

CENTRO UNIVERSITÁRIO ASSIS GURGACZ - FAG

MATHEUS GUILHERME ISBRECHT

**ANÁLISE DAS CONDIÇÕES DE ILUMINAÇÃO DAS SALAS DE AULA DO
COLÉGIO ESTADUAL MARECHAL GASPAR DUTRA – NOVA SANTA ROSA -
PR**

**CASCABEL - PR
2016**

CENTRO UNIVERSITÁRIO ASSIS GURGACZ - FAG

MATHEUS GUILHERME ISBRECHT

**ANÁLISE DAS CONDIÇÕES DE ILUMINAÇÃO DAS SALAS DE AULA DO
COLÉGIO ESTADUAL MARECHAL GASPAR DUTRA – NOVA SANTA ROSA -
PR**

Trabalho apresentado na disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso II, do Curso de Engenharia Civil, do Centro Universitário Assis Gurgacz - FAG, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil.

**Professor Orientador: Engenheiro
especialista de Controle e Automação
Geovane Duarte Pinheiro**

**CASCABEL – PR
2016**

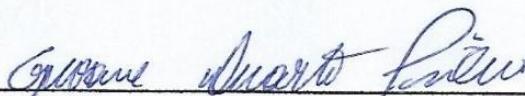
CENTRO UNIVERSITÁRIO FAG

MATHEUS GUILHERME ISBRECHT

**ANÁLISE DAS CONDIÇÕES DE ILUMINAÇÃO DA SALAS DE AULA DO
COLÉGIO ESTADUAL MARECHAL GASPAR DUTRA – NOVA SANTA ROSA -
PR**

Trabalho apresentado no Curso de Engenharia Civil, do Centro Universitário FAG,
como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil, sob
orientação do Professor **Engenheiro Especialista de Controle e Automação**
Geovane Duarte Pinheiro.

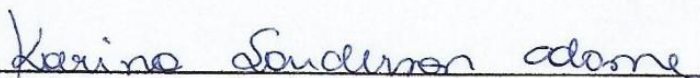
BANCA EXAMINADORA



Orientador Prof. Eng. Especialista Geovane Duarte Pinheiro
Centro Universitário FAG
Engenharia de Controle e Automação



Professora Arquiteta Mestre Janaína Bedin
Centro Universitário FAG
Arquitetura e Urbanismo



Professora Eng. Mestre Karina Sanderson Adame
Centro Universitário FAG
Engenharia Química

Cascavel, 24 de outubro de 2016.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus que me deu sabedoria e forças para continuar e concluir esta etapa da minha vida me orientando e protegendo para que eu não me perdesse do rumo, e de meus objetivos.

Também agradeço á minha família, mas principalmente aos meus pais, que sempre tiveram paciência e me apoiavam em minhas decisões, corrigindo e guiando em minha caminhada.

Agradeço ainda á Construtora Meta que me acolheu e me proporcionou experiência para minha carreira como profissional.

RESUMO

A realização das mais diversas atividades desenvolvidas em ambientes internos, seja ela de descanso ou que necessite de mais atenção e precisão, acaba sendo essencial uma luz artificial adequada, criando um espaço agradável e eficiente para os usuários que exercerem as atividades dentro dela. Salas de aula não se diferenciam de qualquer outro tipo de ambiente, são na verdade de grande importância para alunos e professores terem uma iluminação adequada. Este trabalho visa analisar as condições de iluminação artificial das salas de aula do Colégio Estadual Marechal Gaspar Dutra – na cidade de Nova Santa Rosa – PR, verificando a situação de iluminação das salas de aula. A metodologia do trabalho tem como objetivo apresentar as médias de iluminância de todas as salas de aula que são utilizadas no colégio. Com auxílio do luxímetro fez-se o levantamento dos dados, seguindo a norma da ABNT 5382(1985), que estipula o método da recolha desses dados e alguns critérios que devem ser seguidos, para que não se tenha um levantamento impreciso. O colégio tem 12 salas de aula no total, todas utilizadas diariamente. A análise foi realizada nos períodos, diurno e noturno, para identificar também a intensidade de defasagem entre esses dois momentos do dia, e conhecer o nível de influência da luz solar sobre as salas de aula. Após coletados os dados em todos os pontos requisitados pela NBR 5382(1985), foi feita uma análise nas tabelas da NBR 5413(1992), para descobrir qual a iluminância média mínima exigida para salas de aula, sendo que o valor encontrado foi de 300 lux. Em algumas salas de aula do colégio, a iluminância média no período diurno está abaixo do recomendado pela NBR 5413(1992), mesmo com a iluminação auxiliar externa, o pior valor de iluminância descoberto foi de 166 lux. No período noturno essa média decaiu ainda mais, o valor de iluminância para a pior sala foi de 144 lux, prejudicando tanto os alunos como os professores desta instituição. A defasagem entre os dois períodos do dia chegou para algumas salas até 67,4 %, sendo visto que a luz solar durante o dia tem bastante influência nos valores de iluminância média. Concluiu-se que deverão ser feitos investimentos para o melhoramento das condições de iluminação das salas de aula que estão abaixo do recomendado pela norma. Para tanto é necessária a substituição das luminárias, para que haja uma iluminação eficiente nesses espaços da instituição.

Palavras-chave: Iluminância, Luz, Sala de Aula.

