou ainda, durante o ano (LESLIE, 1991).

Segundo Rea *et al.* (2000) a luz elétrica tem um custo econômico limitante. Os engenheiros especificam os sistemas elétricos baseados no nível mínimo aceitável para o desempenho visual de atividades conhecidas, sem considerar as qualidades adicionais oferecidas pela luz natural para o desempenho visual.

O grande benefício da luz natural é que a mesma permite que nossos ambientes construídos possam ser iluminados em níveis mais altos, do que somente com a luz artificial. A luz natural também promove um espectro eletromagnético mais amplo com excelente rendimento embora a luz elétrica possa, a um certo preço, proporcionar igual rendimento.

Embora os efeitos da luz na visão sejam bem conhecidos, um campo emergente da iluminação é o estudo dos efeitos biológicos ou efeitos no sistema não visual das pessoas. Esses efeitos podem proporcionar um sintoma biofísico no sentido que luz natural pode aumentar as vendas, melhorar a produtividade do trabalhador e melhorar ao desempenho dos estudantes na escola (HESCHONG *et al.*, 1999).

Segundo DANIELLOU (1986, p. 59), vários estudos mostram que as pessoas que trabalham constantemente sob luz artificial têm menos defesas contra agressões microbianas; os mecanismos dessa deficiência ainda não são totalmente conhecidos. É sempre desejável que se permita à entrada de luz natural dentro de um local de trabalho. No caso onde restrições técnicas incontornáveis impõem ambientes totalmente confinados, sem janelas, a composição da luz artificial deverá ser objeto de estudos cuidadosos.

Conforme Rea *et al.* (2000), um trabalho recente em iluminação postulou um mecanismo fisiológico que pode explicar porque a luz natural melhora no desempenho. Trabalhos experimentais mostraram que a melatonina, o hormônio responsável por regular o relógio interno biológico, é influenciado pela exposição aos níveis de luz típicos da luz do dia o qual é, em ordem de magnitude, acima dos níveis de iluminação normais dos ambientes construídos.

A iluminação natural proporciona a quantidade e qualidade certa de luz para o sistema biológico do corpo humano. Ciclos humanos de dormir e despertar podem ser sincronizados pelos níveis correspondentes de exposição regular a luz do dia ou exposição à escuridão da noite. A redução da intensidade da duração ou do tempo de exposição à luz natural, pode na verdade contribuir para causar fadiga, mudanças de humor e reduzir o desempenho associado ao *jet lag*. Pessoas que passam o dia em edifícios sem luz natural podem apresentar escuridão biológica (*biological darkness*) que contribui para a redução do desempenho. Naturalmente, a luz do dia deve ser projetada para anular esses efeitos nos indivíduos (REA *et al.*, 2000).

Para Leslie (2003) os princípios básicos para um ambiente de trabalho confortável aproveitando a luz natural são:

- Configurar o ambiente construído para que a maior área de piso seja ocupada pelas pessoas dentro da área de iluminação natural.
- Prolongar a construção do edifício no eixo leste-oeste para minimizar o ganho de aquecimento solar nos meses de verão e maximizar as aberturas para luz natural nas paredes voltadas para o norte (hemisfério norte).
- Posicionar os indivíduos que desempenham tarefas visuais críticas próximos ao perímetro de aberturas de janelas do ambiente construído.
- Janelas mais altas nas paredes permitem a luz penetrar mais longe no ambiente.
- Proporcionar luz natural de mais de um lado do ambiente quando possível. Iluminação bilateral, por exemplo, aumenta a uniformidade da luz natural e balanceia a claridade dentro do ambiente.
- Controlar o sol direto com elementos horizontais, cortinas e outros elementos para se ter luz difusa.
- Usar superfícies internas com cores suaves. Superfícies suaves reduzem o contraste de luminância entre a janela e as superfícies ao redor, aumentando o conforto visual.
- Posicionar estações de trabalho e as telas dos microcomputadores perpendicularmente as janelas para reduzir os ofuscamentos refletidos nas telas dos computadores que causam desconforto visual.

Begemann *et al.* (1997) fizeram estudos a longo prazo em escritórios padrões com aberturas de janela para avaliar o comportamento e respostas humanas a exposição dos indivíduos durante horas de trabalho no funcionamento do dia. Os escritórios foram equipados com os sistemas de iluminação experimentais que propiciam as condições de iluminação que, já são sabidas, influenciam o sistema fisiológico humano. Os resultados mostram que a maioria dos indivíduos prefere seguir o ciclo normal da luz do dia em vez de um nível artificial constante. Os níveis de iluminação preferidos são significativamente mais elevados aos padrões ambientais utilizados hoje e correspondem aos níveis onde a estimulação biológica pode ocorrer. Os resultados sugerem fortemente que as necessidades biológicas de iluminação dos indivíduos são muito diferentes das suas necessidades visuais. Os

resultados de duas pessoas, ocupantes permanentes do ambiente, mostram diferenças impressionantes nos ajustes da iluminação, que correspondem aos ciclos e ao desempenho do ritmo do metabolismo individual. Isto deixa claro que os níveis de iluminação do interior do ambiente (os padrões de hoje) são demasiado baixos para a estimulação biológica. A pesquisa médica mostrou que uma falta prolongada da vitamina da luz (*light vitamin*) pode causar problemas de saúde que variam das dificuldades menores do sono e do desempenho aos problemas complexos de depressão. Isto sugere inevitavelmente, que a iluminação interna “pobre” é a causa subjacente de muitos dos problemas da saúde e de desempenho do trabalhador. Este distúrbio foi nomeado como “*ill-lighting syndrome*” e pode ser identificado como o mecanismo fundamental que pode resultar em muitos efeitos nocivos diferentes para a saúde e o desempenho do indivíduo.

Begemann *et al.* (1997) sugerem que a criação de ambientes internos saudáveis pode ajudar muito a medicina preventiva e se torna um desafio novo para a comunidade dos projetistas de iluminação. Principalmente para os ambientes de indústrias, a relevância dos sistemas de iluminação nos ambientes internos deve ir de encontro com as necessidades de estimulação biológica do ser humano, além das exigências para realizar as tarefas visuais. A falta da luz do dia pode influenciar negativamente no estado de alerta, na agilidade e percepção do trabalhador além de causar uma queda no desempenho pela alteração da qualidade do sono e o grau de desconforto e bem estar do indivíduo.

A etapa experimental e os primeiros resultados deste estudo foram apresentados na *IES of Australia Conference* em 1994 (BEGEMANN *et al.*, 1994). Nesta conferência mostrou-se que a análise das características da luz do dia dentro de um escritório é mais complexa e dinâmica do que a simples iluminância da luz do dia no plano trabalhando. Na conferência 1995, *CIE Delhi Conference* (Begemann *et al.*, 1995) relatou-se nos efeitos médios do comportamento do grupo. Um total de 96 pessoas participaram por períodos inteiros do dia, mostrando que o comportamento médio das pessoas durante o dia mostra que elas preferem seguir o ciclo da luz do dia em vez de um cenário nivelado constante. Mas é necessária a adição de 800 Luz da luz artificial ao nível necessário para complementar a luz do dia sobre as mesas nas estações de trabalho.

Além disso, é possível distinguir o efeito da manhã, do meio-dia e da tarde no indivíduo através de instrumentos apropriados que medem, por exemplo, a

temperatura de corpo e os níveis de hormônio. Este efeito da hora parece ser influenciado pelo tempo (estado atmosférico: chuva, vento, etc.) e pela estação. Estes fenômenos forneceram os primeiros indícios para a estimulação biológica e não poderiam ser explicados apenas pelos efeitos visuais. O principal interesse é o relacionamento possível entre os efeitos do dia e do tempo (estado atmosférico) e o ritmo diário do metabolismo humano, da curva do sentido de alerta humano que aumenta durante a manhã, em picos no meio-dia e em diminuições durante a tarde. Os resultados sugerem fortemente que a iluminação do ambiente preferido está relacionada à sensibilidade individual para a qualidade da iluminação, a necessidade individual do sono, à sincronização do relógio biológico e às flutuações do grau de desconforto e de bem estar.

2.11 Métodos de Avaliação da Luz Natural

Segundo Lamberts *et al.* (1997), também Córlica *et al.* (2005), o **método do papel branco** consiste na execução de duas medições com um luxímetro voltado para uma superfície a uma distância de 8 a 10 cm: uma medição com a superfície nua (real) E_{sup} , e a segunda com uma folha de papel branco sobre a superfície, E_{pb} . Assumindo-se uma refletância de 90% para o papel branco, a refletância da superfície pode ser obtida por uma relação simples:

$$\rho_{sup} = 90 \cdot E_{sup} / E_{pb} \quad (1)$$

Onde:

ρ_{sup} é a refletância da superfície (%)

E_{sup} é a iluminância refletida pela superfície (%)

E_{pb} é a iluminância refletida pela superfície com papel branco (%)

O **método do luminômetro** consiste em duas medições, uma com o luxímetro sobre a superfície para medir o nível de iluminação (E) na mesma (a quantidade de luz proveniente de todo o hemisfério); a segunda é feita com um luminômetro (L) voltado para a superfície a uma distância de 10 cm (PEREIRA, 1994, p. 33). Desta forma, a refletância da superfície pode ser obtida através da equação:

$$\rho_s = L \cdot p / E \quad (2)$$

Onde:

- ρ_s é a refletância da superfície (%)
- E é o nível de iluminação na superfície medido com o luxímetro (quantidade de luz proveniente de todo o hemisfério)
- L é a iluminância refletida pela superfície medida com o luminômetro em cd/m^2 (candelas por m^2)

Em um bom projeto que busca o aproveitamento da luz natural, é essencial o conhecimento sobre a disponibilidade da luz natural e a iluminância em um certo ponto P no interior do ambiente construído. Esta condição de distribuição de iluminância no ambiente é demonstrada pelos valores de DF, *Daylight Factor* (VIANNA *et al.*, 2001, p. 110).

Indicado em valores percentuais de luz externa, o DF é definido em termos matemáticos com a razão entre a iluminância E_p – iluminância no ponto P, em um ponto localizado em um plano horizontal interno e a referente iluminância E_e – iluminância externa.

Os *softwares* DLN e Luz do Sol são bons instrumentos para serem utilizados em métodos que avaliam a luz natural. O DLN é um *software* criado para proporcionar dados sobre a disponibilidade de luz natural nos Estados Brasileiros. Já o Luz do Sol é um *software* criado para estimar a luz difusa proveniente do sol dentro do ambiente.

O *software* DLN foi resultado da tese de doutorado desenvolvida por Paulo Sérgio Scarazzato na Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de

São Paulo, FAUUSP, em 1995, que tinha como objetivo principal a formação de um banco de dados sobre a disponibilidade de luz natural em planos horizontais e verticais quaisquer, externos às edificações em localidades brasileiras.

Para o desenvolvimento do *software*, Scarazzato baseou-se na constatação da *Illuminating Engineering Society of North-America*, pois, muitos dos modelos desenvolvidos no mundo apresentavam curvas médias bastante similares. Tal fato permitiu a derivação de algoritmos universalmente aplicáveis os quais levam em conta aspectos como: latitude, longitude, meridiano padrão, o azimute da elevação (para cálculos das iluminâncias sobre planos verticais), a data e a hora legal.

Com o *software* DLN, é possível trabalhar com 3 distintos tipos de céu: claro, parcialmente nublado e encoberto. A utilidade do DLN para a presente pesquisa foi a existência de um banco de dados com capitais brasileiras e a possibilidade de cálculo da iluminância para céu encoberto das 8 horas até às 18 horas em qualquer época do ano, considerando o dia luminoso típico (SCARAZZATO, 1995, *apud* SUGA, 2005, p. 128).

O *software* Luz do Sol foi desenvolvido em 1994, por Maurício Roriz, da Universidade Federal de São Carlos (1995). A interface do *software* Luz do Sol permite a ocorrência de diversas saídas de dados como: a intensidade de radiação solar incidente em uma superfície horizontal, ou vertical, a geração de cartas solares, transferidores de ângulos de sombra e a incidência de raios solares em determinado ambiente. Luz do Sol é um programa para estimar a luz provenientes do sol, principal fonte natural de energia. Para a utilização do *software* Luz do Sol, são necessárias: a inserção de dados como a latitude e longitude do local, uma data de análise, a orientação da fachada do ambiente em estudo, a distância do ambiente em estudo até o obstáculo e a altura deste, em uma primeira etapa. Na segunda fase de inserção de dados, os dados requisitados são relativos às dimensões internas do ambiente em estudo, como largura, profundidade da sala, altura do piso ao teto, largura da janela, altura da janela e peitoril. Com a disponibilidade destes dados, é possível realizar uma simulação (SUGA, 2005, p. 129).

CAPÍTULO 3

PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL

Nos capítulos anteriores foram abordados alguns conceitos para o embasamento teórico referente ao tema desta pesquisa. Nesta etapa, buscou-se subsídios que validassem a hipótese da influência da cor no potencial de aproveitamento da luz natural em ambientes construídos. Segundo Triviños (1987, p. 123), o investigador,

sem dúvida, iniciar qualquer tipo de busca, parte premunido de certas as gerais elaboradas consciente ou não. É impossível que o cientista, um buscador ou fazedor de verdade inicie seu trabalho despojado de princípios, de idéias gerais básicas.

Neste capítulo apresenta-se a pesquisa aplicada, com descrição de todos os passos realizados para o desenvolvimento do trabalho, que consistem na delimitação da pesquisa e nos métodos e técnicas utilizadas, Figura 1.

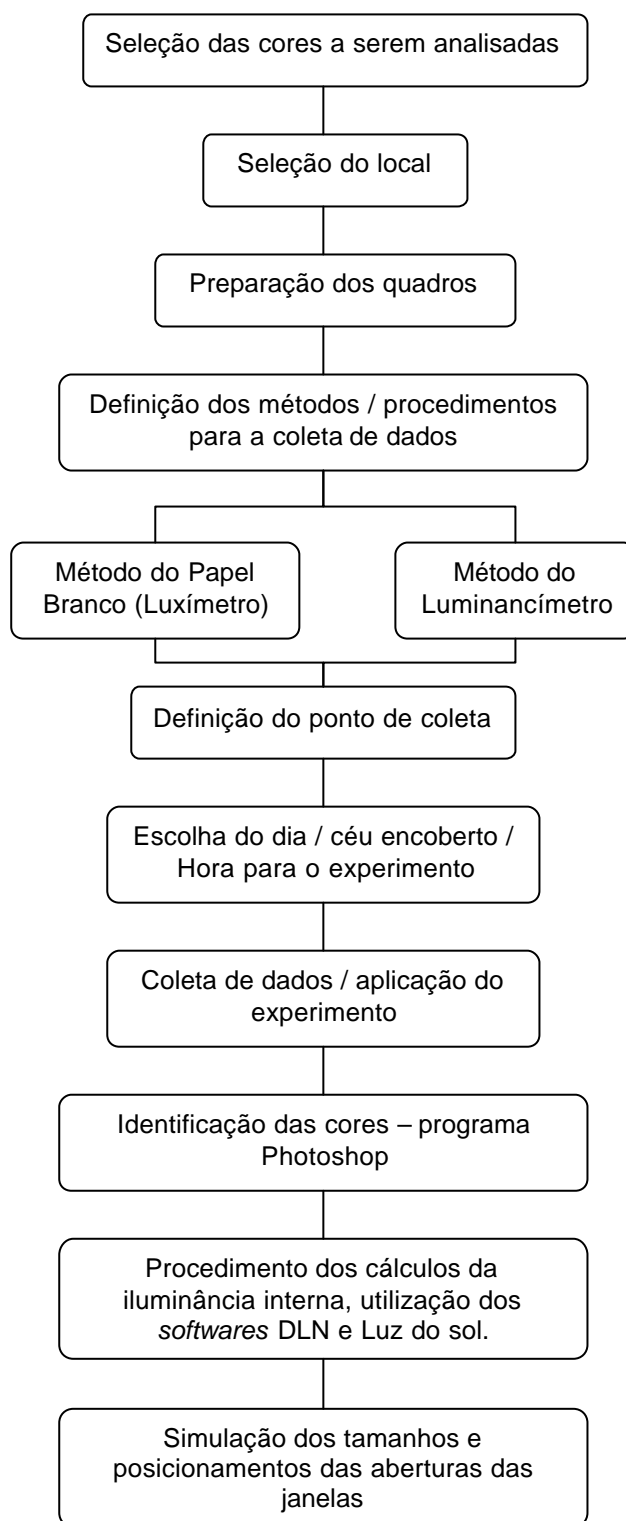


Figura 1 – Fluxograma das etapas da pesquisa.

3.1 Critérios de Seleção das Cores

O primeiro procedimento foi determinar as cores para o experimento. O mercado de tintas imobiliárias oferece uma variedade muito ampla de tonalidades de cores para interiores. Assim sendo, para critério de escolha foram realizadas visitas em 10 (dez) indústrias e em 25 (vinte e cinco) laboratórios de Engenharia Mecânica para a identificação das cores utilizadas nestes locais de trabalho.

Também foram contatados 10 (dez) profissionais projetistas de ambientes de trabalho (arquitetos e decoradores), que apontaram as cores preferidas para estes ambientes.

Desta forma foram selecionadas doze (12) cores de tintas imobiliárias (Tabela 1), de marca com grande preferência pelo mercado. Todas as tonalidades foram escolhidas em tintas foscas a base de água (PVA). Além de quatro (4) tonalidades de paredes divisórias (as quatro cores mais utilizadas em indústrias e escritórios, sendo também as cores mais vendidas no mercado). Das cores selecionadas de tinta e de divisórias foram obtidas amostras de tamanho de 2 cm x 0,5 cm de cada uma, depois escanadas e gerado um arquivo “jpg” com a identificação das cores (RGB) sendo realizado pelo programa Adobe PhotoShop 7.01. Nestes programas de tratamento de imagens coloridas, formadas pela tríade primária de cores-luz, são codificadas com a designação das cores-pigmento transparentes utilizadas nos processos de impressão gráfica (PEDROSA, 2004, p.100). Assim, através deste método obteve-se uma associação com o sistema RGB para permitir a reprodução da cor do experimento em meio digital. Este sistema nos fornece a matriz, a saturação e o nível de luminosidade da cor em meio digital e a sua composição (vermelho, verde e azul), assim representados respectivamente na Tabela 1, complementação em Anexo 4.

As divisórias utilizadas são confeccionadas em chapas de policloreto de vinila (PVC), dupla face, com espessura de 35mm, com miolo celular semi-oco tipo colméia, acabamento em pintura melamínica (fórmica). Observou-se, nestas visitas por ambientes de indústrias e em escritórios de Engenharia, que pela facilidade de mobilidade de seus elementos, simplicidade na instalação e seu custo fazem este sistema de divisórias cada vez mais utilizadas no planejamento destes ambientes.

Desta forma surgiu a idéia de inserir para este experimento também as cores de divisórias mais empregadas nestes locais de trabalho.

Tabela 1 – Cores de tintas e de divisórias, código RGB do espectro cromático da Adobe PhotoShop 7.01 (programa utilizado para o tratamento de imagem).

Cores	Matiz (Hue)	Saturação (Sat)	Luminosidade (Lum)	Vermelho (Red)	Verde (Green)	Azul (Blue)
Preto	207	69	28	38	21	35
Vermelho	4	97	125	182	94	83
Cinza (escuro)	137	12	113	114	121	126
Verde (máquinas)	68	37	148	151	172	142
Verde (azulado)	124	55	129	110	159	164
Lilás	140	18	153	156	163	170
Verde (claro)	53	95	181	201	217	167
Rosa	27	78	194	222	212	190
Azul (claro)	133	76	185	178	203	215
Laranja	21	240	188	255	202	144
Amarelo (claro)	37	240	208	255	250	186
Branco	40	240	240	255	255	254
Divisória Cinza	60	12	166	176	180	172
Divisória Cristal	53	8	199	212	213	210
Divisória Pérola	27	78	194	222	212	190
Divisória Areia Jundiáí	43	55	209	229	230	215

3.2 Critérios de Seleção da Sala

Nesta etapa, atentou-se para a escolha do ambiente que promovesse ou possibilitasse as condições necessárias para o estudo das influências das cores na luminosidade do ambiente.

Assim, procurou-se um ambiente único, uma sala padrão para o experimento, que proporcionasse a repetição do experimento com as alterações das cores e a alternância dos métodos, permitindo uma análise comparativa entre as técnicas do Papel Branco e a do Luminancímetro e, ainda, que possibilitasse a obtenção do controle destas variáveis.

A sala escolhida para o experimento faz parte do Laboratório de Ergonomia e Usabilidade da Universidade Federal do Paraná, localizada no mezanino do prédio da Engenharia Mecânica – Centro Tecnológico. Local onde se podem isolar apenas as variáveis de interesse.

As medidas da sala são as seguintes:

Tamanho (área de piso): 3,60m(largura) e 3,25m (profundidade);

Total = 11,70m²;

Pé-direito (altura) = 2,90 m;

Área total de paredes = 29,45 m²;

Área de janela = 1,30 m².

3.3 Materiais

Como instrumento de superfície reflexiva (colorida), utilizou-se 12 (doze) telas para pintura artística no tamanho de 40 x 40 cm pintadas com tinta imobiliária fosca, à base de água. Diferentemente da literatura (LAMBERTS *et al.*, 1997) substituiu-se

o papel usualmente utilizado pelas telas por facilidade de manuseio e maior cobertura da tinta, possibilitando dar a quantidade necessária de demãos de tinta.

3.4 Método de Avaliação dos Coeficientes de Reflexão

As medições para a avaliação dos coeficientes de refletância das cores de tintas de parede foram realizadas através de dois métodos práticos: o método do papel branco e o método do luminômetro, tendo-se como objetivo comparar a eficiência de cada método.

O equipamento utilizado para as medições do método do papel branco foi um luxímetro digital MLM – 1010, da marca Minipa, calibração de fábrica. Para a realização das medições descritas no método do luminômetro, o equipamento utilizado foi o luminômetro, modelo LS-110 da Minolta, calibração de fábrica. As especificações detalhadas destes equipamentos estão no Anexo 1.

3.5 Altura de Posicionamento das Telas

Para posicionamento das telas (superfície refletiva) na parede da sala utilizou-se a medida de 126,64 cm. Sendo a altura do olho de um indivíduo sentado em seu posto de trabalho (altura do piso ao olho). Esta medida foi obtida segundo Couto (1995, p. 184), no seu levantamento antropométrico de população trabalhadora operacional – sexo masculino – na região paulista do ABC – São Paulo - registrou as medidas de brasileiros numa amostra de 400 trabalhadores de fábricas e 100 de escritórios: a altura média é de 171,56 cm (estatura), a altura dos olhos (sentados) é de 126,64 cm.

3.6 Situações Consideradas

O primeiro aspecto foi o estabelecimento de uma programação temporal das medições. A avaliação do desempenho da iluminação natural nas piores condições de céu possíveis (em céu encoberto) foi feita durante os períodos de inverno e verão na cidade de Curitiba, onde a ocorrência deste céu é predominante, a fim de atender as condições de uso do DF.