LISTA DE ABREVIATURAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
CD	Candelas
CD/M2	Candelas por metro quadrado
I	Intensidade luminosa
IM	Iluminância Média
IRC	Índice de Reprodução de Cores
IT	Índice Teórico
L	Luminância
LED	Diodo Emissor de Luz
LM	Lúmen
LX	Lux
NBR	Norma Brasileira
NM	Nanômetro

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 01: Espectro Eletromagnético.....	14
FIGURA 02: Ilustração funcional dos conceitos de Iluminância, Fluxo luminoso, Intensidade luminosa, e curva de distribuição da luz.....	15
FIGURA 03: Curva de Distribuição luminosa.....	16
FIGURA 04: Ilustração do conceito da Iluminância.....	17
FIGURA 05: Ilustração do conceito da Luminância.....	17
FIGURA 06: Exemplo de diferentes tipos de IRC.....	18
FIGURA 07: Comprimento das cores visíveis.....	19
FIGURA 08: Exemplo de ofuscamento direto e indireto.....	19
FIGURA 09: Localização do Colégio Estadual Marechal Gaspar Dutra e suas delimitações.....	23
FIGURA 10: Posicionamento e numerações das salas do Colégio Estadual Marechal Gaspar Dutra.....	24
FIGURA 11: Luxímetro.....	24
FIGURA 12: Disposição dos pontos a serem coletados.....	25
FIGURA 13: Tabela 2 da ABNT NBR 5413(1992)	27
FIGURA 14: Parte do tópico “5.3 Iluminância em lux, por atividade”, o qual cita a taxa de iluminância para regiões de escolas.....	28
FIGURA 15: Tabela 2 da ABNT NBR 5413(1992)	29

LISTA DE QUADROS

QUADRO 01: Coleta de dados.....	26
QUADRO 02: Salas com iluminação precária durante o período diurno.....	30
QUADRO 03: Salas com iluminação precária durante o período noturno.....	33
QUADRO 04: Salas com a iluminação com defasagem acima de 70% em um ou mais pontos da Iluminância Média, período diurno.....	37
QUADRO 05: Salas com a iluminação com defasagem acima de 70% em um ou mais pontos da Iluminância Média, período noturno.....	39
QUADRO 06: Comparativo entre os dois períodos do dia.....	42

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1.....	11
1.1 INTRODUÇÃO.....	11
1.2 OBJETIVOS.....	12
1.2.1 Objetivo geral	12
1.2.2 Objetivos específicos	12
1.3 JUSTIFICATIVA	12
1.4 CARACTERIZAÇÃO DO PROBLEMA	13
1.5 DELIMITAÇÃO DA PESQUISA	13
CAPÍTULO 2.....	14
2.1 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	14
2.1.1 Conceitos da luminotécnica	14
2.1.1.1 Luz.....	14
2.1.1.2 Fluxo Luminoso	15
2.1.1.3 Intensidade luminosa.....	15
2.1.1.4 Curva de distribuição luminosa.....	16
2.1.1.5 Iluminância.....	16
2.1.1.6 Luminância.....	17
2.1.1.7 Índice de Reprodução de Cores (IRC)	18
2.1.1.8 Cor.....	18
2.1.1.9 Ofuscamento.....	19
2.1.2 Tipos de lâmpadas	20
2.1.3 Escolha do tipo de iluminação	20
2.1.4 Definições da NBR 5382(1985)	21
2.1.5 Definições da NBR 5413(1992)	21
CAPÍTULO 3.....	22
3.1 METODOLOGIA.....	22
3.1.1 Tipo de estudo e local da pesquisa.....	22
3.1.2 Caracterização da Amostra	22
3.1.3 Coleta de dados.....	24
CAPÍTULO 4.....	28
4.1 RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	28
4.1.1 DADOS LEVANTADOS.....	28

4.1.2	ANÁLISE DOS DADOS.....	29
CAPÍTULO 5.....		43
5.1	CONSIDERAÇÕES FINAIS	43
SUGESTÕES PARA TRABALHO FUTURO		44
REFERÊNCIAS		45
APÊNDICE 01 - Dados coletados no período diurno.		47
APÊNDICE 02 - Dados coletados no período noturno.		53

CAPÍTULO 1

1.1 INTRODUÇÃO

Décadas atrás a iluminação artificial revolucionou o mundo, pois ela mudou costumes e culturas da sociedade e também a maneira de viver das pessoas, fazendo com que atualmente as lâmpadas sejam de suma importância, pois levam a luz a locais fechados onde a iluminação natural não chega, e onde a luz natural já não existe mais. A luz transformou-se em uma necessidade, pois é imprescindível na locomoção, nas atividades físicas, na leitura. Mas no decorrer da história, não foi dada a devida atenção à iluminação artificial e à garantia da eficiência e da qualidade. Em locais de trabalho, a iluminação adequada promove o bem-estar físico e mental das pessoas aumentando a produtividade sem desgaste do corpo e da mente. (PEZATTI, 2015).

A humanidade tem aperfeiçoado constantemente tecnologias e métodos para melhorar a qualidade de vida tanto em suas casas como também em seus locais de trabalho. O nível de exigência aumentou não apenas em relação à qualidade dos produtos e dos serviços na construção civil, mas também quanto a preços acessíveis.