Estudos dos valores de DF confirmam que a **disponibilidade de luz natural** para um ponto ou área de um ambiente projetado é determinada pelos seguintes fatores (VIANNA *et al*, 2001, p. 113):

1. Localização geográfica, latitude;
2. Hora do dia;
3. Estação do ano;
4. Características climáticas;
5. Configuração morfológica do entorno.

Enquanto a **quantidade de luz natural** está relacionada a outros fatores de dependência (VIANNA *et al*, 2001, p. 113):

1. Brilho do céu (intensidade) na região;
2. Tamanho e posicionamento das aberturas (configuração do projeto arquitetônico);
3. Reflexões vindas do exterior e
4. Reflexões das superfícies internas do cômodo (análise da situação real).

3.7 Simulação de Luz Natural

Com o *software* DLN (SCARAZZATO, 1995) obtiveram-se os dados sobre a disponibilidade de luz natural no inverno e verão, em um dia de céu encoberto, padrão para a cidade de Curitiba. Empregou-se o método de cálculo DF (*Daylight*

Factor) para calcular e testar alternativas para o dimensionamento ideal de aberturas de janelas tendo em conta a refletância das cores das paredes destes ambientes, para se chegar a uma melhor solução de projeto (técnica e econômica) para o melhor aproveitamento da luz natural.

A proposta do método foi visualizar, ao final da pesquisa, gráficos de iluminância em ponto pré-definido de uma sala padrão, considerando diferentes posições e proporções da área de janela pela área de parede. Para a determinação da razão janela-parede - WWR (na língua inglesa: *Window to Wall Ratio*), área da janela, ou 80% da área total do vão (retirando o caixilho), dividida pela área total da parede que a contém (comprimento x pé-direito).

3.8 Método de Análise / Procedimento de Cálculo

A luz natural alcança um ponto no interior de uma edificação por meio de três caminhos distintos (VIANNA *et al*, 2001, p. 113):

- 1- CC_p = componente de céu; luz proveniente diretamente do céu.

Os valores de CC_p , conforme Figura 2, representam a quantidade de luminosidade incidente do céu que chega até um determinado ponto. Para isso, são determinados os ângulos de visão horizontal e vertical que o ponto tem do céu através da abertura, sendo estes os ângulos em planta e corte que o ponto faz com a abertura. Estes valores foram obtidos através do *Software Luz do Sol* (RORIZ, 1995).

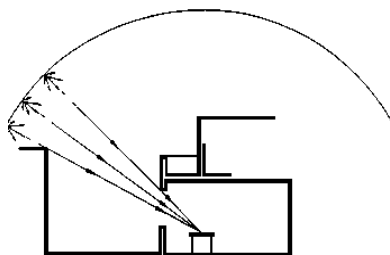


Figura 2 – CC_p (componente de céu no ponto p), adaptado de NBR 15215-4 (2004).

Com os valores de CC_p , obtidos do *Software Luz do Sol*, calculou-se empiricamente, utilizando uma malha quadriculada 4x4 mm sobre o diagrama do *Software Luz do Sol* em escala 1/75, os valores da quantidade de luminosidade incidente do céu (CC) para cada caso simulado (área e posição das janelas no ambiente). O valor de CC é a luminosidade geral média no ambiente em estudo enquanto que CC_p é a luminosidade que atinge o ponto p selecionado. No presente trabalho, o ponto p sempre foi assumido estar no centro da sala.

- 2- **CRE** = componente de reflexão externa; luz que alcança o interior após ter sido refletida pelo entorno.

CRE, como mostra a Figura 3, considera a iluminância incidente no ponto em questão, refletida por obstruções externas. Como a sala escolhida para o experimento não possui obstruções externas, o CRE foi considerado 0 (zero).

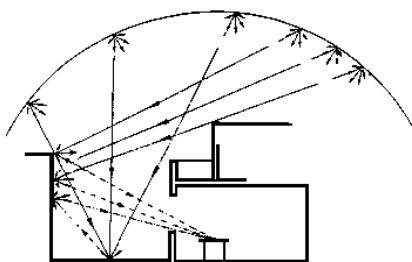


Figura 3 - CRE (componente de reflexão externa), adaptado de NBR 15215-4 (2004).

- 3- **CRI** = componente de reflexão interna; luz que alcança o ponto no interior após ter sofrido uma ou mais reflexões internas (Figura 4).

O cálculo desta componente foi obtido da seguinte forma:

A contribuição das superfícies internas é expressa na parcela de CRI, calculado segundo a equação, onde o céu é calculado a partir da área total (S_{total}), subtraindo-se a área de superfície da janela (S_{janela}), dividida pela área total (S_{total}), multiplicando-se o índice de reflexão ($\rho_{média}$) e o índice de componente celeste (CC_p):

$$CRI = ((S_{total} - S_{janela}) / S_{total}) \times \rho_{média} \times CC_p \quad \text{onde :} \quad (3)$$

ρ = capacidade de refletância do material em questão. Para o cálculo da refletância média:

$$\rho_{\text{média}} = ((S_{\text{teto}} \times \rho_{\text{teto}}) + (S_{\text{piso}} \times \rho_{\text{piso}}) + (S_{\text{parede}} \times \rho_{\text{parede}})) / S_{\text{áreas}} \quad (4)$$

Assim, da área de parede colocada na fórmula acima, se subtrai a área de janela considerando apenas a área encontrada da altura do plano de trabalho para cima. Os efeitos das regiões mais baixas e do piso são desprezíveis para uma verificação rigorosa (VIANNA *et al.*, 2001, p. 114).

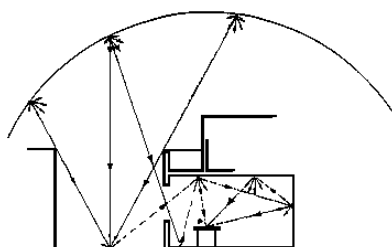


Figura 4 - CRI = componente de reflexão interna, adaptado de NBR 15215-4 (2004).

Através da soma dos valores resultantes da multiplicação da participação percentual de cada parede e teto por seus respectivos valores de refletância, é encontrado o valor de CRI em relação à localização do ponto P. Ou seja, CRI depende das áreas das superfícies internas com suas respectivas cores e texturas, sendo o teto a principal superfície de reflexão e o piso a menos significativo, exatamente por suas posições relativas ao plano de trabalho ou de interesse (VIANNA *et al.*, 2001, p. 114).

Contudo, o somatório destas componentes deve ser corrigido matematicamente para que possa expressar a quantidade real de luz que chega até um ponto no interior, uma vez que a especificação do material translúcido ou transparente, a sua estrutura de fixação e seu estado de manutenção, representam significantes agentes de redução da luz natural, lido nos seguintes fatores:

- 1- K_c = fator de caixilho (em que é retirada a área de superfície opaca da esquadria da janela da área total da abertura).

- 2- K_t = coeficiente de transmitância do material de vedação da abertura (referente ao coeficiente de transmissão luminosa dos materiais translúcidos e transparentes).
- 3- K_m = fator de manutenção em que se considera a obstrução à luz causada pelo envelhecimento do material de vedação e pela acumulação de poeira.

Feita a consideração de todas as variáveis na quantidade resultante de luz natural em um ponto do interior, chega-se à seguinte equação:

$$E_p = \text{Iluminância do ponto P} = (CC + CRE + CRI) \times K_c \times K_t \times K_m \quad (5)$$

Apesar dos valores de K_c , K_t , K_m , e ρ , serem normalmente valores apresentados em forma de porcentagens, devem ser inseridos na fórmula como números absolutos.

No conceito de DF é considerado o céu com distribuição de luminâncias uniformemente constante com relação ao azimute, ou seja, céus uniformes e encobertos (VIANNA *et al.*, 2001, p. 111).

Uma vez encontrado o valor de ρ_p (DF) e tendo-se ciência do valor de ρ_E , o valor de proporção, ou seja, o valor de DF é expresso pela relação:

$$DF = \rho_{\text{interno}} / \rho_{\text{externo}} \times 100\% \quad (6)$$

As equações de cálculo de valores DF evidenciam o fato de que o tamanho, a geometria e a localização das aberturas, em conjunto com as refletâncias das faces internas e vidros, são os principais parâmetros de projeto, manipuláveis quanto ao controle da luz natural no interior dos edifícios (VIANNA *et al.*, 2001, p. 114).

3.9 Aplicação do Procedimento de Cálculo

As condições físicas do experimento são as seguintes:

A sala do experimento (Laboratório de Ergonomia e Usabilidade – UFPR) está localizada na cidade de Curitiba, em orientação Norte. O experimento foi realizado em dia de inverno (dia 28 de junho) com o céu encoberto, entre os horários de 14h00min e 16h00min.

Na Figura 5, o fluxograma exemplifica a aplicação do procedimento de cálculo das iluminâncias internas:

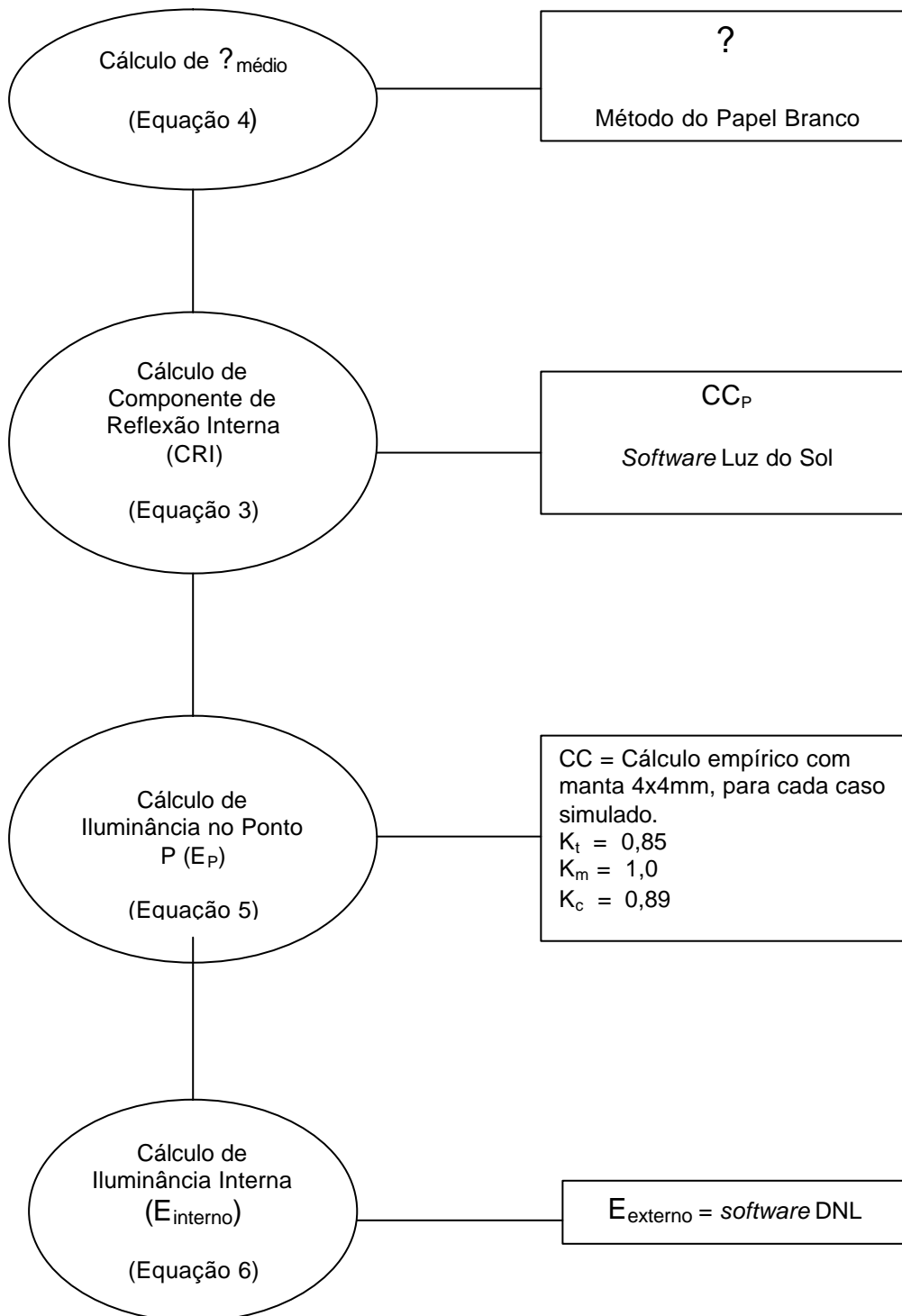


Figura 5 - Fluxograma de procedimento para o cálculo das iluminâncias internas e variáveis de entrada para os cálculos.

3.10 Limitações do estudo

A aplicação da metodologia de avaliação da cor do ambiente construído no potencial de aproveitamento da luz natural ocorreu em uma situação de ambiente de trabalho.

Para fins de cálculo, foram mantidas constantes as variáveis CRE, K_t e K_m da expressão contida no método de determinação de DF e foram variados os valores de CC, CRI, K_c em função das áreas de janela e parede. Ao fim, foi encontrado E_p (iluminância no ponto) em função de DF e de E_{externo} (*software* DLN para dias típicos de inverno e verão em Curitiba).

3.11 Simulações

Nas simulações para outros WWR's, adotou-se as áreas de janelas de 2,60m² e 3,90 m² e proporções relacionadas abaixo:

WWR (relação área janela / área parede) =

$$1 \times 1,30 / 2,15 \times 3,60 = 0,17 \text{ ou } 17\% \text{ (Figuras 6 – a, b);}$$

$$2 \times 1,30 / 2,15 \times 3,60 = 0,34 \text{ ou } 34\% \text{ (Figuras 6 – c, d);}$$

$$3 \times 1,30 / 2,15 \times 3,60 = 0,52 \text{ ou } 52\% \text{ (Figura 6 – e).}$$

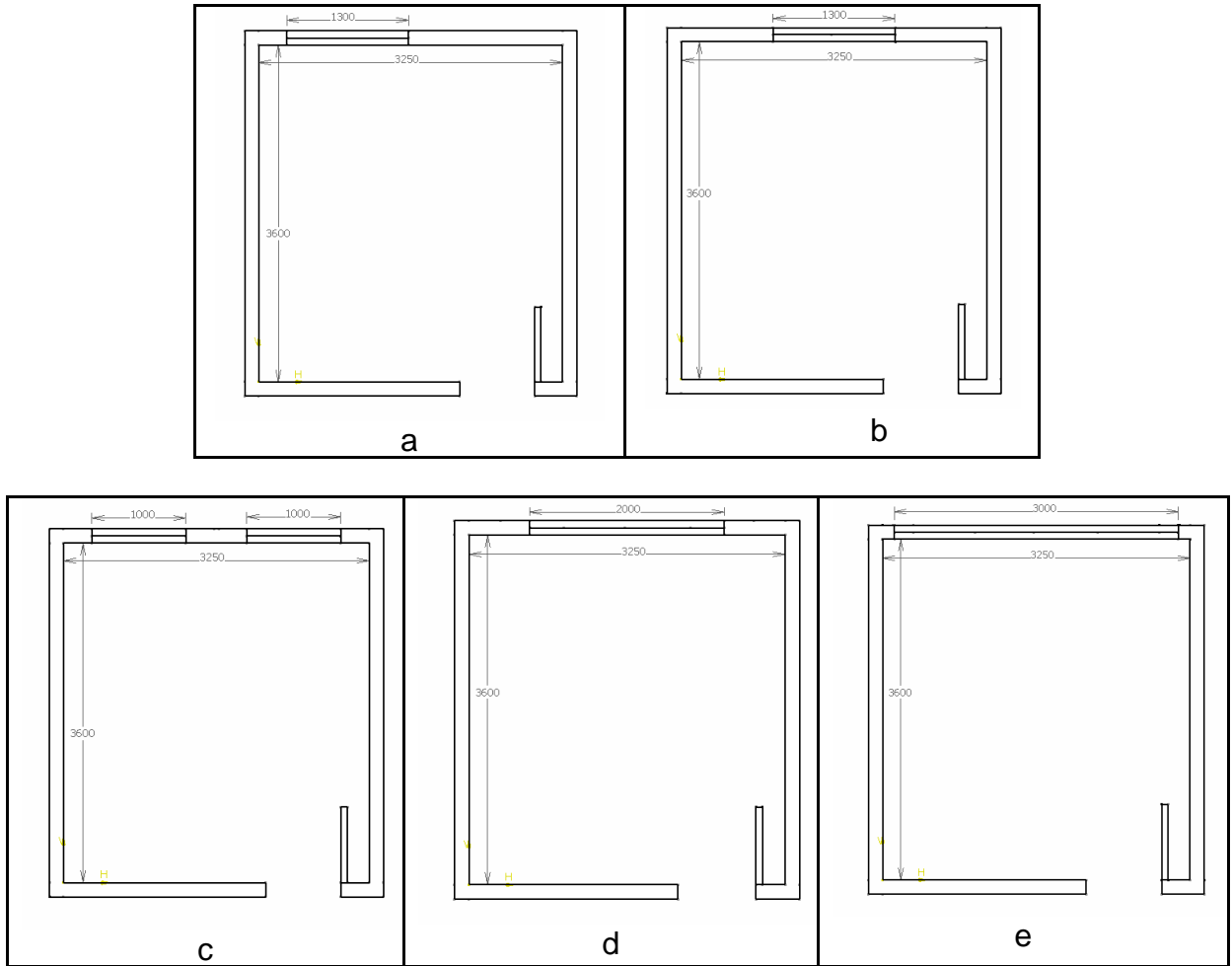


Figura 6 – Planta da sala com as aberturas WWR 17%, 34%,52% e diferentes posicionamentos.

CAPÍTULO 4

Resultados e Discussões

Neste capítulo são apresentados os resultados dos coeficientes de refletância de cores de paredes e divisórias obtidas através dos métodos do papel branco e do luminômetro e simulações variando o tamanho e posição das aberturas, para uma análise da influência destas variáveis no potencial de aproveitamento da luz natural em ambientes construídos de locais de trabalho. Conforme Lima (2002), através de um bom projeto de iluminação pode-se considerar o aproveitamento da luz natural ainda na fase da concepção do projeto, posicionando e dimensionando aberturas de forma a proporcionar iluminação natural adequada ao uso proposto para o ambiente.

Os coeficientes de refletância das cores de parede e divisórias analisadas permitiram avaliar o melhor aproveitamento da luz natural, sendo que a iluminação natural oferece grande potencial para significativa economia de energia.

Como já visto, a iluminação deve atender as exigências do usuário nos momentos em que realiza a tarefa visual determinada pelo período de ocupação do ambiente construído. Para um bom projeto luminotécnico a quantidade de luz desejada e necessária para qualquer instalação depende, em primeiro lugar, da tarefa a ser executada. O grau de habilidade requerida, a minuciosidade do detalhe

a ser observado, a cor e a refletividade da tarefa afetam as necessidades de iluminância, que produzirão as condições de visibilidade máxima (LIMA, 2002; GHISI *et al.*, 1997). Assim, assumiu-se como parâmetro de análise as recomendações da Norma NB-57 (ABNT, 1991), a qual estabelece os valores de iluminância médio mínimo para a iluminação em interiores em que se realizam atividades de escritórios, assim como desenhos e projetos de engenharia mecânica, sendo estas atividades consideradas como tarefas com requisitos visuais especiais (750 - 1500 Lux).

4.1 Índice de Refletância das Cores de Tintas e Divisórias

A Tabela 2 apresenta os coeficientes de refletância para diferentes cores. Na primeira coluna estão as cores utilizadas no experimento, a segunda e terceira coluna mostram os resultados destas cores obtidas através do Método do Papel Branco e Luminancímetro, na quarta coluna estão os índices de refletância das cores segundo Piloto Neto (1980, p. 119), na quinta coluna os índices de refletância das cores segundo Santos *et al.* (1992, p. 91) e na sexta coluna estão os índices de refletância das cores segundo Castro *et al.* (2003).

Observa-se que para todas as cores se encontrou diferença entre os resultados experimentais e os de literatura, como é o caso do rosa de 51,3% para 60%, do verde máquina de 31,5 para 25%, do verde claro de 49,40 para 60%, do cinza escuro de 20,7 para 30%, do verde azulado de 32,4 para 12%, do lilás de 37,8 para 40%, do branco de 90 para 80 e 98%, do preto de 3,08 para 0% e do vermelho de 16,02 para 17 e 7%. As cores que apresentaram resultados aproximados com a literatura foram o amarelo claro com 72,52 para 70%, o azul claro com 54 para 50% e o laranja com 57,79 para 50% (Tabela 2). A divisória areia jundiá alcançou o índice mais alto – 60,3% de refletância, e a divisória cinza indicou o resultado mais baixo – 42,3% de refletância. Os resultados mostram que todas estas cores de divisórias (que são as mais vendidas no mercado para locais de trabalho)

proporcionam bom resultado de refletância o que ajuda a aumentar a iluminância interna (Eint) do ambiente de trabalho.

Em Pilotto Neto (1980) e Santos *et al.* (1992) não é citado qual o método utilizado por estes autores para determinar os valores de refletância das cores, também não há especificações com referências exatas destas cores. Já, em Castro *et al.* (2003) a técnica utilizada é a análise espectrofotométrica.

Neste trabalho utilizou-se a refletância das cores obtida pelo método do papel branco por este apresentar resultados mais próximos da realidade e também mais próximos aos encontrados na literatura.

Tabela 2 - Índices de refletância para diferentes cores.
Adaptado: Pilotto Neto (1980, p. 119), Santos *et al.* (1992, p. 91) e Castro *et al.* (2003).

COR	Método do Papel Branco %	Método do Luminôncímetro %	PILOTO NETO (1980) %	SANTOS <i>et al.</i> (1992) %	CASTRO <i>et al.</i> (2003) %
Cores de Tintas:					
Branco	90	75	80	98	88
Amarelo Claro	72,52	47,18	70	70	70
Laranja	57,79	35,53	50	50	51
Azul claro	54	21,39	50	50	41
Rosa	51,3	27,74	60	60	51
Verde claro	49,40	37,17	60	60	36
Lilás	37,8	19,95	38	40	-
Verde azulado	32,4	15,46	12	12	-
Verde máquina	31,5	23,26	25	25	17
Cinza escuro	20,7	11,09	30	31	28
Vermelho	16,02	9,53	17	7	30
Preto	3,08	1,5	0	-	4
Cores de Divisórias:					
Areia Jundiaí	60,3	41,72	-	-	-
Cristal	57,6	32,61	-	-	-
Pérola	53,1	33,96	-	-	-
Cinza	42,3	27,03	-	-	-

4.2 Influência da Posição das Janelas no Efeito de Cores de Tintas

4.2.1 Comparação entre Janelas WWR 17% (abertura no canto/centro do ambiente – inverno/verão)

Avaliando o posicionamento da janela, as Figuras 7 e 8 mostram a variação de E_{int} (Lux) para a mesma abertura (WWR 17%), em diferentes cores de parede, apenas alterando a posição da janela, no horário 12:00h (horário de maior iluminância externa) para céu encoberto/inverno e verão.