Segundo a NBR 5413/1992, existe uma taxa de iluminância (lux) mínima para cada tipo de ambiente e atividade, seja ela simples, normal ou de difícil execução. A verificação tem por objetivo conferir se o serviço realizado no local, não está sendo prejudicado pela má incidência de luz, que pode ser tanto natural como artificial.

Com base nessas informações, viu-se a necessidade de fazer este trabalho no Colégio Estadual Marechal Gaspar Dutra – de Nova Santa Rosa – PR, coletando os dados com equipamentos e obedecendo a métodos e índices segundo as normas brasileiras NBR 5413(1992) e NBR 5382(1985), e em seguida, com os dados tabelados verificar se as salas de aula, onde é realizada a maior parte das atividades, a iluminação estão de acordo com a norma.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo geral

Analisar se as condições de iluminação das salas de aula do Colégio Estadual Marechal Gaspar Dutra – na cidade de Nova Santa Rosa – PR, estão de acordo com a NBR 5413/1992 da ABNT e com os critérios da NBR 5382/1985.

1.2.2 Objetivos específicos

- Coletar dados nas salas de aula com o equipamento, luxímetro;
- verificar as condições nas salas de aula de incidência de iluminância (lux) tanto durante o dia como a noite;
- comparar os resultados de iluminância obtidos com o mínimo recomendado pela NBR 5413/1992.

1.3 JUSTIFICATIVA

A luz artificial tem facilitado a vida das pessoas nos últimos anos, trazendo independência da luz natural e gerando conforto e praticidade para nas casas quanto nos locais de trabalho. Mas a atenção à qualidade da mesma é imprescindível, pois a pouca iluminação nos locais de trabalho pode acarretar acidentes graves, assim como a iluminação excessiva é prejudicial à saúde, além de resultar em consumo alto de energia.

A iluminação artificial não deve ser vista como uma parte da edificação e mais um custo a ser pago mensalmente. Ela deve ser valorizada como um instrumento de trabalho, auxiliando no cotidiano como se fosse uma máquina ou uma ferramenta. Uma iluminação eficiente além de favorecer uma redução no consumo de energia, aumenta significativamente a produtividade em uma empresa (ELEKTRO, s/d, p. 30).

Alguns especialistas citam que mesmo se a iluminação ruim não causar danos permanentes à visão, pode provocar certo cansaço e irritação aos olhos, cujo ressecamento está relacionado diretamente à iluminação do ambiente, tanto o excesso quanto a baixa iluminação podem levar ao desconforto visual, além de acarretar baixa lubrificação dos olhos (SALLES, 2015).

Segundo a NBR 5413 (1992), a norma pretende atingir o objetivo de estabelecer valores mínimos de iluminância artificial em interiores, principalmente onde está sendo exercida alguma atividade, seja ela de comércio, indústria, ensino, esportes e outras.

Unindo todas as informações através da coleta de dados, pretende-se verificar se o Colégio Estadual Marechal Gaspar Dutra segue as diretrizes conforme as especificações da NBR 5382 (1985) e os dados já tabelados da NBR 5413 (1992).

1.4 CARACTERIZAÇÃO DO PROBLEMA

Será que os índices de iluminância nas salas de aula do Colégio Estadual Marechal Gaspar Dutra – em Nova Santa Rosa – PR, estão de acordo com os índices mínimos recomendados pela norma 5413/1992 – Iluminância de interiores?

1.5 DELIMITAÇÃO DA PESQUISA

Este trabalho sobre a incidência de iluminação artificial foi delimitado em 12 salas de aula, que é a quantidade total de salas do Colégio Estadual Marechal Gaspar Dutra – de Nova Santa Rosa – PR. Foram coletados valores em lux com um equipamento especial, seguindo a norma brasileira de verificação de iluminância de interiores NBR 5382(1985), tanto durante o dia como à noite, principalmente enquanto houver pessoas exercendo funções dentro das salas de aula.

CAPÍTULO 2

2.1 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1.1 Conceitos da luminotécnica

De acordo com Hélio Creder (2007, p. 160), antes mesmo de fazer os cálculos luminotécnicos, deve-se tomar conhecimento das grandezas fundamentais baseadas nas definições apresentadas pela ABNT. Sendo assim, os conceitos apresentados abaixo darão uma percepção maior dos elementos da luminotécnica.

2.1.1.1 Luz

Sobre o conceito da luz, o manual da OSRAM (2000) cita o seguinte:

A luz é uma fonte de radiação que emite ondas eletromagnéticas. Elas possuem diferentes comprimentos, e o olho humano é sensível a somente alguns. Luz, é portanto, a radiação eletromagnética capaz de produzir uma sensação visual (Figura 1). A sensibilidade visual para a luz varia não só de acordo com o comprimento de onda da radiação, mas também com a luminosidade. A curva de sensibilidade do olho humano demonstra que radiações de menor comprimento de onda (violeta e azul) geram maior intensidade de sensação luminosa quando há pouca luz (ex. crepúsculo, noite), enquanto as radiações de maior comprimento de onda (laranja e vermelho) se comportam ao contrário.

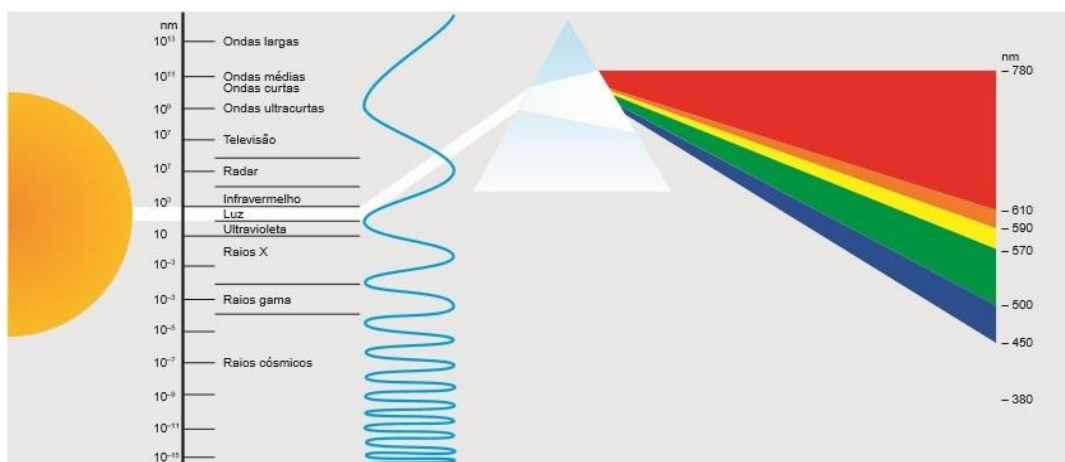


Figura 1 - Espectro Eletromagnético.
Fonte (Manual da OSRAM, 2000).

2.1.1.2 Fluxo Luminoso

Este conceito é definido como o total de radiação da fonte luminosa, que é medida em lúmens, entre os limites de comprimento de onda visíveis a olho nu. A segunda ilustração da Figura 2 mostra claramente na prática o conceito do fluxo luminoso.

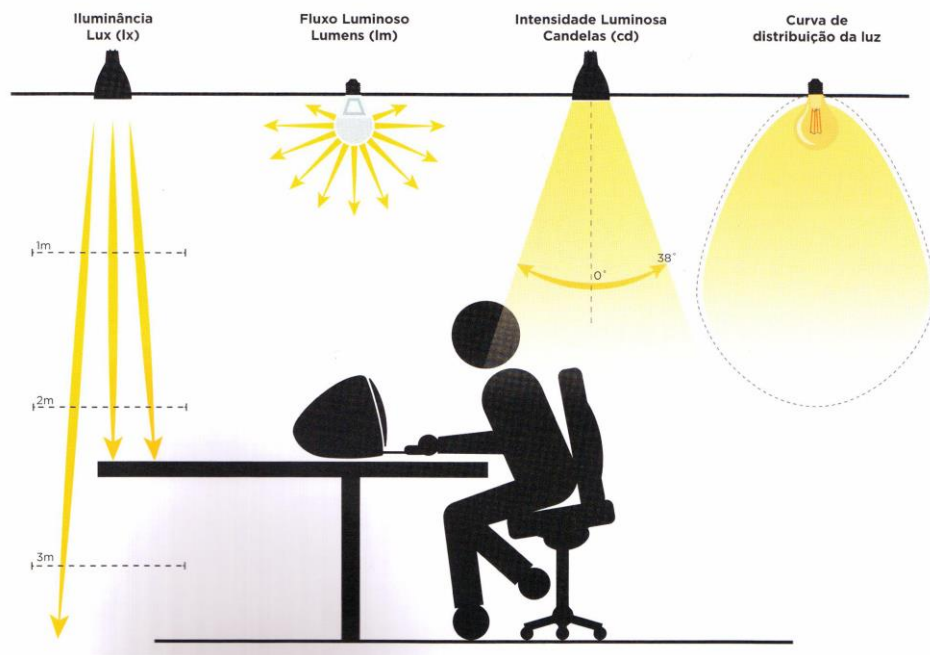


Figura 2 – Ilustração funcional dos conceitos de Iluminância, Fluxo luminoso, Intensidade luminosa, e curva de distribuição da luz.

Fonte (Guia Básico de iluminação da DR luz, 2015).

2.1.1.3 Intensidade luminosa

A intensidade luminosa é a concentração de luz numa dada direção específica, irradiada por unidade de ângulo. É designado como símbolo I , e sua unidade de medida é a candela (cd). A Figura 2 demonstra na prática como é o funcionamento do mesmo.

2.1.1.4 Curva de distribuição luminosa

A curva de distribuição luminosa é um conceito que é dependente do conceito da intensidade luminosa, pois ela é a representação da intensidade luminosa em todos os ângulos em que ela é direcionada num plano. A Figuras 3 demonstra um exemplo gráfico de curva de distribuição.

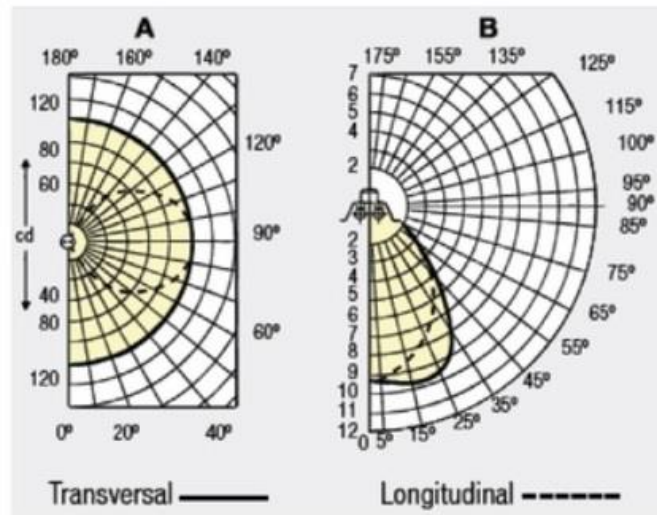


Figura 3 – Curva de Distribuição luminosa.
Fonte (Manual da OSRAM, 2000).