Os resultados, para a condição de inverno, indicam que a janela sendo posicionada no canto da sala reduz a iluminância interna (E_{int}) do ambiente, mostrando que no melhor resultado (cor branca) obtém-se iluminância interna de 99 Lux, enquanto que a janela posicionada no centro da sala com o mesmo tamanho de abertura (WWR 17%), tem como consequência o aumento na iluminância interna para 111 Lux, ou seja, um ganho de 12,1%.

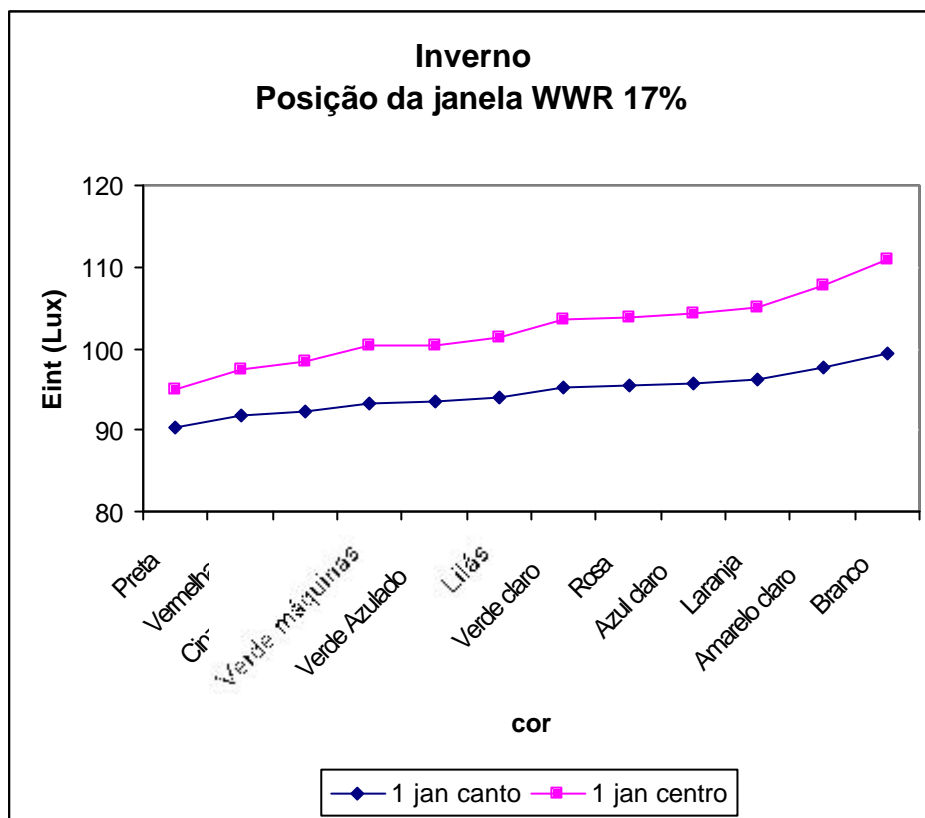


Figura 7 – Inverno, uma janela no canto WWR 17%.

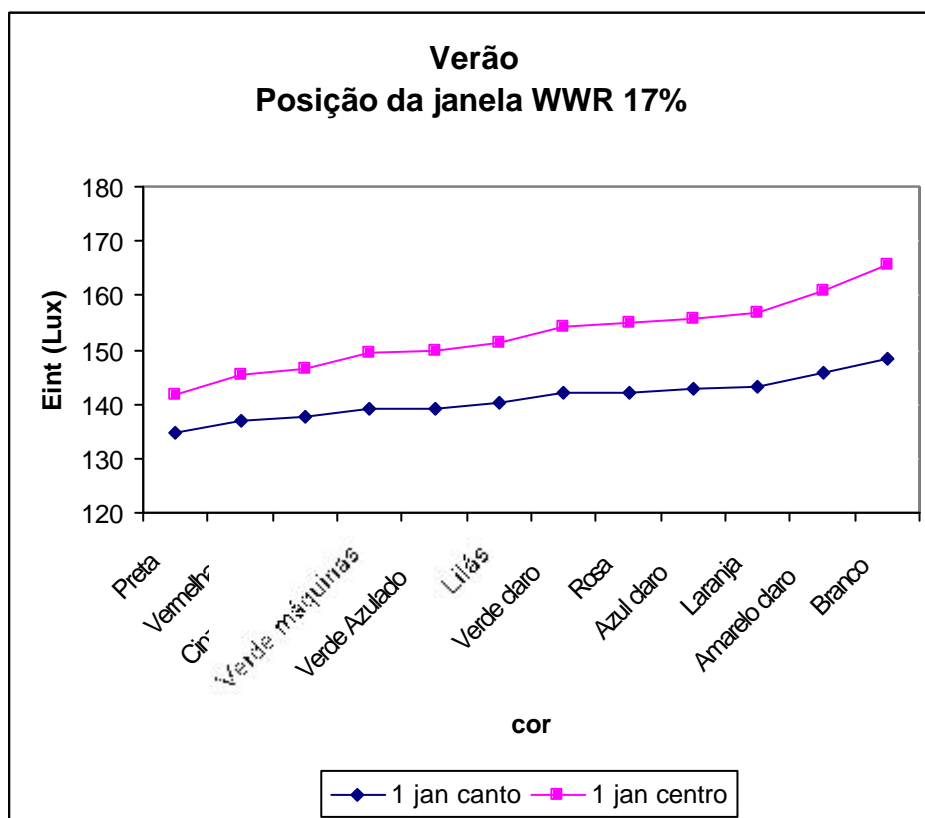


Figura 8 – Verão, uma janela no canto WWR 17%.

Observando a Figura 8, condição de verão, os resultados indicam que, assim como a situação da Figura 6, a janela sendo posicionada no canto da sala reduz a iluminância interna (Eint) do ambiente, mostrando que no melhor resultado (cor branca) obtem-se iluminância interna de 148 Lux, enquanto que a janela posicionada no centro da sala com o mesmo tamanho de abertura (WWR 17%) tem como consequência o aumento na iluminância interna para 165 Lux no melhor resultado (cor branca). Assim sendo, a diferença encontrada para a cor branca (melhor situação) para um ambiente com a mesma janela (WWR 17%), é de 49 Lux a mais no inverno, e de 54 Lux no verão somente alterando o ambiente com uma janela no centro da sala ao invés de posicioná-la no canto, ou seja, um ganho de 32,7% para o verão.

Analisando estes resultados (Figuras 7 e 8) observa-se que embora a cor seja um dos elementos ambientais que mais provocam sensações e promovem bem estar emocional e físico (FONSECA, 2004), a refletância das cores exerce pouca influência na iluminância interna do ambiente. Sendo o posicionamento da janela o fator que realmente interfere para o aproveitamento da luz natural, pois proporciona um aumento mais significativo na iluminância interna do local.

Segundo os dados apresentados na Figura 7 e 8, observa-se que para uma abertura de janela WWR 17%, em um dia de céu encoberto tanto para o inverno quanto para o verão, é necessária à utilização de iluminação artificial para que se cumpra à norma NB-57 (ABNT, 1991), que estabelece uma iluminância mínima de 750 Lux para locais que realizam atividades de escritórios, desenhos e projetos de engenharia mecânica.

4.2.2 Comparação entre Janelas WWR 34% (ambiente com duas aberturas de 1,30m X ambiente com uma abertura de 2,60m – inverno/verão)

As Figuras 9 e 10 mostram o potencial de aproveitamento da iluminação natural comparando-se o ambiente com duas aberturas e com uma única abertura (WWR 34%), no horário 12:00h (horário de maior iluminância externa) para céu encoberto/inverno e verão.

Neste caso, os resultados indicam que uma abertura de janela de 2,60 m² (WWR 34%) ocasiona um maior aumento da iluminância interna (Eint), do que duas aberturas de janelas de 1,30 m², de mesmo WWR 34%, para ambas as condições de inverno e verão.

Observando a Figura 9, os resultados indicam que, no ambiente com duas janelas, a cor preta apresenta iluminância interna (Eint) de 182 Lux, em ambas as situações. Aparentemente o baixo valor do coeficiente de refletância da cor preta, neste caso, parece ser quem comanda o resultado final de iluminância interna e não mais a condição das aberturas (duas ou uma de mesma área). Já a partir da cor vermelha, valor de coeficiente de reflexão mais significativo, consecutivamente acontece um distanciamento do Eint de uma cor para a outra conforme o posicionamento da abertura mostrando a influência do coeficiente de reflexão no processo e condição das aberturas no ambiente.

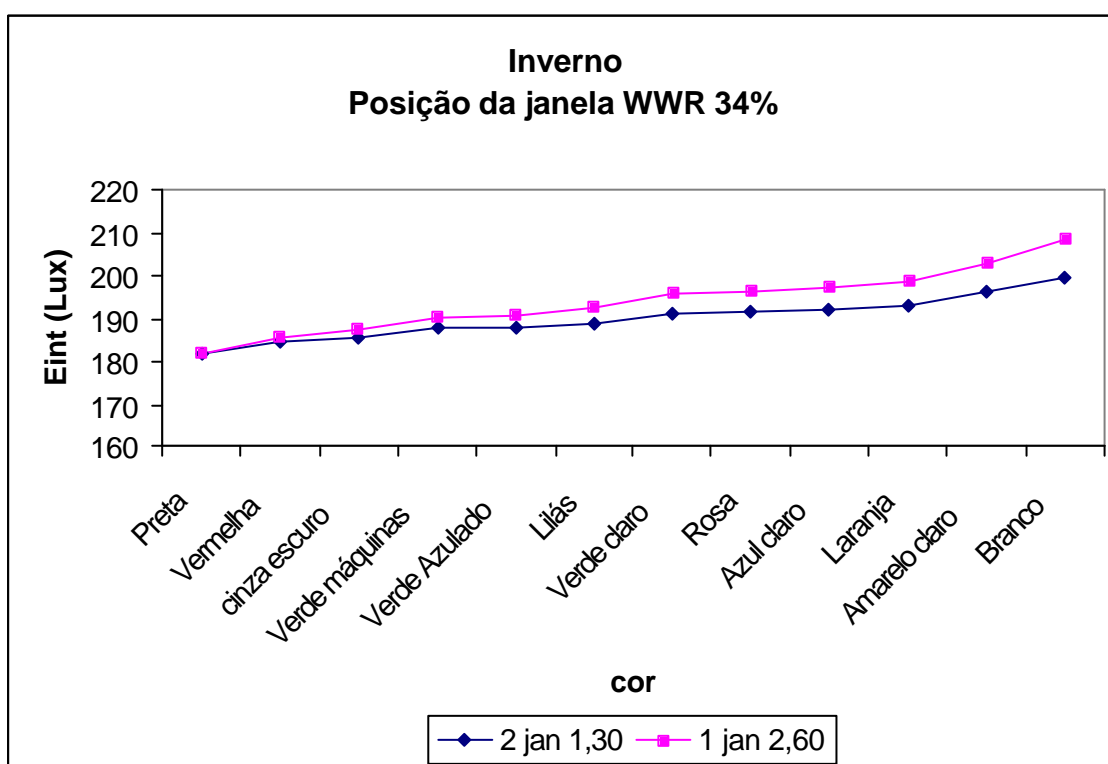


Figura 9 – Inverno, duas janelas e uma janela WWR 34%.

Para estas duas situações de janelas (Figura 9), o melhor resultado de iluminância interna obtido foi para o ambiente com duas aberturas (WWR 34%) foi de 199 Lux no inverno (cor branca), enquanto que para o ambiente com uma janela

posicionada no centro da sala com o mesmo tamanho de abertura (WWR 34%), teve-se como consequência o aumento na iluminância interna para 208 Lux no melhor resultado no inverno (cor branca). Uma diferença de 9 Lux entre estas duas situações de aberturas de janelas para o inverno, ou seja, um ganho de 4,4%.

Para o verão essa variação foi de 98 Lux (Figura 10), ou seja, um ganho de 31,6%. O acréscimo de iluminância interna (Eint) observado entre o ambiente com duas janelas, no verão, foi de 297 Lux para 310 Lux para a cor branca (melhor situação) no ambiente com uma janela de 2,60 m² (WWR 34%). No entanto é importante salientar que com a cor branca proporciona o melhor resultado quanto à iluminância interna do ambiente, embora possa aumentar o nível de fadiga do indivíduo por fazê-lo focar mais para a monotonia da atividade. Já, a cor vermelha apresenta um índice muito baixo (Fig. 9 e 10), bem próximo ao preto, quanto à iluminância interna, porém, pesquisadores comprovam que em tarefas de rotina ocorreram menos erros nos escritórios vermelhos do que nos brancos, pois a cor vermelha é mais estimulante para uma atividade monótona, também o ambiente vermelho pode contribuir com um aumento do estímulo aumentando também o desempenho (KWALLEK *et al.*, 1990).

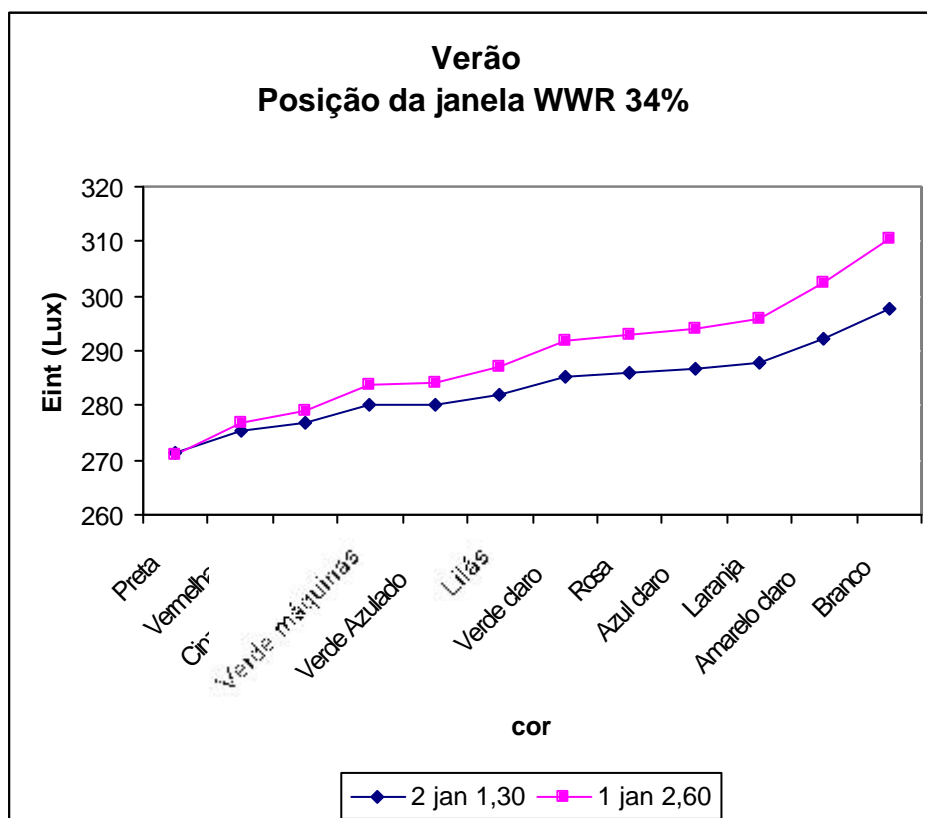


Figura 10 – Verão, duas janelas e uma janela WWR 34%.

Conclui-se que, segundo as Figuras 9 e 10, uma abertura centralizada no ambiente é mais proveitosa para a iluminância interna do local do que duas aberturas, ainda que em ambos os casos os tamanhos de aberturas sejam iguais (WWR 34%).

Em resumo, para a melhor condição, ou seja, uma única janela (WWR 34%) centralizada na sala (Figuras 9 e 10), o melhor resultado de iluminância interna (Eint) é de 208 Lux no inverno e de 310 Lux no verão para a cor branca (melhor situação). Ainda, a diferença de iluminância interna para a melhor condição (cor branca) entre as estações inverno e verão é de 102 lux para a mesma situação de janela, ou seja, um ganho de 49,0%. Mesmo assim, o índice de iluminância interna na melhor situação de cor (branco) e de janela (uma janela centralizada – WWR 34%) chega apenas a 310 Lux não alcançando a exigência mínima da Norma NB-57 (1991) de 750 Lux para a realização de atividades de escritórios, desenhos e projetos de engenharia mecânica, tarefas com requisitos visuais especiais. Mas o valor de 310 Lux já atenderia a exigência da Norma NB-57 para tarefas com requisitos visuais simples.

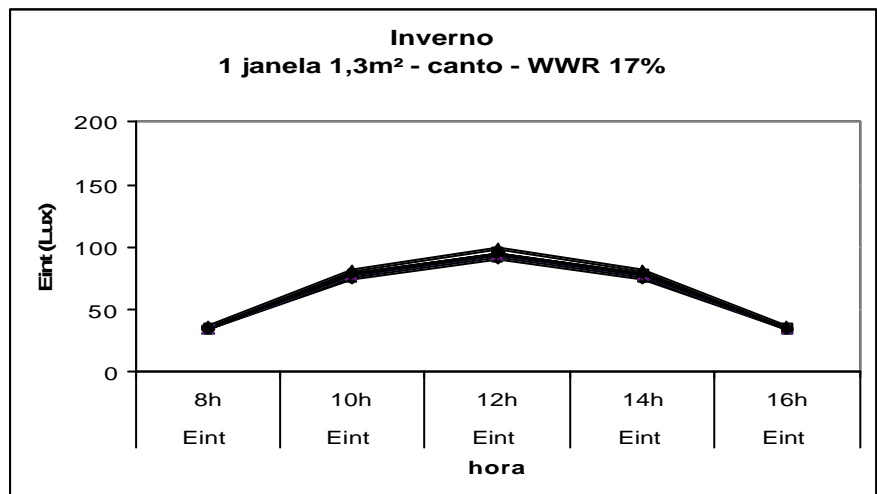
4.3 Iluminâncias Internas para Diferentes Horários do Dia inverno/verão

4.3.1 Abertura WWR 17% Canto e Centro do Ambiente – Inverno e Verão

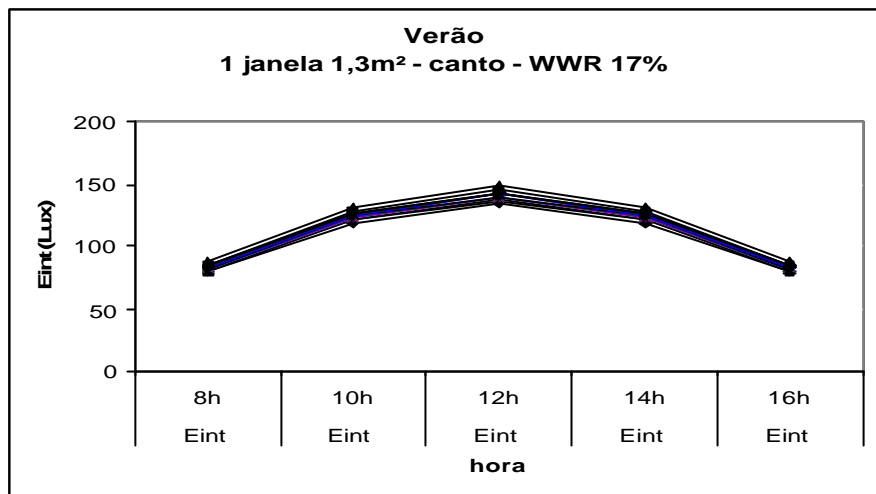
Comparando-se a iluminância interna (Eint) para diferentes horários, de forma geral observou-se um aumento entre os valores de iluminância interna para as diversas cores para os horários de 8:00, 10:00 e 12:00 horas (horário de maior iluminância externa). Observa-se, também, de forma geral um contínuo declínio da iluminância interna entre os horários de 14:00 e 16:00 horas, Figs. 11a, b, c, d. Observou-se, ainda, um comportamento de mesma tendência para todas as cores estudadas. O resultado de iluminância interna para a cor preta (Fig. 11a) no horário de 8:00 é de 33 Lux para o inverno e 79 Lux para o verão (Fig. 11b), uma diferença

de 46 Lux para a abertura de WWR 17% posicionada no canto do ambiente. Já para a cor branca (melhor situação), mesma condição anterior, a iluminância interna é de 36 Lux para o inverno (Fig. 11a) e 87 Lux para o verão (Fig. 11b), ou seja, uma diferença de 51 Lux, ou seja, um ganho de 141,7%. Ainda, o valor de iluminância interna para a cor preta (Fig. 11a) no horário de 12:00 horas é de 90 Lux para o inverno e 134 Lux para o verão (Fig. 11b), uma diferença de 44 Lux (abertura de WWR 17% posicionada no canto do ambiente), ou seja, um ganho de 48,9%. Para a cor branca (melhor situação) no horário de 12:00 horas a iluminância interna é de 99 Lux para o inverno (Fig. 11a) e 148 Lux para o verão (Fig. 11b), um aumento de 49 Lux para as mesmas condições observadas anteriormente, ou seja, um ganho de 49,5%.

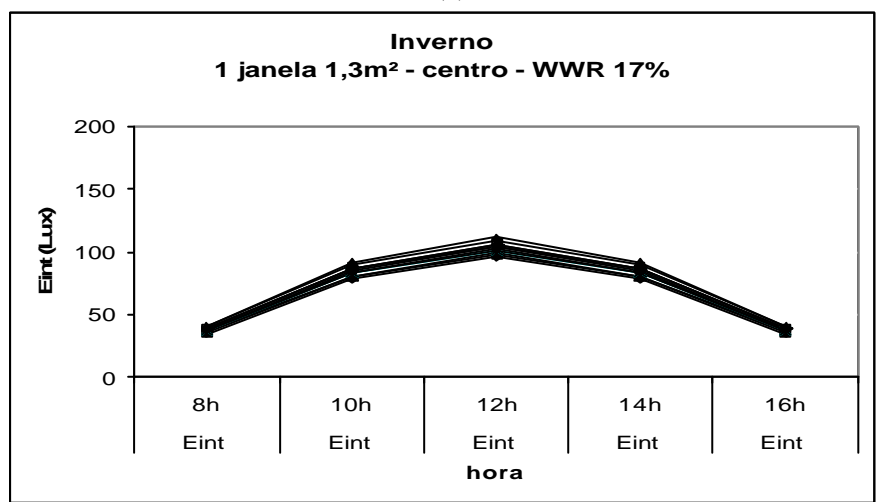
Para a situação de abertura WWR 17% posicionada no centro da sala (Fig. 11c), também se observou muito pouca diferença entre o resultado para a cor preta - 35 Lux para 8:00 horas e de 95 Lux para 12:00 em relação a cor branca - 40 Lux para 8:00 horas e 111 Lux para 12:00 horas, apenas 5 Lux para o horário de 8:00 horas e 16 Lux para 12:00 horas.



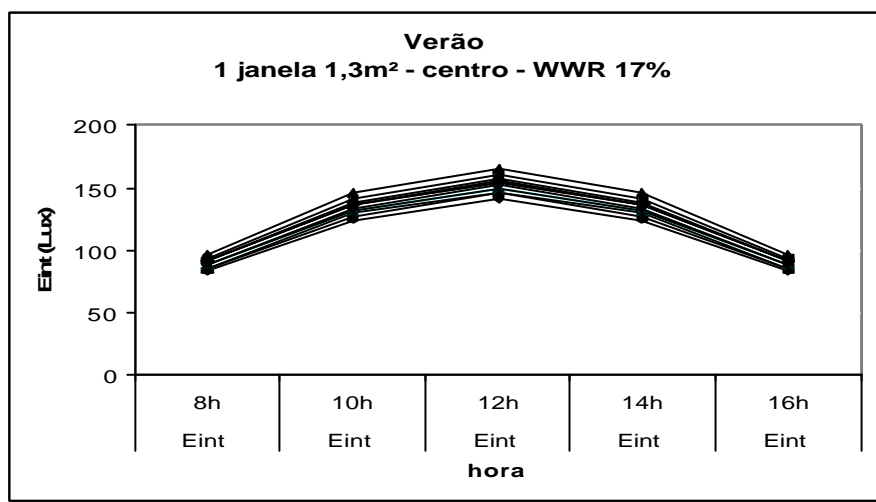
(a)



(b)



(c)



(d)

- ◆ Preta
- Vermelha
- ▲ Cinza escuro
- ✦ Verde máquinas
- Verde Azulado
- Lilás
- ✦ Verde claro
- Rosa
- Azul claro
- ◆ Laranja
- ✦ Amarelo claro
- ▲ Branco

Figura 11 – Inverno e verão, janelas WWR 17% canto e centro do ambiente, diversos horários.

Para a estação de verão (Fig. 11d), para a mesma situação de abertura WWR 17% no centro do ambiente, a diferença entre as cores preto e branco é de 14 Lux para o horário de 8:00h e 24 Lux para o horário de 12:00 horas. Os valores observados foram de 83 Lux (8:00 horas) e 141 Lux (12:00 horas) para o preto e 97 Lux (8:00 horas) e 165 Lux (12:00 horas) para o branco.

De forma geral, observou-se que a tendência para todas as horas do dia avaliadas foi de um maior ganho de iluminância interna quando a abertura está posicionada no centro do ambiente, abertura WWR 17% (Fig. 11a, b, c, d). Verificou-se, ainda, que em um dia de céu encoberto tem-se um ganho maior de iluminância interna quando a abertura está posicionada no centro do ambiente do que posicionada no canto do ambiente. Esta tendência melhora ainda mais para a estação de verão. Mas, de qualquer forma, estes resultados confirmam a idéia de Paps *et al.* (1998), de que pequenas aberturas necessitam de iluminação auxiliar (na maioria das vezes, iluminação artificial). E concluem que o conhecimento da quantidade de luz admitida através da edificação pode auxiliar na tomada de decisões e mudanças de projeto. Assim, o conhecimento da distribuição espacial e temporal da iluminação natural dentro de um ambiente auxilia no projeto luminotécnico (PAPST *et al.*, 1998).

Os resultados apresentados acima confirmam que a cor do ambiente exerce muito pouca influência para o melhoramento da iluminância interna do local em dia de céu encoberto, para todos os horários estudados de inverno e verão, não alcançando o recomendado pela Norma NB-57 (1991) realmente necessitando de reforço da iluminação artificial. No entanto, estudos mostram que o nível de ansiedade, de fadiga e de estresse do indivíduo tem sido alterado pela cor, e que os efeitos das cores interagem com a da atividade executada no local (KWALLEK *et al.*, 1988). Wineman (1986) sugeriu que as cores quentes podem melhorar a observação do indivíduo, aumentando sua percepção do que acontece ao seu redor. Já com as cores frias diminuem a percepção individual, trazendo a pessoa para dentro de si mesma.

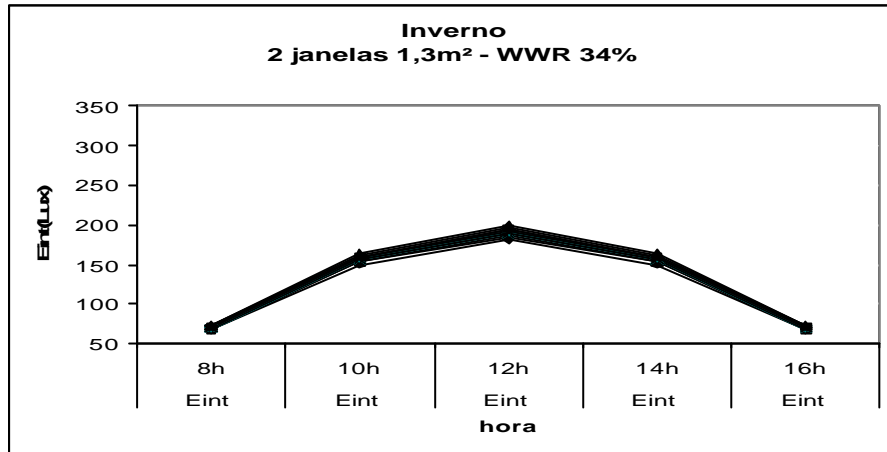
4.3.2 Abertura WWR 34%, duas Janelas e uma janela no Centro do Ambiente – Inverno e Verão

A Figura 12 exibe a diferença encontrada entre um ambiente com duas aberturas de 1,30 m² cada e uma abertura com 2,60 m² posicionada no centro do local (WWR 34%), para as estações de inverno e verão em dia de céu encoberto.

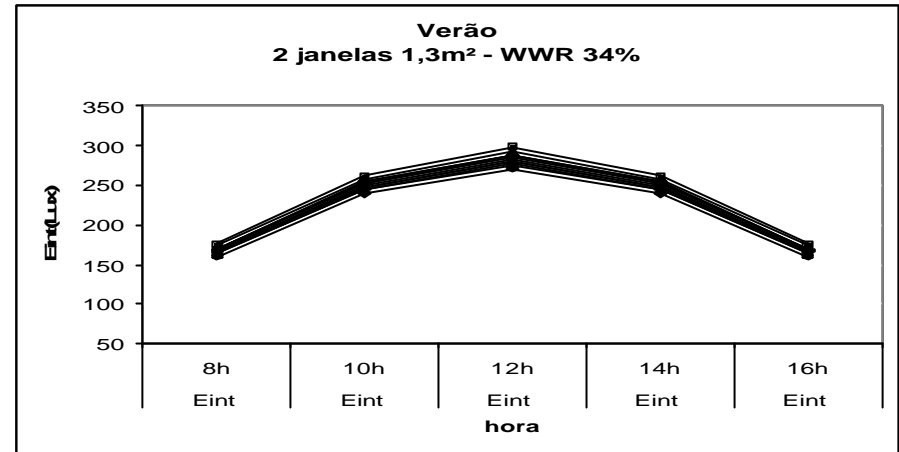
As Figuras 12a e 12b mostram a diferença entre a situação de ambiente com a mesma abertura (duas aberturas de 1,30 m² ou WWR 34%), mas em estações diferentes (inverno e verão). Para a cor preta (Fig. 12a) obteve-se iluminância interna de 67 Lux (8:00 horas) e 181 Lux (12:00 horas). Já para a cor branca alcançou-se 73 Lux (8:00 horas) e 199 Lux (12:00 horas) para o inverno em dia de céu encoberto. Já para o verão a cor preta obteve 159 Lux (8:00 horas) e 271 Lux (12:00 horas) e a cor branca 171 Lux (8:00 horas) e 297 Lux (12:00 horas). Ou seja, teve-se um ganho de 92 Lux na cor preta (8:00 horas) comparando-se o verão e o inverno, e 102 Lux para a cor branca (8:00 horas), também do verão para o inverno (Fig. 11 a, b). Já, para as 12:00 horas (horário de maior iluminância externa), o aumento foi de 90 Lux para a cor preta do verão para o inverno, e 98 Lux para a cor branca do verão para o inverno. Deste modo, observa-se que a diferença foi maior no horário de 8:00 horas, e menor no horário de 12:00 horas entre o verão e o inverno.

Comparando-se as Figuras 12c e 12d observa-se que, para a janela de 2,60m² (WWR 34%) posicionada no centro do ambiente, a iluminância interna para a cor preta é de 66 Lux (8:00 horas) para o inverno e de 159 Lux (8:00 horas) para o verão. Para a cor branca a iluminância interna é de 76 Lux (8:00 horas) para o inverno e de 182 Lux (8:00 horas) para o verão. No horário de 12:00 horas (horário de maior iluminância externa), a iluminância interna para o preto foi de 181 Lux para o inverno e de 271 Lux para o verão. Para o branco obteve-se 208 Lux para o inverno e de 310 Lux para o verão. Ou seja, teve-se um ganho de 93 Lux na cor preta (8:00 horas) comparando-se do verão para o inverno, e 106 Lux para a cor branca (8:00 horas), também do verão para o inverno (Fig. 12c e 12d). Já, para as 12:00 horas, o aumento foi de 90 Lux para a cor preta (o valor continua o mesmo para duas aberturas ou uma abertura – WWR 34%) do verão para o inverno, e 108 Lux para a cor branca do verão para o inverno.

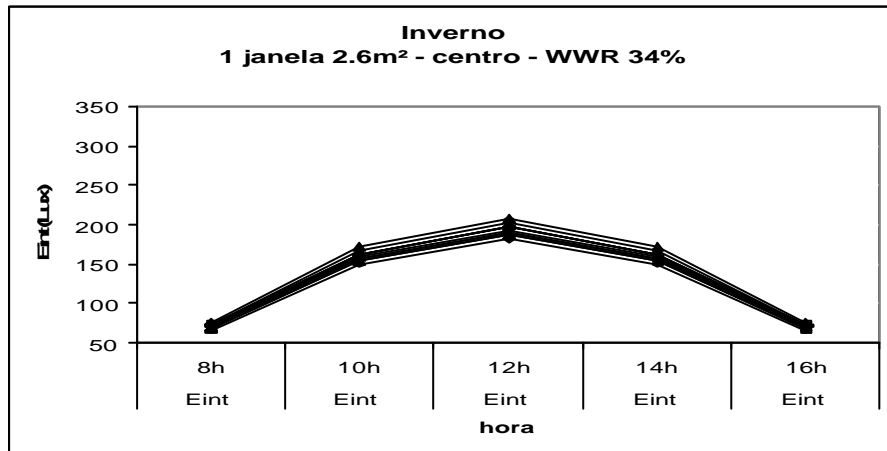
Ainda, mesmo com uma abertura WWR 34% em dia de céu encoberto inverno e verão, em nenhum horário se atingiu o índice mínimo pedido pela Norma NB-57 (1991) para a iluminação em interiores em que se realizam atividades de escritórios, assim como desenhos e projetos de engenharia mecânica (750 - 1500 Lux). Estes resultados novamente vêm comprovar que as cores não proporcionam bons resultados quanto ao aproveitamento da iluminação natural, porém muitos pesquisadores têm defendido a noção de que há uma correlação positiva entre ondas de diferentes níveis. Ondas longas (ex. vermelho, laranja, amarelo) são excitantes, e ondas curtas (ex. azul, índigo, violeta) são relaxantes (PLACK *et al.*, 1974; WINEMAN, 1986; WALTERS *et al.*, 1982; WHITFIELD *et al.*, 1990). Assim, o vermelho tem sido associado ao vigor, tensão, excitação, estimulação e felicidade. Já o azul e verde-azulado tem sido relacionado para o relaxamento, conforto, segurança, paz e calma. Os tons do azul são relacionados a menos aflição, angústia e mais sonolência (LEVY, 1984; PLACK *et al.*, 1974).



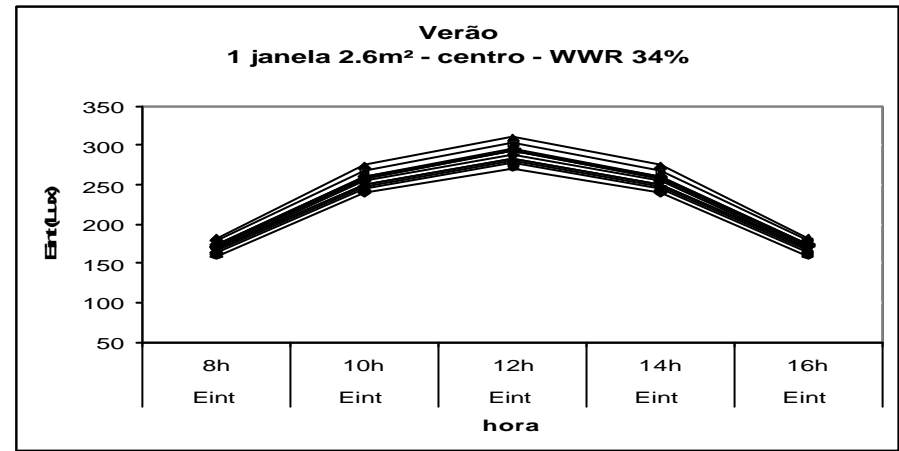
(a)



(b)



(c)



(d)

- | | | |
|------------------|-----------------|----------------|
| ◆ Preta | ■ Vermelha | ▲ Cinza escuro |
| ✦ Verde máquinas | ■ Verde Azulado | ● Lilás |
| ✦ Verde claro | — Rosa | — Azul claro |
| ◆ Laranja | ■ Amarelo claro | ▲ Branco |

Figura 12 – Inverno e verão, abertura WWR 34%, duas janelas e uma janela no centro do ambiente, diversos horários.

4.4 Abertura WWR 52% – Inverno e Verão

A Figura 13 mostra a diferença de iluminância interna de uma mesma abertura de janela (WWR 52%) num dia de céu encoberto entre as estações de inverno e verão.

A iluminância interna observada para a cor preta (8:00 horas) foi de 102 Lux para o inverno e de 243 Lux para o verão. Para o horário de 12:00 horas (horário de maior iluminância externa) a iluminância interna foi de 277 Lux para o inverno e de 414 Lux para o verão. Para a cor branca, horário de 8:00 horas, a iluminância interna foi de 114 Lux para o inverno e 271 Lux para o verão. Já para o horário de 12:00 horas a iluminância interna para a cor branca é de 309 Lux para o inverno e de 461 Lux para o verão.

A diferença entre a iluminância interna, do verão para o inverno, para a cor preta (8:00 horas) é de 141 Lux, e de 137 Lux para o horário de 12:00 horas. Já, para a cor branca, esta diferença é de 157 Lux para as 8:00 horas e 152 Lux para as 12:00 horas (Fig. 13a e 13b).

Como já se esperava, a estação de verão proporciona um melhor índice de iluminância interna no ambiente. Embora o aproveitamento da iluminação natural seja necessário para reduzir o consumo de energia com o uso da iluminação artificial (LIMA, 2002), para que se cumpra a Norma NB-57 (1991) que determina 750 Lux como valor mínimo de iluminância interna para as atividades de desenhos e projetos de engenharia mecânica, em dia de céu encoberto se faz necessária a utilização da iluminação artificial, mesmo com a melhor situação de refletância da cor (branco 461 Lux – 12h), Fig. 13b. Conforme Ne'eman (1998), a importância da utilização eficiente da luz natural é poder reduzir o consumo de energia elétrica gasta em iluminação em até 50%.

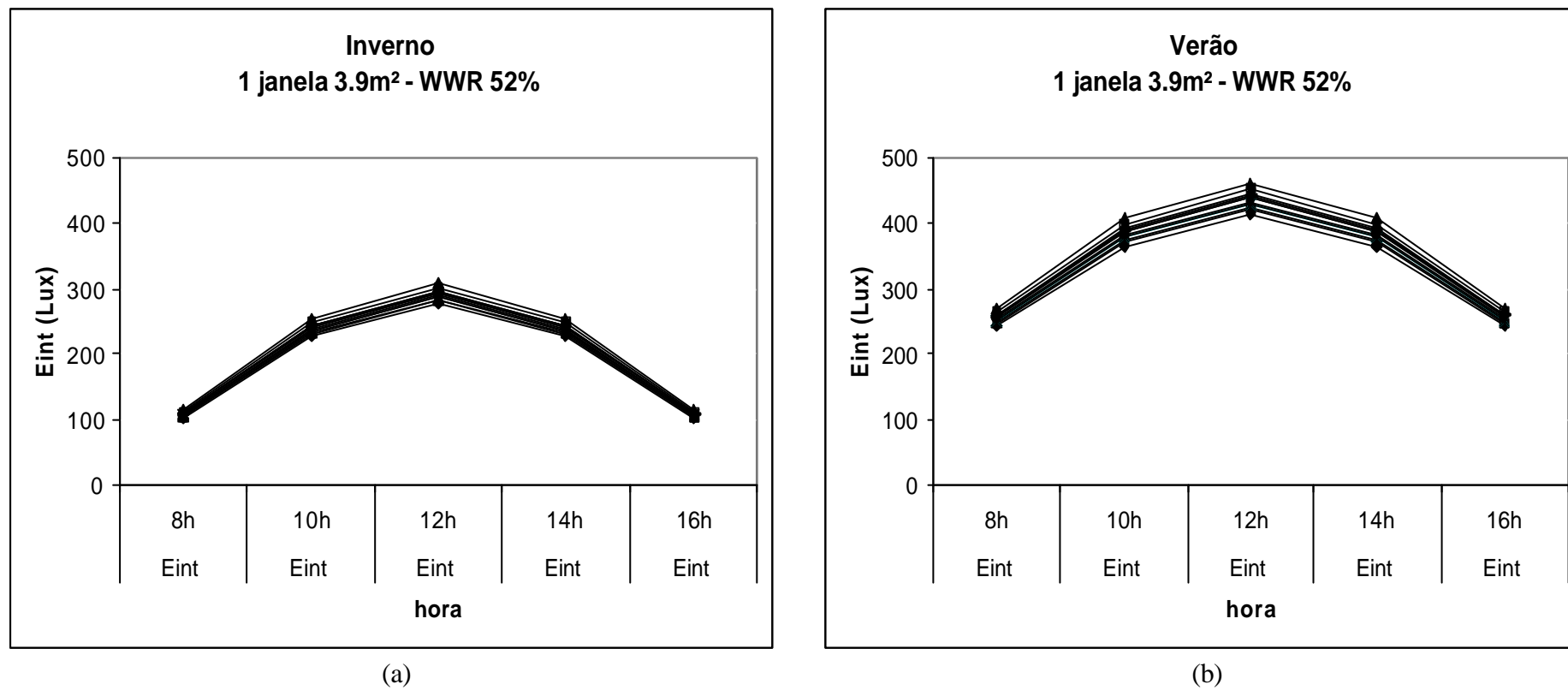


Figura 13 – Inverno e verão, abertura WWR 52%, diversos horários.

Em nenhuma situação do experimento, a cor do ambiente possibilitou uma real economia de energia, mostrando que tem muito pouca influência na iluminância interna do local, mas pesquisadores sugerem que a cor do ambiente afeta no desempenho, satisfação e na motivação do trabalhador, pois altera o estado físico e psicológico do indivíduo e, dependendo da complexidade da atividade, na atenção em sua realização. Por esta razão, determinar o impacto que ocorre devido às cores variadas de um ambiente no humor, na satisfação, na motivação e no desempenho pode ser útil para um bom projeto de design de um ambiente de trabalho ou estudo (KWALLEK *et al.*, 1988; 1990).

A Tabela 3 resume as diferenças entre o inverno e verão, as 12:00 horas (horário de maior iluminância externa), para as diversas aberturas WWR 17%, 34% e 52%. A diferença entre a iluminância interna para o inverno e o verão em uma abertura WWR 17% no canto do ambiente é de 35,7%, para a abertura WWR 17% posicionada no centro do ambiente é de 33,3%. Já, para o ambiente com duas aberturas WWR 34% a diferença entre o verão e o inverno é de 30,7% e para a abertura de WWR 34% centralizada no ambiente a diferença é de 33,3%. No caso da janela WWR 52% esta diferença é de 33,3% entre o verão e inverno.

Tabela 3 – Diferença de iluminâncias internas entre inverno e verão para as aberturas WWR 17%, 34% e 52%.

Condição da abertura / Diferença E_{int} (12h)	Inverno (Lux)	Verão (Lux)	Diferença (%)
1 jan canto 1,30 m² - WWR 17%	9	14	35,7
1 jan centro 1,30 m² - WWR 17%	16	24	33,3
2 jan 1,30 m² - WWR 34%	18	26	30,7
1 jan 2,60 m² - WWR 34%	26	39	33,3
1 jan 3,90 m² - WWR 52%	32	48	33,3

4.5 Influência da Posição das Janelas no Efeito de Cores de Divisórias

4.5.1 Comparação entre Janelas WWR 17% (abertura no canto/centro do ambiente – inverno/verão)

Observando o posicionamento da janela, as Figuras 14 e 15 mostram a variação de iluminância interna (Lux) para a mesma abertura (WWR 17%), para diferentes cores de divisórias, alterando-se a posição da janela, no horário 12:00 horas para céu encoberto/inverno e verão.

Os resultados para cores de divisórias mostram-se mais amenos do que para as cores de tinta de parede por não apresentarem tanta variação de tonalidade. Da cor cinza à cor areia jundiá, as alterações da iluminância interna foram mínimas (Figs. 14 e 15).

Como já se esperava, tanto para a condição de inverno como de verão (Figs. 14 e 15), os resultados indicam que a janela sendo posicionada no centro da sala é mais eficiente do que posicionada no canto do ambiente para a iluminância interna (Eint) do local.

Na Figura 14 observa-se que no melhor resultado (divisória areia jundiá – abertura centro - inverno) obteve-se iluminância interna de 105 Lux, enquanto que para a janela posicionada no canto da sala com o mesmo tamanho de abertura (WWR 17%), a iluminância interna máxima foi de 96 Lux (divisória areia jundiá – abertura canto - inverno). Um acréscimo de 9 Lux entre a primeira e a segunda situação.