2.1.1.5 Iluminância

Segundo a NBR 5413(1992) a iluminância pode ser considerada como “ limite da razão do fluxo luminoso recebido pela superfície em torno de um ponto considerado, para a área da superfície quando esta tende para o zero”. A unidade de medida é o lux, que em outras palavras pode ser demonstrado como 1 lúmen por metro quadrado. A Figura 4 demonstra na prática o efeito da iluminância.

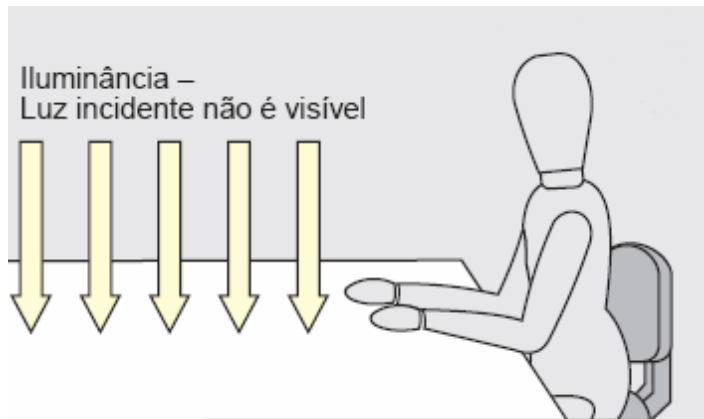


Figura 4 – Ilustração do conceito da Iluminância.
Fonte (JLM energias, 2013).

2.1.1.6 Luminância

A luminância é a luz que é refletida através de uma superfície, e é a luz em que o olho humano pode ver, ou seja, totalmente o contrário da Iluminância. Sua unidade de medida é candelas por metro quadrado (cd/m^2) e seu símbolo de representação é a letra L. A Figura 5 demonstra um exemplo de luminância.

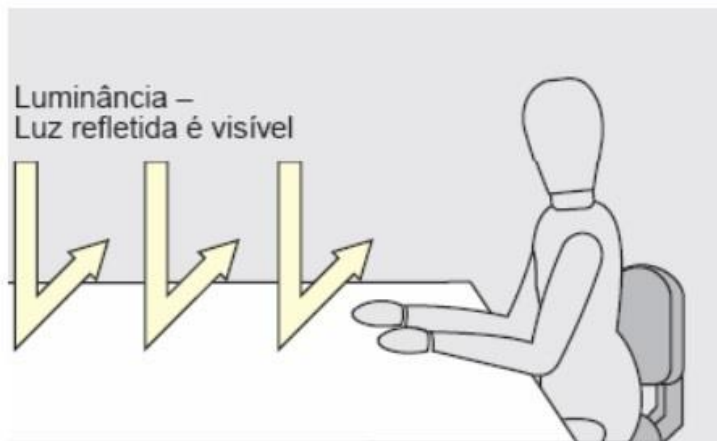


Figura 5 – Ilustração do conceito da Luminância.
Fonte (JLM energias, 2013).

2.1.1.7 Índice de Reprodução de Cores (IRC)

O índice de reprodução de cores é a medida de correspondência entre a cor real de um objeto ou superfície e sua aparência diante de uma fonte de luz. A luz artificial tem como regra reproduzir ao olho humano para que ele perceba as cores corretamente, ou o mais próximo possível. Lâmpadas com IRC de 100% têm a melhor eficiência de reprodução de cores para o olho humano. E quanto mais baixo o índice, mais deficiente é a reprodução de cores. Os índices variam conforme a natureza da luz e são indicados de acordo com o uso de cada ambiente. A Figura 6 ilustra alguns exemplos de diferentes tipos de índices de acordo com os diferentes tipos de lâmpadas citadas abaixo.



Figura 6 – Exemplo de diferentes tipos de IRC.
Fonte (Empalux, 2016).

2.1.1.8 Cor

A temperatura da cor é determinada diretamente pelo comprimento de onda que ela cria. Os comprimentos visíveis para o olho humano variam entre as cores violeta que têm um comprimento de onda entre 3800 a 4500 nm(nanômetro), e até a luz vermelha que tem comprimento visível de 6400 a 7600 nm, já as outras cores visíveis estão entre este meio, sendo que a cor amarela é a de maior sensibilidade visual que é de 5500 nm. A Figura 7 demonstra as cores visíveis ao olho humano e seus respectivos comprimentos.



Figura 7 – Comprimento das cores visíveis.
Fonte (Aprender Design, 2015).