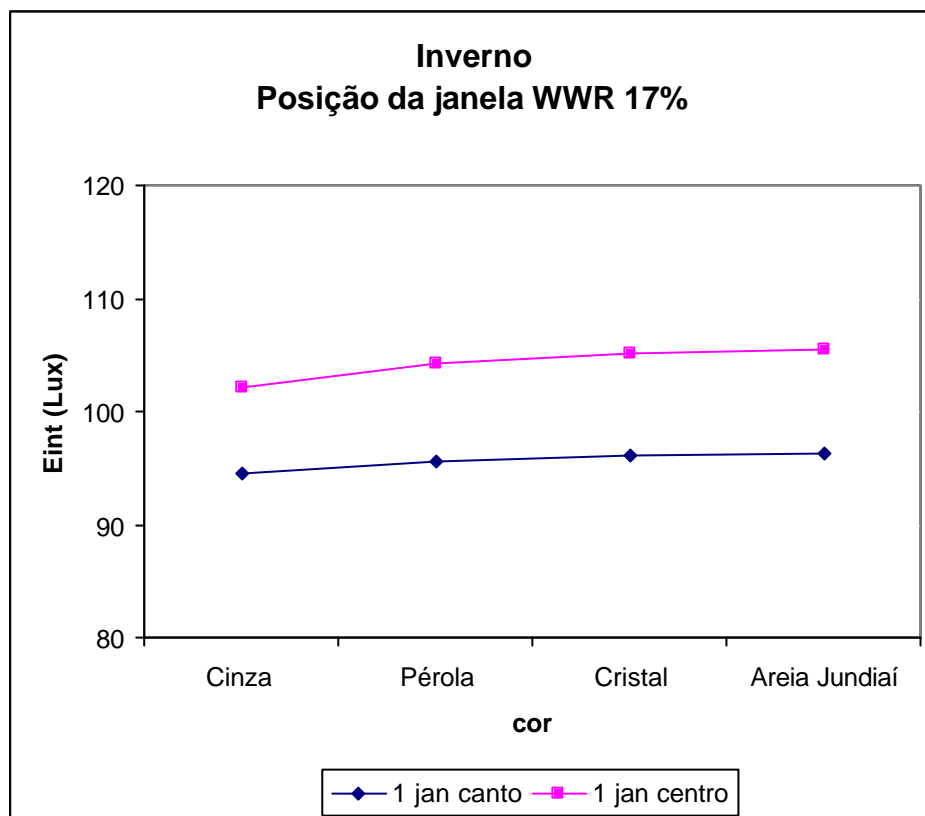


Figura 14 – Divisórias - inverno, uma janela no canto e centro WWR 17%.

A Figura 15 mostra uma iluminância interna de 157 Lux no melhor resultado (divisória areia jundiáí – abertura centro - verão), enquanto que para a janela posicionada no canto da sala com o mesmo tamanho de abertura (WWR 17%), a iluminância interna máxima foi de 143 Lux (divisória areia jundiáí – abertura canto - verão). Uma diferença de 14 Lux entre a primeira e a segunda situação.

O resultado conferido para a divisória cinza (abertura centro WWR 17% - verão) é de 152 Lux, enquanto que para segunda situação com a abertura no canto da sala, o resultado é de 140 Lux. Uma diferença de 12 Lux entre estas duas situações (Fig. 15), novamente o resultado é próximo entre a divisória areia jundiáí (melhor situação de cor) e a divisória cinza.

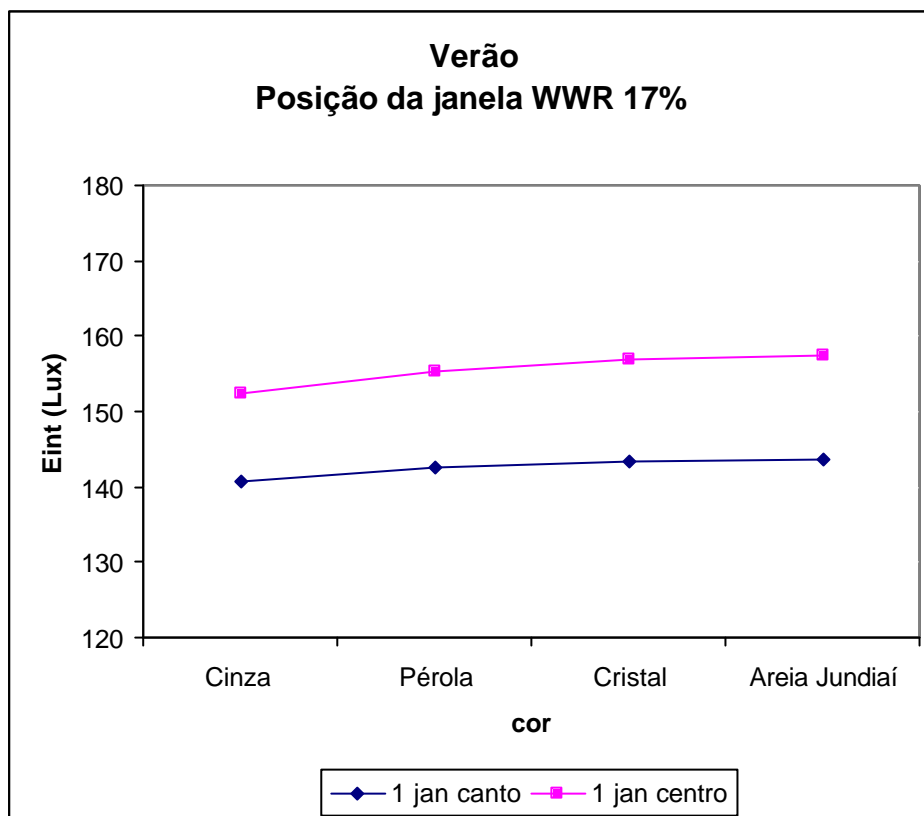


Figura 15 – Divisórias - verão, uma janela no canto e centro WWR 17%.

Os resultados acima apresentados (Figs. 14 e 15) mostram que a janela posicionada no centro da sala melhora a iluminância interna do ambiente, mesmo em dia de inverno com céu encoberto, típico de Curitiba. Mas estes índices são ainda melhores no verão. Observou-se que com a abertura no centro da sala para a condição de verão para o inverno as divisórias cinza e areia Jundiáí cresceram as iluminâncias em 50 e 52 Lux, respectivamente.

De qualquer forma, mesmo na melhor condição de posição da abertura WWR 17% (no centro da sala), na melhor estação (verão) e de horário (12:00 horas) e na divisória com melhor refletância - 157 Lux (areia jundiáí), faz-se necessária a utilização de iluminação artificial para que se cumpra a Norma NB-57 (1991).

4.6 Comparação entre Janelas WWR 34% (ambiente com duas aberturas de 1,30m X ambiente com uma abertura de 2,60m – inverno/verão)

As Figuras 16 e 17 determinam o potencial de aproveitamento da iluminação natural comparando-se o ambiente com duas aberturas (WWR 34%) e com uma única abertura (WWR 34%), no horário 12:00 horas para céu encoberto/inverno e verão.

Novamente os resultados indicam que uma abertura de janela de 2,60cm (WWR 34%) centralizada do ambiente ajuda a aumentar a iluminância interna (Eint) do local, e que duas aberturas de janelas de 1,30 m² (WWR 34%) aumentam em menor escala a iluminância interna do ambiente (Figs. 16 e 17).

Na Figura 16, os resultados indicam que, no ambiente com duas janelas (12:00 horas, horário de maior iluminância externa – inverno), a divisória cinza apresenta iluminância interna (Eint) de 189 Lux, e a divisória areia jundiaí 193 Lux, acrescentando apenas 4 Lux entre a divisória de maior (areia jundiaí) e a de menor refletância (cinza). No ambiente com uma janela centralizada (WWR 34%), a divisória cinza apresenta iluminância interna (Eint) de 193 Lux, e a divisória areia jundiaí 199 Lux, acrescentando 6 Lux entre a divisória de maior (areia jundiaí) e a de menor (cinza) refletância. Desta forma, vale observar que para o ambiente com uma abertura WWR 34% centralizada, o resultado mais baixo – 193 Lux para a divisória cinza, é o mesmo que para o melhor resultado de iluminância interna do ambiente com duas aberturas WWR 34% – 193 Lux para a divisória areia jundiaí (Fig. 16).

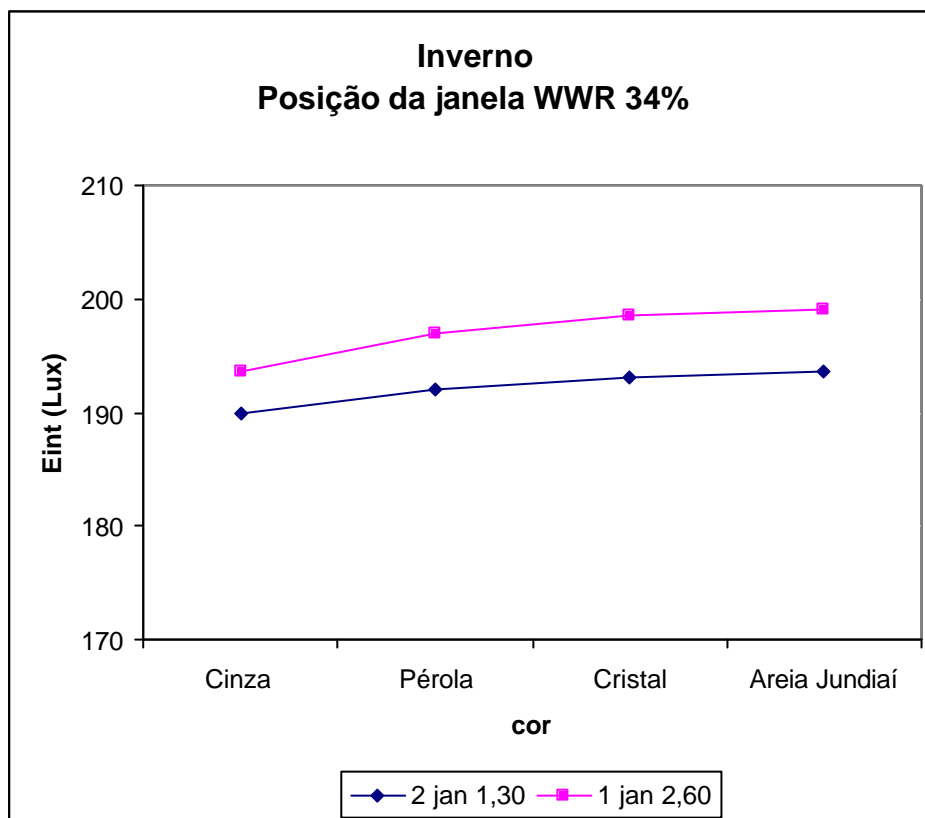


Figura 16 – Divisórias - inverno, duas janelas e uma janela WWR 34% centralizada.

Conforme Figura 17, os resultados para a situação de duas aberturas WWR 34% (12h – verão), a divisória cinza apresenta iluminância interna de 283 Lux e a divisória areia jundiá 288 Lux. Apenas 5 Lux de diferença entre as tonalidades de divisórias. Já, para o ambiente com uma única abertura WWR 34% (12:00 horas), a divisória cinza apresenta iluminância interna de 288 Lux e a divisória areia jundiá 296 Lux. Uma diferença 8 Lux entre as tonalidades de divisórias.

Novamente observa-se que para o ambiente com uma abertura WWR 34% centralizada, o resultado mais baixo – 288 Lux para a divisória cinza, se iguala ao melhor resultado de iluminância interna do ambiente com duas aberturas WWR 34% – 288 Lux para a divisória areia jundiá (Fig. 17). Novamente se observa que uma abertura de janela é melhor para a iluminância interna do ambiente do que duas aberturas do mesmo tamanho WWR 34% na situação de dia de inverno com céu encoberto (Fig. 16 e 17).

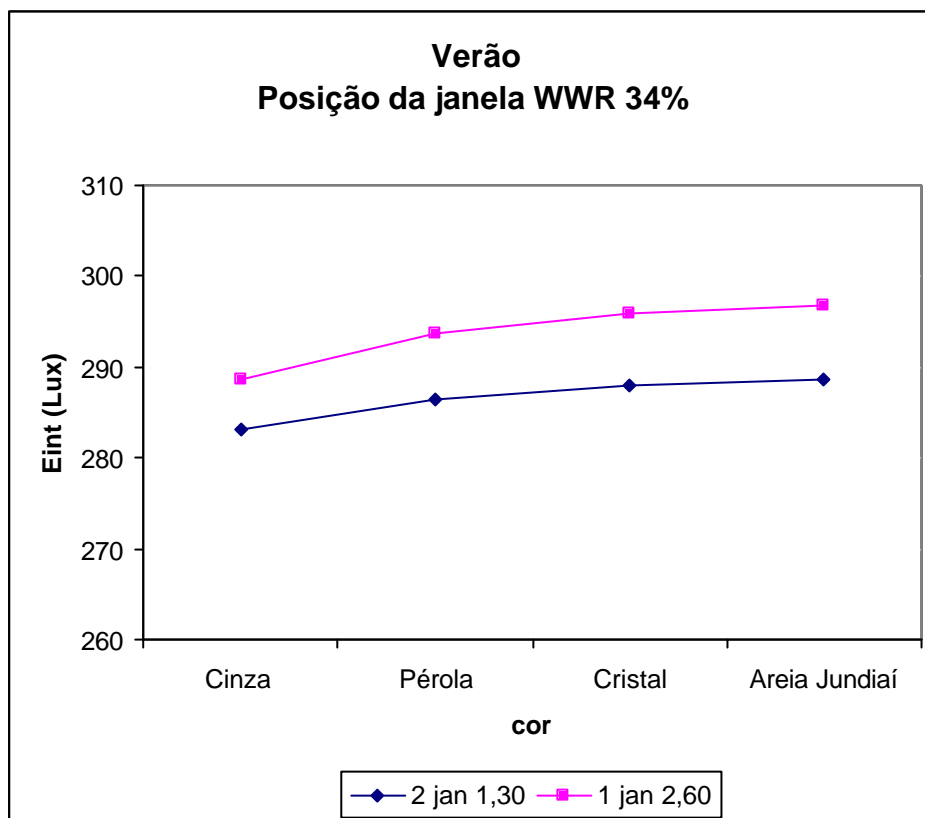
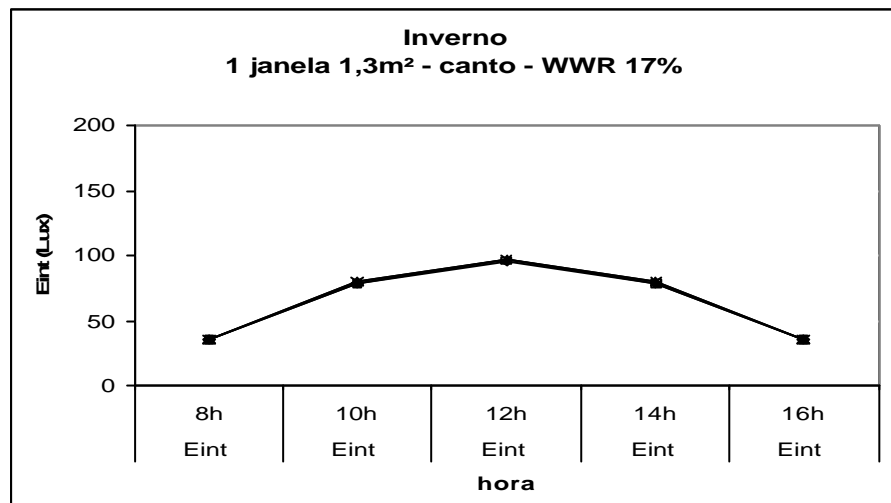


Figura 17 – Divisórias - verão, duas janelas e uma janela WWR 34% centralizada.

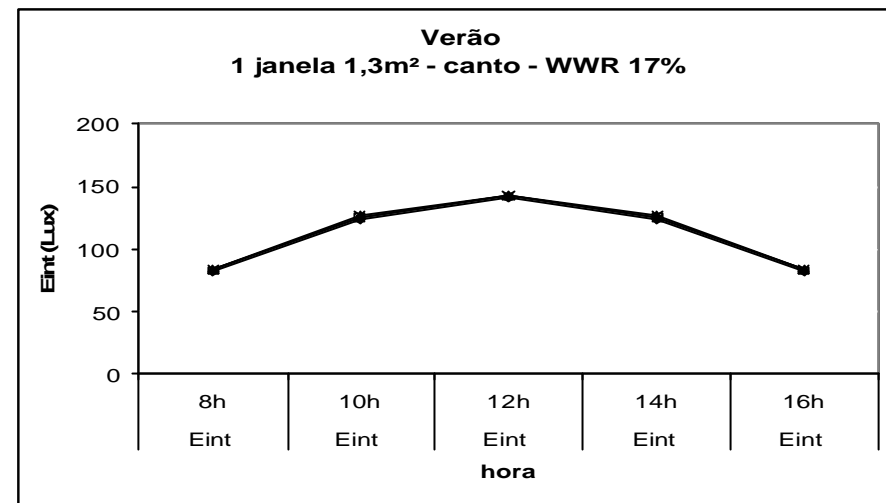
4.7 Iluminâncias Internas para Diferentes Horários do Dia inverno/verão

4.7.1 Abertura WWR 17% Canto e Centro do Ambiente – Inverno e Verão

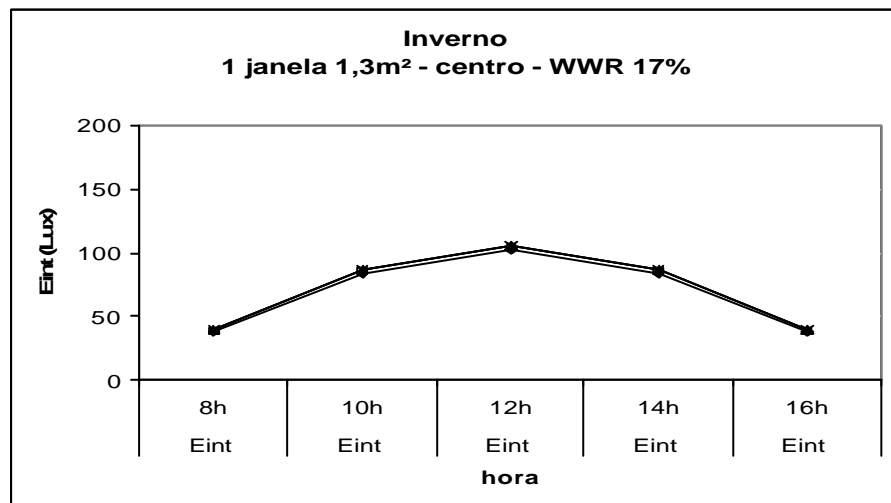
Comparando-se a iluminância interna (E_{int}) para diferentes horários, de forma geral observou-se pouco aumento entre os valores de iluminância interna para as quatro cores de divisórias para os horários de 8:00, 10:00 e 12:00 horas (horário de maior iluminância externa). Observa-se, também, um contínuo declínio da iluminância interna para as cores de divisórias entre os horários de 14:00 e 16:00 horas, Figs. 18 - a, b, c, d.



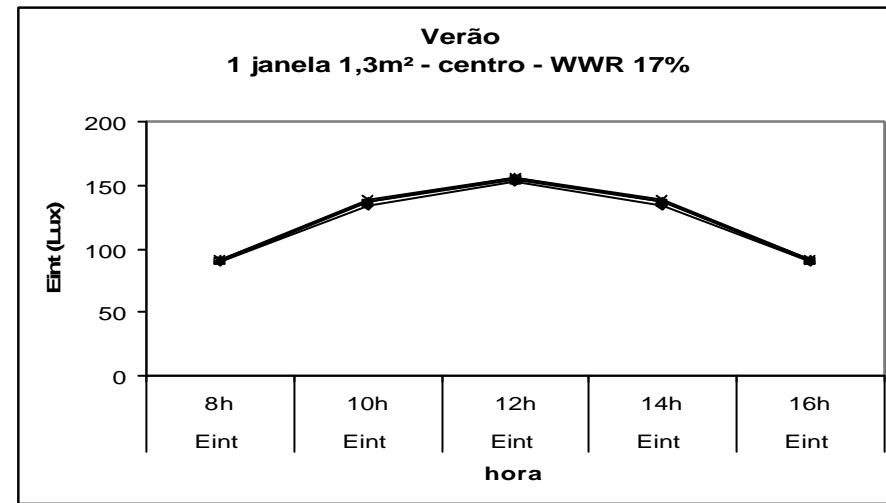
(a)



(b)



(c)



(d)

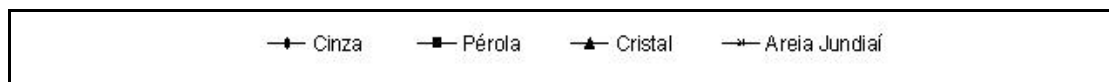


Figura 18 – Inverno e verão, janelas WWR 17% canto e centro do ambiente, diversos horários.

O resultado de iluminância interna para a divisória cinza (Fig. 18a) no horário de 8:00 horas é de 34 Lux para o inverno e 82 Lux para o verão (Fig. 18b), uma diferença de 48 Lux para a abertura de WWR 17% posicionada no canto do ambiente. Já para a divisória areia jundiáí (melhor situação), mesma condição, a iluminância interna é de 35 Lux para o inverno (Fig. 17a) e 84 Lux para o verão (Fig. 18b), ou seja, uma diferença de 49 Lux. Resultado muito parecido com as cores de tintas preto e branco (Figs. 11a e 11b), na mesma situação de horário (8h), estação (inverno) e aberturas (WWR 17% - canto).

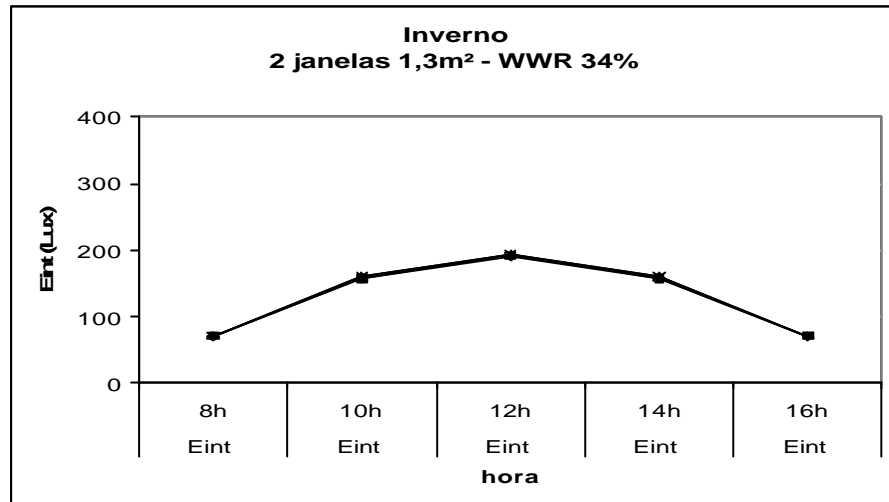
Ainda, o valor de iluminância interna para divisória cinza (Fig.18a) no horário de 12:00 horas é de 94 Lux para o inverno e 140 Lux para o verão (Fig. 18b), uma diferença de 46 Lux (abertura de WWR 17% posicionada no canto do ambiente). Para a divisória areia jundiáí (melhor situação) no horário de 12:00 horas, a iluminância interna é de 96 Lux para o inverno (Fig. 18a) e 143 Lux para o verão (Fig. 18b), um aumento de 47 Lux para as mesmas condições observadas anteriormente, Figs. 18a e 18b.