2.1.1.9 Ofuscamento

O ofuscamento é um conceito importante a ser lembrado no momento da realização do projeto de um ambiente, pois o mau planejamento podem acarretar em fadiga visual e acidentes. A equivocada escolha do tipo, ou do posicionamento de uma lâmpada que podem produzir excesso ou falta de luz em um ambiente, fazendo com que os olhos humanos sejam forçados para enxergar alguma coisa. O tipo de superfície ou ambiente, também pode agravar esse efeito, pois superfícies brilhantes refletem a luz e ambientes pequenos com luz excessiva. A revista “O Setor Elétrico” cita em uma de suas publicações:

“O ofuscamento é geralmente causado pelo brilho excessivo de luminárias e janelas, isto é, luminâncias excessivas, ou por contrastes elevados no campo visual. Pode ser direto ou refletido (Figura 8), quando for refletido por superfícies até o campo visual. Ofuscamentos podem ser evitados pela escolha de luminárias com controle de ofuscamento, posicionamento destas e de lâmpadas fora do campo visual crítico, escolha de acabamentos de superfícies não brilhantes, aumento de área luminosa de luminárias e evitando pontos brilhantes em tetos e paredes com o uso de cores claras.”

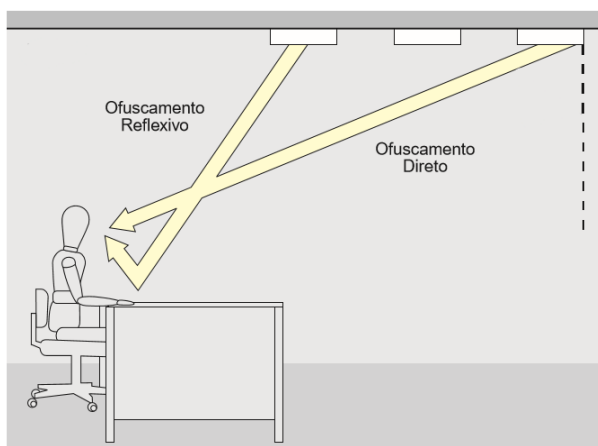


Figura 8 – Exemplo de ofuscamento direto e indireto.
Fonte (Manual da Osram, 2000).

2.1.2 Tipos de lâmpadas

As lâmpadas elétricas atuais podem ser divididas em três grupos principais, que são as incandescentes, de descarga e as de indução. A COPEL define bem esses três grupos, explicando o funcionamento de cada uma:

Incandescente: Nessas lâmpadas a eletricidade passa por um filamento que ao esquentar, emite luz visível. Ela tem uma eficiência muito baixa, da ordem de 12 lúmens por watts. Seu custo é baixo, mas sua vida útil também, cerca de 1.000 horas. Alguns exemplos deste tipo de lâmpada: convencional, halógena e dicróica.

Descarga: Um gás ionizado emite radiação ultravioleta que incidindo sobre uma camada fluorescente na superfície dos tubos de vidro, transformam-se em luz visível. Essas lâmpadas necessitam de um reator para o seu funcionamento, que pode ser tanto externo como interno. Possuem uma vida útil mais elevada se comparada com a lâmpada incandescente e sua eficiência luminosa é cinco vezes maior. Alguns exemplos deste tipo de lâmpada são: fluorescente, vapor de mercúrio, vapor de sódio e mista.

Indução: Consiste em um material semicondutor, que quando energizado emite luz visível. Os modelos encontrados comercialmente atingem geralmente entre 80 a 100 lúmens por watts, tendo uma vida útil de 15.000 horas, podendo variar de acordo com cada fabricante. E possuem uma reprodução de cor superior que os demais tipos de lâmpadas. O exemplo mais comum deste tipo de lâmpada é a de LED.

2.1.3 Escolha do tipo de iluminação

O ponto de partida para a escolha de um sistema de iluminação é a definição do nível de iluminância necessária para o tipo de ambiente escolhido, e que leve também em consideração as atividades que serão realizadas no local. A norma Brasileira NBR 5413 (1992), indica a quantidade de lux (fluxo luminoso incidente em uma unidade de área), necessária para diversos locais e atividades.

É importante adotar o valor normativo de iluminância, pois existe uma subjetividade importante na percepção de uma boa iluminação. Pessoas com sensibilidade visual muito baixa, poderão discordar quanto à qualidade da iluminação no ambiente, e nesta situação, é necessário realizar uma comprovação prática através da medição do nível de iluminância com um luxímetro e comparar com os valores normativos para verificar se é necessária a correção do iluminamento existente.

2.1.4 Definições da NBR 5382(1985)

A NBR 5382(1985) tem como objetivo determinar o modo pelo qual se faz a verificação da iluminação de interiores de áreas retangulares, através da iluminância média sobre um plano horizontal, sendo normalmente utilizado a altura de coleta do plano de trabalho deste ambiente. O equipamento a ser utilizado para a coleta dos dados para se determinar a média, é na verdade um instrumento com fotocélulas com correção do cosseno e correção de cor, com temperatura ambiental entre 15 e 50 graus Celsius, sempre que possível.

A norma também estabelece algumas condições para a verificação da iluminância média, por exemplo, a fotocélula deve ficar no plano horizontal a uma altura de 80 centímetros do piso, isso quando não existem um padrão de altura de um plano de trabalho dentro do ambiente; antes da leitura as fotocélulas devem ficar expostas a uma iluminação mais ou menos igual à da instalação, até as mesmas se estabilizarem, o que geralmente requer 5 a 10 minutos; é importante constar a descrição de alguns fatores que influenciam no resultado, como: refletância de fundo, tipo de lâmpada, instrumentos usados, e horário a ser coletado os dados.