Para a situação de abertura WWR 17% posicionada no centro da sala (Fig. 18c), mostra o resultado de 37 Lux para a divisória cinza (8:00 horas) e 89 Lux para 12:00 horas (horário de maior iluminância externa), e para a divisória areia jundiáí 105 Lux para 8:00 horas e 157 Lux para 12:00 horas. A diferença entre as estações inverno e verão (Fig. 18c e 18d), para a abertura no centro do ambiente, é de 52 Lux para a divisória cinza para o horário de 8:00 horas, e de 50 Lux para 12:00 horas. E para a mesma situação de abertura WWR 17%, no centro do ambiente, a diferença entre o inverno e verão (Figs. 18c e 18d) é de 54 Lux para a divisória areia jundiáí para o horário de 8h, e de 52 Lux para o horário de 12h.

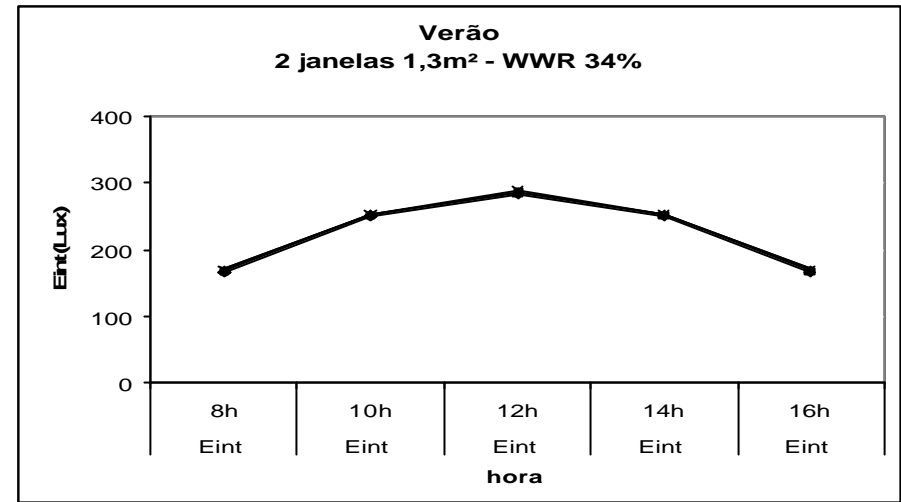
Novamente se confirma que para a situação de abertura WWR 17% (Figs. 18a, b, c, d) em um dia de céu encoberto, tem-se um acréscimo na iluminância interna do local quando a abertura está posicionada no centro do ambiente do que posicionada no canto do ambiente, este resultado melhora para a estação de verão do que para o inverno. Estes resultados mostram que assim como as cores de tinta de parede, as tonalidades de divisórias exercem pouca influência para o melhoramento da iluminância interna do ambiente em dia de céu encoberto, necessitando de reforço da iluminação artificial para a obtenção do nível de iluminância recomendado pela Norma NB-57 (1991).

4.7.2 Abertura WWR 34%, Duas Janelas e Uma janela no Centro do Ambiente – Inverno e Verão

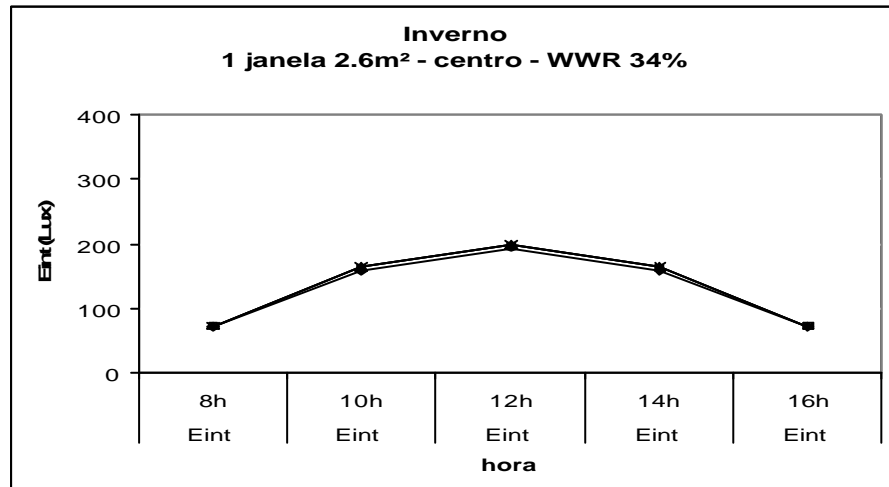
Na Figura 19 avalia-se a diferença encontrada entre um ambiente com duas aberturas de 1,30 m² cada e uma única abertura com 2,60 m² (WWR 34%) posicionada no centro do local, para as estações de inverno e verão em dia de céu encoberto e nos horários de 8:00, 10:00, 12:00, 14:00 e 16:00 horas.



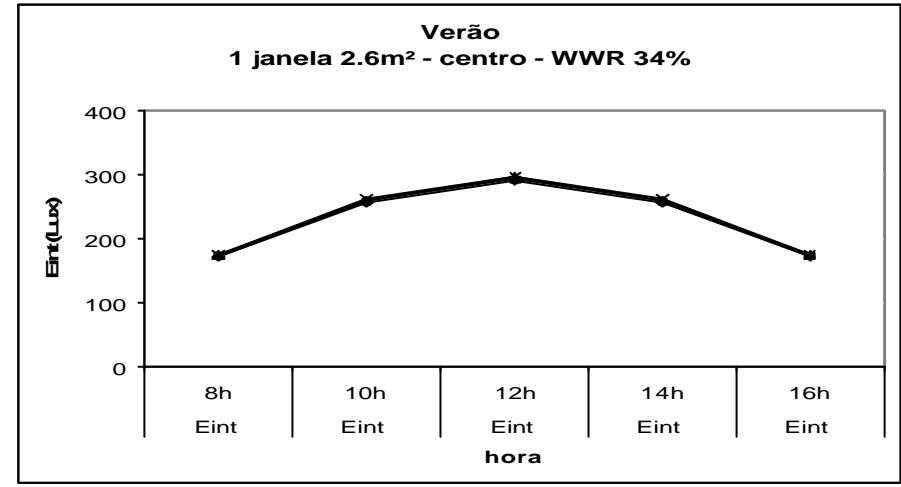
(a)



(b)



(c)



(d)

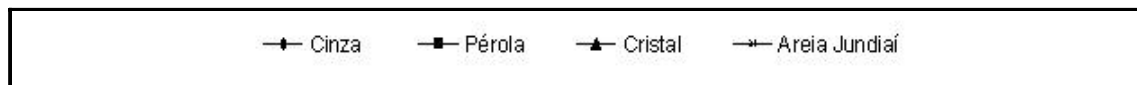


Figura 18 – Inverno e verão, abertura WWR 34%, duas janelas e uma janela no centro do ambiente, diversos horários.

Segundo a Figura 19a e 19b a diferença entre a situação de ambiente com a mesma abertura (duas aberturas de 1,30 m² ou WWR 34%), mas em estações diferentes (inverno e verão), mostra que a divisória cinza (Fig. 19a) obteve iluminância interna de 69 Lux (8:00 horas) e 189 Lux (12:00 horas) no inverno, e a divisória areia jundiaí alcançou 71 Lux (8:00 horas) e 193 Lux (12:00 horas) para o inverno em dia de céu encoberto. Já para o verão a divisória cinza obteve 166 Lux (8:00 horas) e 283 Lux (12:00 horas) e a divisória areia jundiaí 169 Lux (8:00 horas) e 288 Lux (12:00 horas). Ou seja, tem-se um ganho de 97 Lux na divisória cinza (8:00 horas) comparando-se do verão para o inverno, e 98 Lux para a divisória areia jundiaí (8:00 horas) (Figs. 19a e 19b). Já, para as 12:00 horas (horário de maior iluminância externa), o aumento foi de 94 Lux para a divisória cinza do verão para o inverno, e 95 Lux para a divisória areia jundiaí do verão para o inverno (12:00 horas). Deste modo, observa-se que a diferença foi maior no horário de 8:00 horas (97 e 98 Lux), e menor no horário de 12:00 horas (94 e 95 Lux) entre as estações de verão e inverno. Obviamente no verão, com maior luminosidade externa, tem-se melhor resultado na iluminância interna do ambiente mesmo em dia de céu encoberto.

Comparando-se as Figuras 19c e 19d observa-se que, para uma única janela de 2,60 m² (WWR 34%) posicionada no centro do ambiente, a iluminância interna para a divisória cinza é de 71 Lux (8:00 horas) para o inverno e de 169 Lux (8:00 horas) para o verão, para a divisória areia jundiaí a iluminância interna é de 73 Lux (8:00 horas) para o inverno e de 174 Lux (8:00 horas) para o verão. Para o horário de 12:00 horas a iluminância interna para a divisória cinza é de 193 Lux para o inverno e de 288 Lux para o verão, e para a divisória areia jundiaí é de 199 Lux para o inverno e de 296 Lux para o verão. Ou seja, tem-se um ganho de 98 Lux na divisória cinza (8:00 horas) comparando-se do verão para o inverno, e 101 Lux para divisória areia jundiaí (8:00 horas), também do verão para o inverno (Figs. 19c e 19d). Já, para as 12:00 horas, o aumento foi de 92 Lux para a divisória cinza do verão para o inverno, e 97 Lux para a areia jundiaí do verão para o inverno.

Comprova-se novamente que a abertura WWR 34%, em dia de céu encoberto, inverno e verão, em nenhum horário (sendo que na melhor situação de abertura e cor de divisória, o máximo alcançado foi de 296 Lux – 12:00 horas) foi atingido o índice mínimo estabelecido pela Norma NB-57 (1991) para a iluminação

em interiores em que se realizam atividades de escritórios, assim como desenhos e projetos de engenharia mecânica (750 - 1500 Lux).

Mas, conforme Pereira (1995, p.10), um bom projeto de iluminação natural tira proveito e controla a luz disponível, maximizando suas vantagens e reduzindo suas desvantagens. E conclui que as decisões mais críticas, a este respeito, são tomadas nas etapas iniciais de projeto.

4.8 Abertura WWR 52% – Inverno e Verão

A Figura 20 mostra a diferença de iluminância interna de uma mesma abertura de janela (WWR 52%) num dia de céu encoberto entre as estações de inverno e verão.

A iluminância interna para divisória cinza (8:00 horas) é de 107 Lux para o inverno e de 256 Lux para o verão, e para o horário de 12:00 horas a iluminância interna é de 292 Lux para o inverno e de 435 Lux para o verão. Já, para o horário de 8:00 horas, a iluminância interna para a divisória areia jundiaí é de 110 Lux para o inverno e 262 Lux para o verão, e para o horário de 12:00 horas a iluminância interna para a divisória areia jundiaí é de 298 Lux para o inverno e de 445 Lux para o verão.

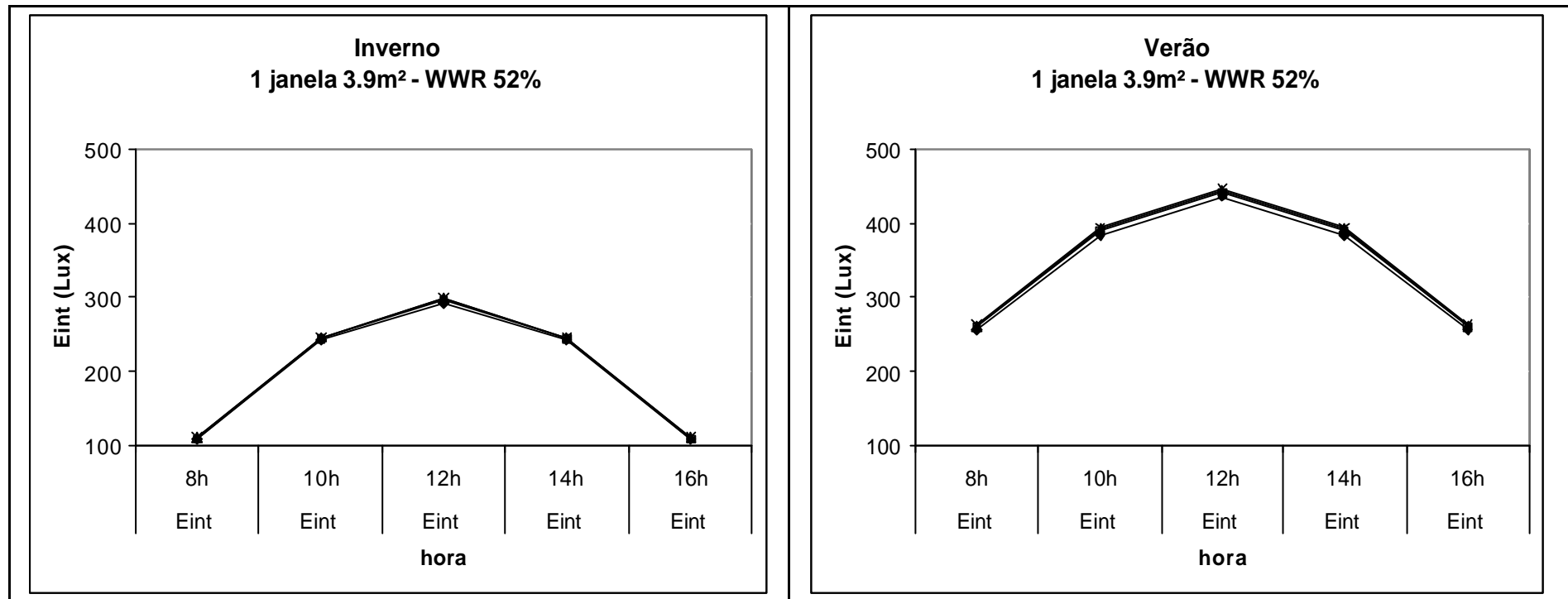


Figura 19 – Inverno e verão, abertura WWR 52%, diversos horários.

A diferença entre a iluminância interna, do verão para o inverno, para a divisória cinza (8:00 horas) é de 149 Lux, e de 143 Lux para o horário de 12:00 horas. Já, para a divisória areia jundiáí, esta diferença é de 152 Lux para as 8:00 horas e 147 Lux para o horário de 12:00 horas (Figs. 20 a e 20b).

Novamente, como já se esperava, a estação de verão proporciona um melhor índice de iluminância interna no ambiente. Mas, a maior iluminância interna obtida foi de 445 Lux para a melhor situação de cor e estação, ficando outra vez abaixo do valor mínimo que a Norma NB-57 (1991) estabelece - 750 Lux de iluminância interna para as atividades de desenhos e projetos de engenharia mecânica, ou seja, em dia de céu encoberto para qualquer das estações e cores de divisórias se faz necessária a utilização da iluminação artificial (Figs. 20a e 20b).

De acordo com os resultados apresentados, as melhores situações de iluminância interna foi obtido na cor de parede branca - 461 Lux (12h, verão, WWR 52%) e na divisória areia jundiáí - 445 Lux (branco,12h, verão,WWR 52%), Mostrando que a cor exerce pouca influência quanto a iluminância interna.

CAPÍTULO 5

Conclusões

Os coeficientes de refletância das cores de parede e divisórias analisadas em simulações variando-se tamanho e posicionamento de janelas permitiram analisar a influência destas variáveis no potencial de aproveitamento da luz natural em ambientes construídos de locais de trabalho.

A resposta para a hipótese H_0 é afirmativa e para a H_1 é negativa.

Os valores de refletância das cores obtidos através do método do papel branco e do método do luminômetro apresentam diferença entre si por efeito dos equipamentos utilizados. No método do papel branco utilizou-se o luxímetro, equipamento de tecnologia simples que apresenta menos variabilidade de calibração (calibração de fábrica). Os resultados obtidos através deste método se aproximaram dos resultados encontrados na literatura.

Já, no método do luminômetro utilizou-se equipamento de tecnologia sofisticada, necessitando de parâmetros de calibração. Os resultados obtidos por meio deste método apresentam valores diferentes dos encontrados na literatura, como é o caso da cor rosa, verde máquina, verde claro, cinza escuro, verde

azulado, lilás e até mesmo do branco. Já, para algumas cores os resultados foram aproximados, como foi o caso do amarelo claro, o azul claro e o laranja.

Quanto às paredes divisórias, os resultados mostram que as cores de divisórias cinza, cristal, pérola e areia jundiá (que são as cores mais vendidas no mercado para locais de trabalho) proporcionam bom resultado de refletância, o que aumenta a iluminância interna (Eint) do ambiente de trabalho.

Neste estudo constatou-se que, embora a cor seja um dos elementos ambientais que promovem bem estar emocional e físico do trabalhador, é um elemento de pouca influência para o aproveitamento da iluminação natural em dia de céu encoberto. Sendo que as variáveis que realmente conduzem a um melhor resultado quanto ao aproveitamento da iluminação natural são o tamanho e posição da abertura no ambiente. Estes resultados estão de acordo com a literatura, pois, segundo Papst *et al.*, (1998), uma abertura de grandes dimensões pode causar boa entrada de luz, dependendo da orientação, 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 distribuição espacial e temporal da iluminação natural dentro de um ambiente auxilia no projeto luminotécnico (PAPST *et al.*, 1998).

Assim, como se esperava, em período de verão é quando ocorrem os melhores índices de iluminância externa e conseqüentemente também aumentam os índices de iluminância interna, principalmente nos horários em que a luminosidade externa é maior (por volta das 12:00 horas).

Para uma abertura pequena (WWR17%), o melhor resultado obtido foi quando esta abertura foi posicionada no centro do ambiente do que quando posicionada no canto do ambiente, indicando que o posicionamento da abertura é fator de importância para o melhoramento da iluminação com o aproveitamento da luz natural. Estes resultados também correspondem aos resultados encontrados na literatura, onde confirmam que pequenas aberturas necessitam de iluminação auxiliar (na maioria das vezes, iluminação artificial). Assim sendo, o conhecimento

da distribuição espacial e temporal da iluminação natural dentro de um ambiente auxilia no projeto luminotécnico (PAPST *et al.*, 1998).

Quando se comparou a utilização de duas aberturas ou uma única abertura do mesmo tamanho (WWR 34%), em dia de céu encoberto, tanto para o inverno quanto verão, os resultados mostraram que uma abertura de janela de 2,60 m² é mais eficaz para o aumento da iluminância interna (Eint), do que duas aberturas de 1,30 m² cada.

No entanto, no ambiente com abertura WWR 34%, a cor preta apresenta iluminância interna (Eint) semelhante ao se comparar duas aberturas e uma abertura centralizada no ambiente os mesmos horários, ocorrendo o mesmo para as estações de inverno e verão. Aparentemente quando é baixo o valor do coeficiente de refletância (cor preta), a condição das aberturas (duas ou uma de mesma área) não interfere no resultado final de iluminância interna do ambiente. Já, a partir da cor vermelha o valor do coeficiente de refletância passa a ser mais significativo, consecutivamente acontece um distanciamento na iluminância interna (Eint) de uma cor para a outra conforme o posicionamento da abertura, mostrando a certa influência do coeficiente de refletância no processo.

Também é importante salientar que a cor branca proporciona o melhor resultado quanto à iluminância interna do ambiente, embora pesquisadores sustentem que o branco possa aumentar o nível de fadiga do indivíduo por fazê-lo focar mais para a monotonia da atividade. Já para a cor vermelha, embora apresente um índice muito baixo de iluminância interno do local, sendo bem próximo ao da cor preta pesquisadores sugerem que em tarefas de rotina de escritórios, os trabalhadores apresentaram menos erros nos ambientes vermelhos do que nos brancos (PLACK *et al.*, 1974; WINEMAN,1979; WALTERS *et al.*, 1982; ROSENSTEIN,1985; PROFUSECK *et al.*,1987; KWALLEK *et al.*, 1988,1990; WHITFIELD *et al.*, 1990).

De acordo com os resultados apresentados, as melhores situações de iluminância interna foram obtidas na cor de parede branca - 461 Lux (12h, verão, WWR 52%) e na divisória areia jundiá - 445 Lux (branco,12h, verão,WWR 52%),

Mostrando para esta situação analisada que o aspecto cor apresentou uma variação de apenas 16 Lux.

Como apresentado nos resultados do Capítulo 4, a diferença de iluminância entre as cores areia Jundiá e branco mostrou apenas uma diferença de 16 Lux, de onde pode-se concluir que para esta situação houve pouca influência quanto à iluminância interna. Mas, deve-se lembrar que, do ponto de vista da física, as cores são diferenciadas entre si por terem várias frequências de ondas eletromagnéticas (FIGUEIREDO *et al.*, 2000) e o indivíduo, estando dentro de um ambiente durante várias horas do dia, está sob influência destas frequências de ondas. Vários pesquisadores apontam para as cores como sendo um dos fatores responsáveis pelo conforto do ambiente de trabalho, causando alteração do comportamento do indivíduo, influenciando os níveis de humor, fadiga, estresse, ansiedade e aumento da pressão sanguínea entre outros. Wineman (1979) sugeriu que as cores quentes podem melhorar a observação do indivíduo, aumentando sua percepção do que acontece ao seu redor. Rosenstein (1985) observou que indivíduos em salas vermelhas apresentam bom humor quando comparados a indivíduos em salas amarelas ou cores neutras, pessoas que trabalhavam em uma sala azul se sentiam calmos ou com bom humor. Profuseck *et al.* (1987), comprovaram em seus experimentos que o estado de ansiedade foi significativamente maior para indivíduos numa sala vermelha comparado com indivíduos que estavam numa sala rosa, já, Kwallek *et al.* (1988,1990) constataram um maior nível de depressão observado para aqueles indivíduos que trabalhavam em um escritório azul ou verde, e que as cores frias diminuem a percepção da pessoa, trazendo a pessoa para dentro de si mesma, ainda concluíram que indivíduos que trabalharam em um ambiente vermelho mostraram maior atenção no trabalho.

Foram conferidos resultados muito próximos, quanto ao coeficiente de refletância e de iluminância interna do ambiente, para as quatro tonalidades de paredes divisórias, mesmo assim, na cor areia jundiá foi onde se obteve melhores ganhos quanto a iluminância interna do local.

Nas cores mais claras, como a cor de tinta branca e na divisória areia jundiá, os valores de iluminância interna obtiveram as melhores índices, ainda que os resultados apontem para a cor como elemento de pouca interferência quanto ao ganho de iluminância interna do ambiente, pouco contribuindo para alcançar os valores mínimos de iluminância recomendados pela Norma NB-57 (ABNT, 1991), a qual estabelece os valores de iluminância de interiores para ambientes utilizados em atividades de indústria, comércio, ensino e outras.

A contribuição deste estudo é demonstrar que em qualquer horário para dias de céu encoberto, tanto para o inverno quanto para o verão, nas situações de abertura WWR 17%, WWR 34%, WWR 52% a cor das paredes não propicia aproveitamento necessário para que se empregue somente a iluminação natural. Estes resultados vão de encontro com Leder et al. (1999) e Cabús (1997) que afirmam que um ambiente com janelas de dimensões adequadas e superfícies interiores claras, de alta refletância, resultarão em uma combinação mais adequada de luz refletida, possibilitando uma maior economia de energia (LEDER *et al.*, 1999; CABÚS, 1997).