A NBR 5382(1985) não afirma que esse método de verificação terá um valor exato, mas sim que terá um erro de diferença de no máximo 10% sobre o valor real da iluminância média.

2.1.5 Definições da NBR 5413(1992)

A NBR 5413(1992) tem como objetivo estabelecer os valores de iluminâncias médias mínimas em serviço para iluminação artificial em interiores, onde se realizem as mais diversas atividades de comércio, indústria, ensino, esporte e outras. A norma define esses valores para qualquer tipo superfície exigindo condições de iluminância apropriadas ao trabalho visual a ser realizado.

Dentro da norma existem algumas condições gerais para que a análise a ser feita não venha trazer dúvidas, por exemplo, a iluminância no restante do ambiente não deve ser inferior a 1/10 da adotada para o campo de trabalho, mesmo que haja recomendação para valor menor; recomenda-se que a iluminância em qualquer ponto do campo de trabalho não seja inferior a 70% da iluminância média determinada segunda a NBR 5382.

CAPÍTULO 3

3.1 METODOLOGIA

3.1.1 Tipo de estudo e local da pesquisa

Trata-se de uma análise da taxa de iluminância em lux média em salas de aula de um colégio público. O estudo seguiu as diretrizes das normas brasileiras da ABNT 5413 (1992) e 5382 (1985) têm como objetivo estabelecer valores de iluminância médias e mínimas em serviço para iluminação artificial em interiores, e também fixar o modo pelo qual se faz a verificação da iluminação de áreas retangulares.

Este estudo consistiu principalmente em averiguar a qualidade de luz média das salas de aula, considerando os pontos estratégicos pré-estabelecidos pela NBR 5382 (1985) para chegar aos resultados e para que a média de iluminância seja a mais próxima possível do real.

A pesquisa foi efetuada dentro de 12 salas de aula de um colégio da cidade de Nova Santa Rosa – Paraná, cujo prédio tem também um laboratório para aulas práticas, uma sala para professores e funcionários, uma biblioteca, e um ginásio de esportes. Porém nestes espaços a verificação não foi realizada.

3.1.2 Caracterização da Amostra

O colégio público tem sua fachada direcionada para a Avenida Tucunduva de Nova Santa Rosa. Há 12 salas de aula, sendo que a maior parte delas tem as janelas com as aberturas para o sentido sudeste, com iluminação natural no período da manhã. Todas as salas foram verificadas nos dois períodos do dia, diurno e noturno, que são os dois extremos; durante o dia poderá ocorrer ofuscamento e incômodo aos olhos e durante a noite, falta de luz no ambiente interno.

Os tipos de lâmpadas que foram encontradas dentro de todas as salas de aula foram as fluorescentes, sendo lâmpadas de bom desempenho e eficiência, apesar de fazerem mal para o meio ambiente, sendo assim, necessário um cuidado maior para que não sejam descartadas em lixos comuns ou aterros. Como existiam dois períodos do dia a ser feitas as coletas de dados, foi definido então dois horários, no período diurno o horário escolhido foi entre as 10:30 horas da manhã até às 15:00 horas da tarde, seguindo a ordem crescente da numeração das salas para a coleta, este horário foi estabelecido pois a incidência da luz solar para dentro das salas é muito

mais forte nestes períodos do dia. E para o período noturno foi definido um horário entre as 20:00 horas até as 23:00 horas da noite, sendo que o único critério para estabelecer este horário foi que a luz solar não poderia ter mais nenhuma influência sobre as salas de aula.

Nenhuma sala é exatamente igual á outra, porém todas elas têm 6 luminárias; por isso, foi necessário averiguar as dimensões de todas as salas, cujo comprimento variou entre 6 e 7 metros, e sua largura varia entre 7,8 e 8 metros, com áreas entre 46,8 e 56 metros quadrados. A Figura 9 mostra a localização do colégio e suas delimitações indicadas na imagem, e a Figura 10 mostra o posicionamento das salas dentro do colégio com suas respectivas numerações.



Figura 9 – Indicação do Colégio Estadual Marechal Gaspar Dutra e sua delimitação.
Fonte: (Google Maps, 2016).

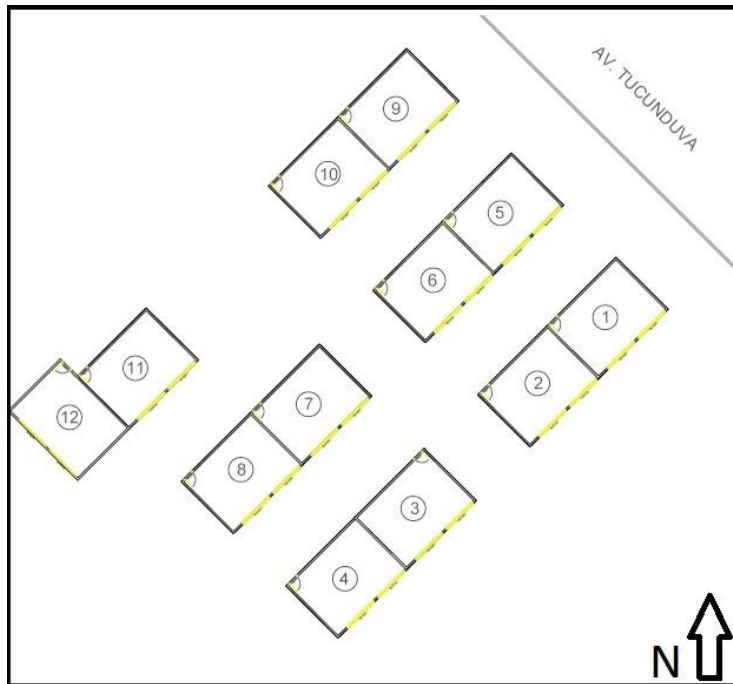


Figura 10 – Posicionamento e numerações das salas do Colégio Estadual Marechal Gaspar Dutra.
Fonte: (Matheus Guilherme Isbrecht, Cascavel, 2016).