É necessária à utilização de iluminação artificial para locais que realizam atividades de escritórios, desenhos e projetos de engenharia mecânica, para que se cumpra à norma NB-57 (ABNT, 1991), que estabelece uma iluminância mínima de 750 Lux para estes locais de trabalho. Conforme a literatura, a energia não é economizada pelo uso da luz natural; a energia é economizada pela redução ou por desligar luzes elétricas que não se tornarem necessárias pelo uso da luz natural. A luz natural freqüentemente reduz a energia requerida para o ar condicionado mesmo porque a parcela de aquecimento do ambiente pelas lâmpadas é reduzida. As aberturas para a luz natural devem conter formas e materiais apropriados para isolar o excessivo de aquecimento solar, ou seja, reduzir o ganho de aquecimento solar interno (LESLIE, 2003; PEREIRA, 1995).

Este estudo comprova que um bom projeto de iluminação natural tira proveito e controla a luz disponível, maximizando suas vantagens e reduzindo suas desvantagens. O conhecimento da distribuição espacial e temporal da iluminação natural dentro de um ambiente auxilia em projetos luminotécnicos.

Sugestões para Trabalhos Futuros

Neste estudo, em nenhuma situação do experimento a cor do ambiente demonstrou possibilitar uma real economia de energia, mostrando que a cor tem pouca influência na iluminância interna do local em dias de céu encoberto. Sendo a cor do ambiente um elemento que pode causar alteração de comportamento no indivíduo, chegando a afetar no desempenho, na satisfação e na motivação do trabalhador, dependendo da complexidade da atividade e da atenção em sua realização, sugere-se a continuação da pesquisa para determinar o impacto que ocorre devido às cores variadas de um ambiente no humor, na satisfação, na motivação e no desempenho, e também experimentar as mesmas variáveis em dia de céu claro. A atribuição de novas pesquisas na área de cor e iluminação natural irá favorecer para o aperfeiçoamento de projetos de *design* de ambientes de trabalho, tornando estes locais cada vez mais saudáveis para o trabalhador que passa muitas horas da sua vida dedicadas ao trabalho.

REFERÊNCIAS

ABNT. **Iluminação Natural**. Parte 2: Procedimentos de Cálculo para a Estimativa da Disponibilidade de Luz Natural. ABNT, 2003.

ABNT - **Iluminação Natural** - Parte 4: Verificação experimental das condições de iluminação interna de edificações - Método de medição - NBR 15215-4, 2004.

ABNT. NB 57 - **Iluminância de interiores**. Associação Brasileira de Normas Técnicas. Rio de Janeiro, 1991.

BAPTISTA, A.; SOARES, M.; MARTINS, L. Metodologia Ergonômica Aplicada ao Ambiente Construído: O Usuário no Espaço Urbano. In: **Anais do VII Congresso Latino-Americano de Ergonomia, XII Congresso Brasileiro de Ergonomia, I Seminário Brasileiro de Acessibilidade Integral**. Recife, 2002.

BECKER, F. **Workspace: Creating Environments in Organizations**. Proeger, Connecticut, 1981.

BEGEMANN, S. H. A.; VAN DEN BELD G.J., TENNER, A. D. **Daylight, Artificial Light and People in an Office Environment, Overview of Visual and Biological Responses**. International Journal of Industrial Ergonomics 20, 1997. 231-239 p.

BEGEMANN, S. H. A.; TENNER, A.D.; AARTS, M. **Daylight, Artificial Light and People**. Proc. 39th IES Lighting Convention, Sydney Lights, 1994.

BINS ELY, V; Ergonomia + Arquitetura: buscando um melhor desempenho do ambiente físico. **Anais do 3º Ergodesign – 3º Congresso Internacional de Ergonomia e Usabilidade de Interfaces Humano-Tecnologia: Produtos, Programas, Informação, Ambiente Construído**. Rio de Janeiro: LEUI/PUC-Rio, 2003. 22-45 p.

BOYCE, P.; HUNTER, HOWLETT, C. O. **The Benefits of Daylight Through Windows**. Lighting Research Center, Rensselaer Polytechnic Institute, USA, 2004.

Disponível em:

<<http://www.lrc.rpi.edu/programs/daylightdividends/pdf/DaylightBenefit.pdf>>

>Acesso em: 27 set. 2005.

BOYCE, P. R. **Why Daylight?** In: International Daylighting Conference 98. 10-13 May 1998, Ottawa, Ontario, Canada, 1998. 359-366 p.

BREKKE, B.; HANSEN, E. H. **Energy Saving in Lighting Installations By The Utilization of Daylight**. In: 2nd European Conference on Energy-Efficient Lighting. Arnhem, the Netherlands. 26 - 29 September, 1993. 875-886 p.

BROOKS, M. J.; KAPLAN, A. **The Office Environment: Space Planning and Affective Behavior**. Human Factors, 14(5), 1972. 373–391 p.

CABÚS, R. **Análise do Desempenho Luminoso de Sistemas de Iluminação Zenital em Função da Distribuição de Luminâncias**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil, UFSC, Florianópolis, 1997.

CABÚS, R. C.; PEREIRA, F. O. R. **Avaliação Através de Método Gráfico da Distribuição de Iluminâncias em Ambientes**. In: Encontro Nacional de Conforto no Ambiente Construído, 4. Salvador, BA, 1997. 328-332 p.

CASTRO, A. P. A. S.; LABAKI, L. C.; CARAM, R. M.; BASSO, A.; FERNANDES, M. R. **Medidas de Refletância de Cores de Tintas Através de Análise Espectral**. Revista Ambiente Construído, Porto Alegre, RG, 2003. V. 3, n. 2, p. 69-76.

COLLINS, R. E.; TURNER, G. M. A. C.; FISCHER-CRIPPS; TANG, J. Z. T.; SIMKO, M.; DEY, C. J.; CLUGSTON, D. A.; ZHANG, Q. C.; GARRISON, J. D. **Vacuum Glazing-A New Component For Insulating Windows**. Building and Environment 30, 1995. 459-492 p.

CÓRICA, L.; PATTINI, A. **Protocolo de Mediciones de Iluminación Natural en Recintos Urbanos**. ASADES - Avances em Energías Renovables y Médio Ambiente, vol. 9, Argentina, 2005.

COSTA, G. J. C. **Iluminação econômica: cálculo e avaliação**. Porto Alegre: EDIPUCRS, 1998.

COUTO, H. A. **Ergonomia Aplicada ao Trabalho - O Manual Técnico da Máquina Humana**. Belo Horizonte: Ergo Editora Ltda, vol.2, 1996. 184 P.

CROUCH, A.; NIMRAN, U. **Perceived Facilitators And Inhibitions Of Work Performance In An Office Environment**. Environment and Behavior, 21, 1989. 206-226 p.

DANIELLOU, F. B. M. **Automatized Process Control: The Roles Of Computer Available**. Field Collected Information, 1986. 59-64 p.

ESCUYER, S.; BERRUTTO, V.; FONTOYNONT, M. **Testing In Real Offices Of Daylight Responsive Lighting Control Systems: A Review Of Recent Articles.**

In: 2nd European Conference on Energy Performance and Indoor Climate in Buildings and 3rd International Conference on Indoor Air Quality, Ventilation and Energy Conservation in Buildings. Lyon, France, 19-21, 1998. 181-188 p.

FIGUEIREDO, A.; PIETROCOLA, M. **Luz e cores.** São Paulo: FTD, 2000.

FONSECA, J. F. **A Contribuição da Ergonomia Ambiental na Composição Cromática dos Ambientes Construídos de Locais de Trabalho.** Rio de Janeiro, Dissertação de Mestrado - Departamento de Artes de Design da PUC-Rio, 2004. 78 p.

FONSECA, J. F.; MONT'ALVÃO C. **Cor nos Locais de Trabalho: como aplicá-la de forma adequada às necessidades dos usuários e às exigências da tarefa?** Leui-Laboratório de Ergonomia e Usabilidade de Interfaces em Sistemas Humano-Tecnologia Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro – PUC-RJ. Curitiba, PR, Abergó 2006.

GHISI, E. **Desenvolvimento de Uma Metodologia Para Retrofit Em Sistemas de Iluminação: Estudo de Caso na Universidade Federal de Santa Catarina.** Florianópolis, 1997. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil). - Curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil, UFSC, 1997.

GLENNIE, W. L., THUKRAL, I., REA, M. S. **Lighting Control: Feasibility Demonstration Of A New Type Of System.** Lighting Research and Technology. v. 24, n. 4., 1992. 235-242 p.

GOMES, M. **Luz & Cor: Elementos para o conforto do Ambiente Hospitalar Hospital Municipal Lourenço Jorge, um Estudo de Caso.** Rio de Janeiro, 1999,

Dissertação defendida em Arquitetura. Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal do Rio de Janeiro, 1999. 275p.

GRAÇA, V. A. C.; SCARAZZATO, P.; KOWALTOWSKI, D. C. C. K. **Método Simplificado Para a Avaliação de Iluminação Natural em Anteprojetos de Escolas de Ensino Estadual de São Paulo**. VI Encontro Nacional e III Encontro Latino Americano sobre conforto do ambiente Construído. São Pedro, SP, 2001. 1-8 p.

GRAÇA, V. A. C. **Otimização de Projetos Arquitetônicos Considerando Parâmetros de Conforto Ambiental: o Caso das Escolas da Rede Estadual de São Paulo**. Dissertação de defendida em Engenharia Civil. Curso Pós-graduação da Universidade Estadual de Campinas Campinas, SP, 2001.

GRANDJEAN, E. **Manual de Ergonomia: Adaptando o Trabalho ao Homem**. 4. ed. Porto Alegre: Bookman, Brasil, 1998.

GUIMARÃES, L. B. M. **Ergonomia de Processo**. Ed. FEENG, vol. 1, Porto alegre, RS, 2004. 31 p.

HARTLEB, P. S. B.; LESLIE, R. P. **Some Effects Of Sequential Experience Of Windows On Human Response**. Journal of the Illuminating Engineering, 1991.

HEERWAGEN, J. **Green Buildings, Organizational Success And Occupant Productivity**. Building Research and Information 28 (5–6), 2000. 353–367 p.

HEERWAGEN, J.; ORIANIS, G. **Adaptations To Windowlessness: A Study Of The Use Of Visual Dsecor In Windowed And Windowless Okces**. Environment and Behavior, 1986. 623–39 p.

HEERWAGEN, J.; **Do Green Buildings Enhance the Well Being of Workers?** *Environmental Design and Construction*, 2001. Disponível em:

<http://www.edcmag.com/CDA/ArticleInformation/coverstory/BNPCoverStoryItem/0,4118,19794,00.html>, Acessado em: 5 fev. 2004.

HESCHONG, L.; MAHONE, D.; KUTTAIAH, K.; STONE, N.; CHAPPELL, C.; MCHUGH, J.; BURTON, J.; OKURA, S.; WRIGHT, R.; ERWIN, B.; HOLTZ, M.; **Skylighting And Retail Sales: An Investigation Into The Relationship Between Daylighting And Human Performance**. Fair Oaks, CA: The Heschong Mahone Group, 1999.

HYGGE, S.; LOFTBERG, H. A. **Post occupancy evaluation of daylight in buildings**, A report of IEA SHC Task 21/ECBCS Annex 29, International Energy Agency, 1999.

IIDA, I. **Ergonomia: projeto e produção**. 3 ed., São Paulo, Editora Edgard Blücher Ltda, 2005. 450 p.

IWATA, T.; MIYAKE, T.; SAKAMOTO, S.; YOSHIMURA, K.; KIMURA, K. **Experimental Study On The Integrated Lighting System With Daylighting And Artificial Light Based On The Subjective Response And Energy Saving**. In: 4th European Conference on Energy-Efficient Lighting. Copenhagen, Denmark, v. 2, 1997. 255-259 p.

JANNUZZI, G. M. **Uso Eficiente de Energia na Iluminação no Brasil**. In: I Conferência Panamericana de Iluminação. São Paulo: Associação Brasileira da Indústria da Iluminação, 1992. 74-82 p.

JOTA, P. R. S.; BRACARENSE, S. M. S. **Análise de Fatores Arquitetônicos Utilizando o Método Estatístico**. In: Encontro Nacional de Tecnologia do

Ambiente Construído, 6.; Encontro Latinoamericano Sobre Conforto no Ambiente Construído, 3., São Pedro, SP, 2001. 8p.

KAPLAN, S. **A Model Of Person- Environment Compatibility**. Environment and Behavior, 15, 1983. 311-332 p.

KLEE, P. **Diários**. São Paulo: Martins Fontes, 1990. 332 p.

KRISHAN, A. **A new language of architecture: in quest for a sustainable future**. In: Seminar on architectural practices for energy efficiency, New Delhi. Petroleum conservation and research association, Ministry of Petroleum and Natural Gas New Delhi. 2005.

KUMARA,R.; SACHDEVAB, S.; KAUSHIKA, S.C. **Dynamic earth-contact building: Asustainable low-energy technology**. Building and Environment 42 (2007) 2450–2460.

KWALLEK, N.; LEWIS, C. M. & ROBBINS, A. S. **Effects of Office Interior Color on Workers' Mood and Productivity**. Perceptual and Motor Skills, 66, 1988. 123-128 p.

KWALLEK, N.; LEWIS, C. M. **Effects of Environment Colour on Males and Females: A Red or White or Green Office**. Applied Economics, 21, 1990. 275-278 p.

LAMBERTS, R.; GHISI, E. **Avaliação do Potencial de Conservação de Energia Elétrica Através de Estudo de Retrofit no Sistema de Iluminação da UFSC**. ENCAC 97 - IV Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, Salvador, 1997.

LAMBERTS, R. **Simulação de Retrofit de Edificações de Escritório**. 6o ENIE - Encontro Nacional de Instalações Elétricas. Congresso e Feira, 1998.

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.

LESLIE R. P. **Capturing the Daylight Dividend in Buildings: Why and How?** Building and Environment 38, 2003. 381–385 p.

LESLIE R. P. **Listening to Lighting's Music**. Lighting Design+Application (LD&A), 1991. 7-12 p.

LEVY, B. I. **Research into the Psychological Meaning of Color**. American Journal of Art Therapy, 23, 58-62, 1984.

LIMA, T. B. S. **A Simulação Computacional Auxiliando no Aproveitamento da Luz Natural e na Economia de Energia**. NUTAU - Núcleo de Pesquisa em Tecnologia da Arquitetura e do Urbanismo, 2002.

LOE, D. L. ROWLANDS, E. **The Art and Science of Lighting: A Strategy for Lighting Design**. Lighting Research and Technology. v. 28, n. 4., 1996. p. 153-164.

MAHNKE, Frank H **Color, Environment & Human Response**, Van Nostrand Reinhold, NY, 1996. 19-23, 23-29 p.

MASCARÓ, L. R. **Normas Estabelecendo Requisitos Mínimos de Habitabilidade Para Habitação de Interesse Social- sub-Área Iluminação Natural**. UFRGS, Faculdade de Arquitetura, 1981.

MENZIES; G. F.; WHERRETT, J. R. **Windows in the Workplace: Examining Issues of Environmental Sustainability and Occupant Comfort in the Selection of Multi-Glazed Windows.** Energy and Buildings 37, 2005. 623-630 p.

MILLS, E.; BORG, N. **Rethinking Light Levels: IAEEEL** newsletter 1/98, issue no. 20, v. 7, 1998. 4-7 p.

NE'EMAN, E. **Daylight Availability Database for Energy Efficient Integration with Electric Light.** Journal of the Illuminating Engineering Society. v.27, n.2, 1998.59- 66p.

OKAMOTO, J. **Percepção Ambiental e Comportamento: Visão Holística da Percepção Ambiental na Arquitetura e na Comunicação.** São Paulo: Ed. Mackenzie, 2002. 27-116 p.

OLDHAM, G. R.; BRASS, D. J. **Employee Reactions to an Open-Plan Office: A Naturally Occurring Quasi-Experiment.** Administrative Science Quarterly, 24, 1979. 267–284 p.

ORNSTEIN, S., BRUNA, G., ROMÉRO, M. **Ambiente construído & comportamento: a avaliação pós-ocupação e a qualidade ambiental.** São Paulo: Nobel: FAUUSP, 1995. 55-57 p.

PAPST, A. L.; PEREIRA, F. R.; LAMBERTS, R. **Uso de Simulação Computacional para Análise de Iluminação Natural.** In: VII Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído. Florianópolis, SC, 1998, 7p.

PEREIRA, F. O. R. **Iluminação.** Apostila do curso de especialização em engenharia de segurança do trabalho. CTC. UFSC. Florianópolis, Brasil, 1994. 33 p.

PEREIRA, F.O.R. **Método de Determinação da Iluminação Natural em Ambientes Internos**. Projeto normalização em conforto ambiental. UFSC, Florianópolis, SC, 1997.

PEREIRA, F. O. R.; ATANÁSIO, V.; WERLICH, C. **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, 2001, 2p.

PEREIRA, F. O. R. **Iluminação Natural no Ambiente Construído**. Apostila do curso ministrado durante o III encontro nacional e I Encontro Latino Americano de conforto no ambiente Construído. Gramado, RS, Brasil, 1995. 10-13 p.

PEREIRA, F. O. R. **Iluminação Natural no Ambiente Construído**. Gramado, RS. Curso de Iluminação Natural no Ambiente Construído. III Encontro Nacional e I Encontro Latino-Americano de Conforto no Ambiente Construído. ANTAC, 1995.

PILOTTO, J. **Áreas Verdes para a Qualidade do Ambiente de Trabalho: Uma Questão Eco-ergonômica** – Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Santa Catarina, 1997. 41-45 p.

PILLOTTO, N. E. **Cor e Iluminação nos Ambientes de Trabalho**. São Paulo: Livraria Ciência e Tecnologia, 1980. 119 p.

PLACK, J. J.: SHICK, J. **The Effects Of Color On Human Behavior**. Journal of the Association for the Study of Perception, 9, 1974. 4-16 p.

PROFUSEK, P. J.; RAINEY, D. W. **Effects of Baker-Miller Pink and Red on State Anxiety, Grip Strength, and Motor Precision**. Perceptual and Motor Skill, 65, 1987. 941-942 p.

PROGRAMA **ADOBE PHOTOSHOP 7.01** – Guia do usuário - no próprio programa, 1997.

REA, M.S.; MANICCIA, D. **Lighting Controls: A Scoping Study**. Troy, NY: Rensselaer Polytechnic Institute Lighting Research Center, 1994.

REA, M. S.; Editor. **IESNA Lighting Handbook: Reference & Application**, 9th ed. New York: Illuminating Engineering Society of North America, 2000.

ROBBINS, C. L. **Daylighting: Design and Analysis**. Van Nostrand Reinhold Company. New York, United States of America, 1986.

RORIZ, M. **Software Luz do Sol: Radiação Solar E Iluminação Natural**. Versão 1.1. São Carlos/ SP, 1995. Disponível em:

<<http://www.labeee.ufsc.br/software/luzDoSol.html>> Acesso em: 12 agos. 2006

ROSENSTEIN, L. D. **Effect of Color on the Environment on Task Performance and Mood of Males and Females With High or Low Scores on the Scholastic Aptitude Test**. *Perceptual and Motor Skills*, 60, 1985. 550 p.

ROULET, C.-A. **Indoor Environment Quality in Buildings and Its Impact on Outdoor Environment**. *Energy and Buildings* 33, 2001. 183-191 p.

SANTOS, V.; ZAMBERLAN, M. C. **Projeto Ergonômico de Salas de Controle**. Fundación Mapfre. São Paulo, SP, Sucursal Brasil, 1992. 91 p.

SARTORI, I.; HESTNES, A.G. **Energy use in the life cycle of conventional and low-energy buildings: A review article**. *Energy and Buildings* 39 (2007) 249–257.

SCARAZZATO, P. S. **Software para Cálculo de Disponibilidade de Luz Natural - DLN**. Versão 2.06. FAUUSP. São Paulo / SP, 1995. Disponível em:

http://www.usp.br/fau/pesquisa_sn/laboratórios/labaut/conforto.html> Acesso em: 30 out. 2005

SCARAZZATO, P. S. **Método de Cálculo Para a Determinação da Iluminação Natural no Interior dos Edifícios**. Apostila do Curso de Iluminação Natural, USP. São Paulo, 1999.

SCARAZZATO, P. S.; KOWALTOWSKI, D. C. C. K. **The Dynamic of Daylight in Tropical Climates and its influence on Indoor Environment**. The 7th International Conference On Indoor Air Quality And Climate. Nagoya, Japan, 1996.

SEKHAR, S. C.; TOON, K. L. C. **On The Study of Energy Performance and Life Cycle Cost of Smart Window**. Energy and Buildings 28,1998. 307–316 p.

SOUZA, M. B. **Potencialidade de Aproveitamento da Luz Natural Através da Utilização de Sistemas Automáticos de Controle para Economia de Energia Elétrica**. Tese Engenharia de Produção no Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção da Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2003. p. 2-3,14-21.

SOUZA, M. B. **Impacto da Luz Natural no Consumo de Energia Elétrica em Um Edifício de Escritórios em Florianópolis**. Florianópolis, 1995. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil, UFSC, 1995.

SOUZA, R. V. G. **Iluminação Natural em Edificações: Cálculo de Iluminâncias Internas - desenvolvimento de ferramenta simplificada**. Florianópolis, 1997. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil, UFSC, 1997.

SOUZA, R. V. G.; KREMER, A; MACEDO, C. C.; CLARO, A. **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, 2001. 8 p.

STONE, N. J.; ENGLISH, A. **Task Type, Posters And Workspace On Mood, Satisfaction, Performance**. Journal of Environment Psychology, 18, 1998. 175-185 p.

STONE, N. J. **Designing Effective Study Environments**. Journal of Environment Psychology, 21, 2001. 179-190 p.

STONE, N. J. **Environmental View And Color For A Simulated Telemarketing Task**. Journal of Environmental Psychology 23, 2003. 63–78 p.

SUGA, M. **Avaliação do Potencial de Aproveitamento de Luz Natural em Cânions Urbanos: Estudo Realizado nos Eixos Estruturais de Curitiba**. Dissertação defendida em Tecnologia. Programa de Pós-Graduação em Tecnologia, Centro Federal de Educação Tecnológica do Paraná - CEFET-PR, Curitiba, 2005. 128-129 p.

TABET-AOUL, K. **The Impact of Access to Windows on Visual Comfort, a Cross-Cultural Comparison**. University of Science and Technology, Oran, Algeria, 2004. Disponível em: <http://www.caed.asu.edu/msenergy/Neeraj/Tabet.pdf>
Acesso em: 16 de agos. 2006.

TREGENZA, P. R. **The Luminance of Cloud Layers**. In: Proc. European Conference on Energy Performance and Indoor Climate in Building, Lyon, França. v. 4, 1994. 1361-1366 p.

TRIVIÑOS, A. N. S. **Introdução à Pesquisa em Ciências Sociais: a pesquisa qualitativa em educação**. São Paulo: Atlas, 1987. 123 p.

VERDUSSEN, R. **Ergonomia: A Racionalização Humanizada do Trabalho**. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos, 1978. 85-142 p.

VIANNA, N. S.; GONÇALVES, J. C. S. **Iluminação e Arquitetura**. Universidade do Grande ABC. São Paulo: Virtus, 2001. 34-114 p.

VINE, E.; LEE, E.; CLEAR, R.; DIBARTOLOMEO, D.L.; SELKOWITZ, S. E. **Office Worker Response To An Automated Venetian Blind And Electric Lighting System: A Pilot Study**. Energy and Buildings 28, 1998. 205-218 p.

WALTERS, J., APTER, M. J.; SVEBAK, S. **Color Preference, Arousal, And The Theory Of Psychological Reversals**. Motivation and Emotion, 6, 1982. 193-215 p.

WHITFIELD, T. W. A.; WILTSHIRE, T. J. **Color Psychology: A Critical Review**. Genetic, Social, and General Psychology Monographs, 116, 1990. 387-411 p.

WINEMAN, J. D. **Color In Environment Design: Its Impact On Human Behavior**. Environment Design Research Association, 10, 436-439, 1986.

WOHLFARTH, H. **The Effect of Color-Psychodynamic Environmental Modification on Disciplinary Incidents in Elementary Schools Over One School Year: A Controlled Study**. International Journal of Biosocial Research, 6, 1994. 44-53p.

APÊNDICE 1 – Questionário aplicado aos arquitetos e decoradores para a escolha das cores de tintas.



Ministério da Educação
 Universidade Federal do Paraná
 Setor de Tecnologia
 Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica (PG-Mec)

Sexo: () Feminino () Masculino

1) Qual a sua faixa etária?

() 22 a 25 anos () 26 a 30 anos () 30 a 35 anos () 36 a 40 anos () mais de 40 anos

2) Quanto tempo você tem de formado?

() de 1 a 5 anos () de 6 a 10 anos () mais de 10 anos

3) Onde você se formou, em que ano e qual a sua formação?

4) Que tipo de local de trabalho você já projetou?

(marque quantos itens forem necessários)

() escritório () consultório () escola () hospital
 () fábrica () agência bancária () loja () clínica
 () outros _____

4) Ao projetar um escritório industrial quais destes fatores você prioriza?

() conforto ambiental
 () segurança do trabalho
 () aproveitamento da iluminação natural

5) Para desenvolver o projeto cromático de um local de trabalho você realiza observações no local ou em locais similares?

() nunca () raramente () freqüentemente () sempre

6) Como são feitas estas observações?

() conversas informais e anotações pessoais
 () fotografias e/ou filmagens do trabalhador
 () diagramas e/ou croquis do trabalhador em seu posto
 () entrevistas e/ou questionário com os trabalhadores
 () registros de comportamento e/ou cronometragem do tempo de realização das tarefas
 () análise do arranjo físico
 () outras

7) Para a obtenção dos dados necessários à elaboração do projeto cromático você conversa/observa:

() os trabalhadores () gerentes () diretores () presidente () outros

8) Você usa alguma metodologia para escolher as cores do ambiente trabalhado? Qual?

9) Quais cores você mais utiliza para o teto de um escritório industrial? Por favor, dê a marca e o código de referência.

10) Quais fatores você considera na escolha destas cores?

11) Quais cores você mais utiliza para as paredes de um escritório industrial? Por favor, dê a marca e o código de referência.

12) Quais fatores você considera na escolha destas cores?

13) Por favor, deixe sua contribuição ou sugestão para esta pesquisa:

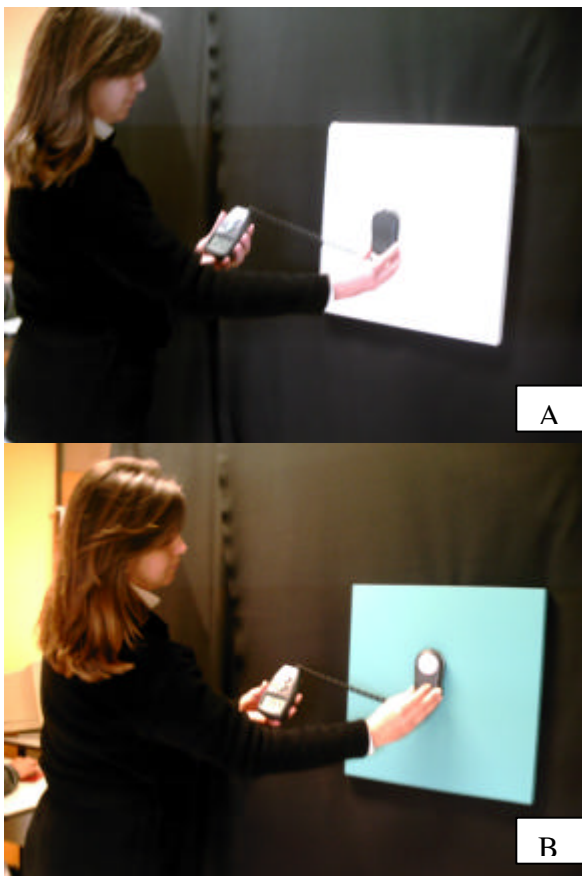
APÊNDICE 2 - Procedimentos para a coleta de dados de refletância.

Figura A e B – Procedimento para a coleta de dados de iluminância pelo método do papel branco (equipamento luxímetro).

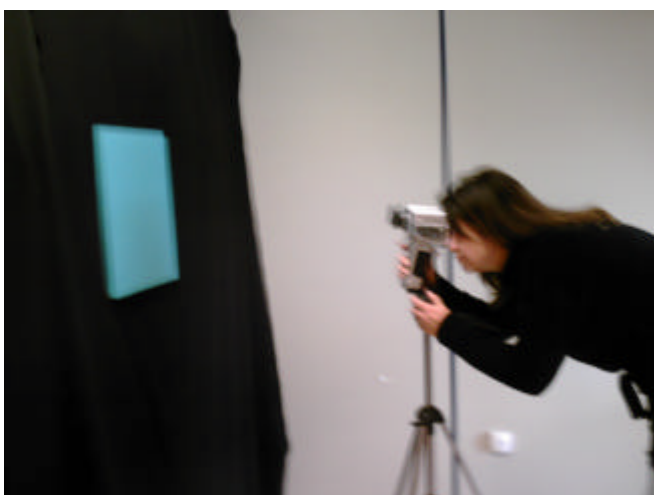


Figura C - Procedimento para a coleta de dados de refletância pelo método do luminômetro.

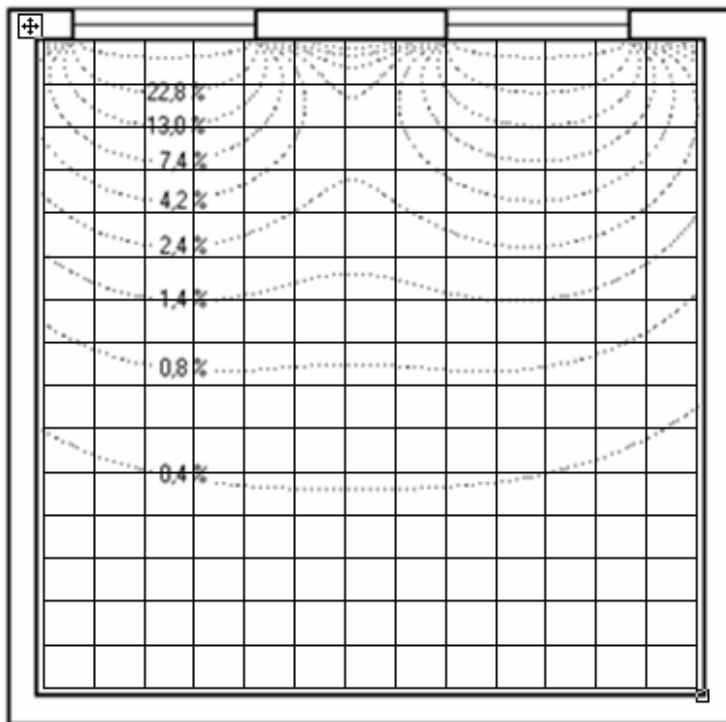
APÊNDICE 3 - Resultados Experimentais.

Tabela 4 - Comparativo de iluminância de cores de tinta através do método do papel branco e do método do luminômetro

Superfície	Cor	Medida	Método do Papel Branco LUXÍMETRO			Método do LUMINÂNCÍMETRO		
			E_{SUP}	E_{PB}	? (%) $90 \times (E_{SUP}/E_{PB})$	E_{SS}	L	? (%) $(L.p/E_{SS})$
Revestimento com tinta imobiliária	Preto	1	3	86	3,08	150	0,71	1,5
		2	4	88		152	0,74	
		3	3	89		150	0,73	
		Média	3,33	87,66		150,66	0,72	
Revestimento com tinta imobiliária	Laranja	1	47	73	57,79	147	16,90	35,53
		2	46	72		148	16,72	
		3	47	73		149	16,65	
		Média	46,66	72,66		148	16,75	
Revestimento com tinta imobiliária	Verde Claro	1	47	84	49,40	125	15,31	37,17
		2	46	85		124	14,40	
		3	47	86		123	14,33	
		Média	46,66	85		124	14,68	
Revestimento com tinta imobiliária	Amarelo Claro	1	45	57	72,52	119	17,85	47,18
		2	46	56		120	17,93	
		3	46	57		119	18,01	
		Média	45,66	56,66		119,33	17,93	
Revestimento com tinta imobiliária	Verde Máquina	1	24	70	31,50	126	9,24	23,26
		2	25	69		124	9,29	
		3	24	68		125	9,27	
		Média	24,33	69		125	9,26	
Revestimento com tinta imobiliária	Verde Azulado	1	25	70	32,40	152	7,40	15,46
		2	25	65		151	7,49	
		3	24	69		152	7,54	
		Média	24,66	68		151,66	7,47	
Revestimento com tinta imobiliária	Cinza Escuro	1	18	80	20,70	163	5,89	11,09
		2	19	79		167	5,83	
		3	18	78		166	5,82	
		Média	18,33	79		165,33	5,84	
Revestimento com tinta imobiliária	Vermelho	1	18	93	16,02	186	5,96	9,53
		2	17	94		185	5,60	
		3	18	93		186	5,39	
		Média	17,66	93,66		185,66	5,64	
Revestimento com tinta imobiliária	Rosa	1	42	72	51,30	139	12,34	27,74
		2	41	71		140	12,30	
		3	41	72		139	12,31	
		Média	41,33	71,66		139,33	12,31	
Revestimento com tinta imobiliária	Azul Claro	1	41	67	54,00	167	11,03	21,39
		2	40	66		166	10,78	
		3	41	67		140	10,43	
		Média	40,66	66,66		157,66	10,74	
Revestimento com tinta imobiliária	lilas	1	17	40	37,80	73	4,70	19,95
		2	16	39		74	4,64	
		3	17	40		73	4,65	
		Média	16,66	39,66		73,33	4,66	

Continua tabela

Superfície	Cor	Medida	Método do Papel Branco LUXÍMETRO			Método do LUMINANCÍMETRO		
			E _{SUP}	E _{PB}	? (%) 90x(E _{SUP} / E _{PB})	E _{SS}	L	? (%) (L.p/E _{SS})
Divisória	Cristal	1	37	57	57,60	115	11,95	32,61
		2	36	56		114	11,90	
		3	36	57		115	11,88	
		<i>Média</i>	36,33	56,66		114,66	11,91	
Divisória	Pérola	1	31	51	53,10	104	11,29	33,96
		2	30	50		103	11,10	
		3	29	51		102	11,03	
		<i>Média</i>	30	50,66		103	11,14	
Divisória	Cinza	1	19	40	42,30	84	7,38	27,03
		2	19	41		85	7,25	
		3	19	39		84	7,16	
		<i>Média</i>	19	40		84,33	7,26	
Divisória	Areia Jundiáí	1	25	36	60,30	74	9,89	41,72
		2	24	37		75	9,91	
		3	25	36		75	9,96	
		<i>Média</i>	24,66	36,66		74,66	9,92	
Piso	Bege (piso)	1	80	104	68,40	136	20,42	47,00
		2	79	105		135	20,08	
		3	80	104		134	20,13	
		<i>Média</i>	79,66	104,3		135	20,21	
Teto	Branco com Frisos (teto)	1	86	120	63,90	139	31,90	72,82
		2	85	121		138	32,43	
		3	87	122		140	32,41	
		<i>Média</i>	86	121		139	32,24	

APÊNDICE 4 - Diagrama do *Software* Luz do Sol com malha quadriculada 4x4mm.

APÊNDICE 5 - Identificação de cores de tintas em padrão RGB

cor amarelo claro

	Hue: 37	Red: 255
	Sat: 240	Green: 250
	ColorSolid Lum: 208	Blue: 186

areia Jundiáí

	Hue: 43	Red: 229
	Sat: 55	Green: 230
	ColorSolid Lum: 209	Blue: 215

azul claro

	Hue: 133	Red: 178
	Sat: 76	Green: 203
	ColorSolid Lum: 185	Blue: 215

branco

	Hue: 40	Red: 255
	Sat: 240	Green: 255
	ColorSolid Lum: 240	Blue: 254


cinza

	Hue: 60	Red: 176
	Sat: 12	Green: 180
	ColorSolid Lum: 166	Blue: 172

cinza escuro (divisória)

	Hue: 137	Red: 114
	Sat: 12	Green: 121
	ColorSolid Lum: 113	Blue: 126


crystal (divisória)

	Hue: 53	Red: 212
	Sat: 8	Green: 213
	ColorSolid Lum: 199	Blue: 210


laranja

	Hue: 21	Red: 255
	Sat: 240	Green: 202
	ColorSolid Lum: 188	Blue: 144

lilás

	Hue: 140	Red: 156
	Sat: 18	Green: 163
	ColorSolid Lum: 153	Blue: 170


perola

	Hue: 27	Red: 222
	Sat: 78	Green: 212
	ColorSolid Lum: 194	Blue: 190

preto

	Hue: 207	Red: 38
	Sat: 69	Green: 21
	ColorSolid Lum: 28	Blue: 35

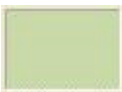
rosa

	Hue: 16	Red: 214
	Sat: 90	Green: 184
	ColorSolid Lum: 178	Blue: 165

verde azulado

	Hue: 124	Red: 110
	Sat: 55	Green: 159
	ColorSolid Lum: 129	Blue: 164

verde claro

	Hue: 53	Red: 201
	Sat: 95	Green: 217
	ColorSolid Lum: 181	Blue: 167

verde maquina

	Hue: 68	Red: 151
	Sat: 37	Green: 172
	ColorSolid Lum: 148	Blue: 142

vermelho

	Hue: 4	Red: 182
	Sat: 97	Green: 94
	ColorSolid Lum: 125	Blue: 83

GLOSSÁRIO

Candela (cd): unidade de intensidade luminosa (fluxo por unidade de ângulo sólido) = 1 candela = 1 lúmen por esterorradiano.

Céu claro: condição na qual dada a inexistência de nuvens e baixa nebulosidade, as reduzidas dimensões das partículas de água fazem com que apenas os baixos comprimentos de onda, ou seja, a porção azul do espectro emirjam em direção à superfície da terra, conferindo a cor azul, característica do céu.

Céu encoberto: condição de céu na qual as nuvens preenchem toda a superfície da abóbada celeste. A iluminação oriunda de céu encoberto é determinada a partir da distribuição de luminâncias do céu.

Céu parcialmente encoberto ou nublado: condição de céu na qual a luminância de um dado elemento será definida para uma dada posição do sol sob uma condição climática intermediária que ocorre entre os céus padronizados como céu claro e totalmente encoberto.

Daylight Factor (DF): recomendado pela CIE - Commission Internationale de l'Eclairage, definido como a razão entre a iluminância EP num ponto - localizado num plano horizontal interno, devido à luz recebida direta ou indiretamente da abóbada celeste, com uma distribuição de luminâncias assumida ou conhecida – e a iluminância simultânea EE num plano externo horizontal devida à uma abóbada celeste desobstruída,

Iluminação natural: é a iluminação produzida direta ou indiretamente pelo sol.

Iluminância (E): quando a luz emitida por uma fonte atinge uma superfície, esta superfície será iluminada. Iluminância é a medida da quantidade de luz incidente numa superfície por unidade de área. Sua unidade no sistema internacional é lumen/m^2 ou lux [lx].

Luminância (L): medida física do brilho de uma superfície iluminada ou fonte de luz, sendo através dela que os seres humanos enxergam. A luminância é uma excitação visual e a sensação de brilho é a resposta visual desse estímulo. Assim, luminância, é definida como a intensidade luminosa por unidade de área aparente de uma superfície numa dada direção e sua unidade no SI é candela/m² [cd/m²].

Lúmen (Im): unidade do fluxo luminoso emitido por uma fonte pontual, com intensidade luminosa uniforme de uma candela sob um ângulo sólido unitário (esterorradiano).

Luz natural: admitida no interior das edificações consiste em luz proveniente diretamente do sol; luz difundida na atmosfera (abóbada celeste) e luz refletida no entorno.

Lux (Im): $1 \text{ lúmen/m}^2 =$ unidade recomendada pela CIE (Comissão Internacional de Iluminação). É a iluminação produzida pelo fluxo luminoso de um lúmen, uniformemente distribuída sobre um metro quadrado de superfície.

Reflexão ou refletância: direção da luz refletida afetada pela textura da superfície, variando de difusa (luz refletida igualmente em todas as direções) a especular (luz refletida somente numa direção, isto é reflexão de espelho).

?: fator de reflexão ou refletância de uma superfície.

WWR: Razão Janela/Parede (área da Janela/área da parede).

ANEXO 1 – Especificação de Equipamentos

Especificações dos equipamentos luxímetro e luminômetro:

Especificações gerais do luxímetro digital MLM – 1010, da marca Minipa:

- Display: LCD 3 1/2 dígitos com leitura máxima de 1999, indicação x 10 e x 100.
- Sobrefaixa: O dígito “1” é mostrado.
- Taxa de Medida: 2.0 vezes por segundo (nominal).
- Dimensões: Instrumento: 118(A) x 70(L) x 29(P)mm.
- Sensor: 100(A) x 60 (L) x 28 (P) mm.
- Comprimento do Cabo: Aprox. 1m.

Especificações do luxímetro:

- Faixas: 2000, 20000 (leitura x 10), 50000 lux (leitura x 100).
- Resolução: 1 lux, 10 lux, 100 lux.
- Precisão: \pm (4% Leit. + 0.5%f.s.), acima de 10000 lux precisão de \pm (5% Leit.+ 10 Dígitos).
- Calibrado com o padrão de lâmpada incandescente 2856K.
- Repetibilidade: \pm 2.0%.
- Coeficiente de Temperatura: 0.1 x (precisão especificada) / °C.
- Fotosensor: Fotodiodo de Silício.

Principais especificações do luminômetro, modelo LS-110 da Minolta:

- Modelo: Medidor do luminômetro de ponto Digital SLR;
- Ângulo de aceitação: 1°;
- Sistema ótico: 85mm f/2.8;
- Ângulo da vista: 9°;

- Distância focal: 1014mm (40 dentro.) à infinidade;
- Área mínima de medição: Ø14.4mm;
- Distâncias da medida (áreas) com lentes de close-up:
Lente de Close-Up
No.153: 623mm a 1.210 (diâmetro de 18.7 a 8.0 milímetros);
No.135: 447mm a 615 (Ø5.2 a Ø8.7mm);
No.122: 323mm a 368 (Ø3.2 a Ø4.3mm);
No.110: 203mm a 205 (Ø1.3 a Ø1.5mm);
- Receptor: Fotocélula do silicone;
- Resposta espectral relativa: Dentro de 8% (f_1') da eficiência luminous spectral V do CIE (?);
- Tempo de resposta RÁPIDO: Tempo da amostragem: 0.1s, Tempo a indicar: 0.8 a 1.0s;
LENTO: Tempo da amostragem: 0.4s, Tempo a indicar: 1.4 a 1.6s;
- Unidades do Luminômetro: cd/m² ou fL
- Escala de medição:
RÁPIDO: 0.001~299,900cd/m² (0.001 a 87,530fL);
LENTO: 0.001~49,990cd/m² (0.001 a 14,590fL);
- Exatidão: 0.001 e 0.999 cd/m² (ou fL): dígitos ± 2 de $\pm 2\%$ do valor indicado 1.000 cd/m² (ou fL) ou mais altamente: dígito ± 1 de $\pm 2\%$ do valor indicado (Illuminant A medido em uma temperatura ambiental de 20 a 30°C/68 a 86°F);
- Repetibilidade: 0.001 e 0.999 cd/m² (ou fL): dígitos ± 2 de $\pm 0.2\%$ do valor indicado 1.000 cd/m² (ou fL) ou mais altamente: dígito ± 1 de $\pm 0.2\%$ do valor indicado (Assunto da medida: Illuminant A);
- Tração da temperatura/umidade: Dentro de $\pm 3\%$, dígito ± 1 (do valor indicado em 20°C/68°F) operando-se dentro da escala de umidade da temperatura;
- Modalidade da calibração: Konica Minolta padrão ou padrão usuário-selecionado;
- Fator da correção da cor: Ajustar pela entrada numérica; Escala: 0.001 a 9.999;
- Luminance de referência: 1; ajustar pela medida ou pela entrada numérica;
- Modalidades Luminance da medida, relação do luminance, luminance peak, ou relação do luminance do pico;

- Exposição Externo: 4 dígito LCD com indicações adicionais
Viewfinder: 4 dígito LCD com luminoso do diodo emissor de luz;
- Transmissão de dados: RS-232C;
- Controle externo: O processo da medida pode ser começado pelo dispositivo externo conectado ao terminal de saída dos dados;
- Fonte de poder: Uma bateria 9V; O poder pode também ser fornecido pela impressora de dados opcional DP-10;
- Consumo de potência: Quando a tecla de medição for pressionada e a exposição do viewfinder está iluminada: média 16mA. Quando o poder for sobre e a exposição do viewfinder não está iluminada: média 6mA;
- Temperatura operando-se/escala de umidade: 0 a 40°C, à umidade relativa 85% ou a menos (em 35°C) com nenhuma condensação;
- Temperatura do armazenamento/escala de umidade: -20 a 55°C, à umidade relativa 85% ou a menos (em 35°C) com nenhuma condensação;
- Dimensões: 79 x 208 x 150mm (3-1/8 x 8-3/16 x 5-7/8 dentro);
- Peso: 850g (30 onças) sem bateria;
- Acessórios padrão: Tampão da lente; Tampão do Eyepiece; Filtro do eyepiece do ND; bateria 9V.