3.1.3 Coleta de dados

Os dados foram coletados com um aparelho que capta com fotocélulas e determinou por média a quantidade de lux que consistia o ambiente. O instrumento de medição utilizado para esta pesquisa foi o luxímetro (Figura 11), que determina a taxa de lux, seguindo as recomendações da NBR 5382 (1985), e em seguida verificou pelas tabelas da norma brasileira 5413 (1992) se há falta ou excesso de luz no recinto.



Figura 11 – Luxímetro.
Fonte: (Copafer, 2016).

Anteriormente verificou-se a quantidade de luminárias e lâmpadas que há no ambiente, o espaçamento entre as luminárias e o seu posicionamento. Averiguar o posicionamento e a distribuição das luminárias é essencial, pois definirá a quantidade e onde estão os pontos em que foram feitas as coletas dos dados.

Segundo a NBR 5382(1985), existem pontos específicos onde devem ser coletados os dados nas salas de aula; devem ser seguidas as recomendações que estão disponibilizadas no anexo da norma, no qual são encontrados vários exemplos de disposições das luminárias e os tipos das mesmas. Para esta análise foram seguidas as recomendações da Figura 12, que demonstra as posições de todos os pontos a serem coletados, e que segundo a NBR 5382 (1985) é um campo de trabalho retangular, iluminado com fontes de luz em padrão regular, simetricamente espaçadas em duas ou mais fileiras.

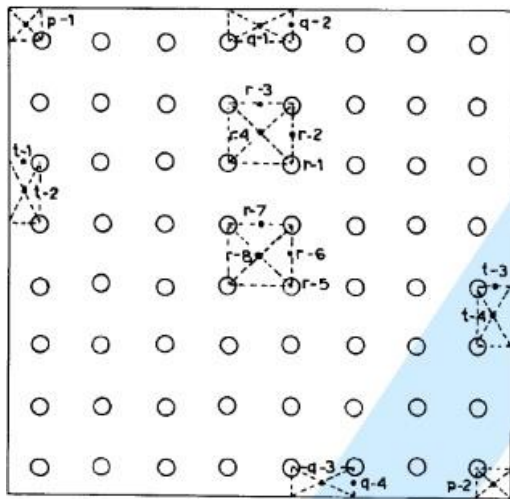


Figura 12 – Disposição dos pontos a serem coletados.
Fonte: ABNT 5382(1985).

Conforme a Figura 12 esses pontos contêm nomes próprios com uma letra e um número; a letra significa que este ponto está dentro de uma certa classe, como exemplo os pontos r-1, r-2, r-3, r-4, r-5, r-6, r-7, r-8. Com estes valores que são encontrados com o auxílio do equipamento luxímetro, faz-se uma simples média aritmética e encontra-se o valor de R da equação da Iluminância Média (Equação 01).

$$\text{Iluminância Média (IM)} = \frac{R(N-1)(M-1) + Q(N-1) + T(M-1) + P}{NM} \quad (\text{Equação 01})$$

Onde:

N= Número de luminárias por fila

M=Número de filas

R= Média aritmética dos pontos da classe r

Q= Média aritmética dos pontos da classe q

T= Média aritmética dos pontos da classe t

P= Média aritmética dos pontos da classe p

Consequentemente foi feita a coleta dos dados nos pontos q-1, q-2, q-3, q-4, e fez-se a média aritmética desses quatro pontos, encontrando assim o valor de Q da equação da Iluminância Média (Equação 01). Repetiu-se este procedimento para os pontos t-1, t-2, t-3, t-4, encontrando o valor de T na equação. Igualmente nos pontos p-1 e p-2 calculou-se a média aritmética encontrando assim o valor de P na equação. Este procedimento foi repetido em todas as salas que foram verificadas, cujos valores foram colocados na equação da Iluminância Média (Equação 01) encontrando assim o valor da mesma.

Para uma melhor visualização dos dados que foram coletados, foi elaborada uma planilha (Quadro 01) em que constam algumas informações importantes das salas, como valores teóricos e os valores que foram encontrados com o auxílio do luxímetro. Todos estes dados têm influência na obtenção do resultado final, que é a Iluminância Média (IM) de cada sala.

Quadro 01: Coleta de Dados.

DADOS COLETADOS - PERÍODO - LUXÍMETRO (lux)							
r1		q1		t1		SALA	
r2		q2		t2			
r3		q3		t3		p1	
r4		q4		t4		p2	
r5		Q		T		P	
r6							
r7							
r8							
R							
VALOR NBR: IT(lux)							
VALOR MEDIDO: IM(lux)							

Após ter descoberto o valor de Iluminância Média, analisaram-se esses valores de acordo com a norma NBR 5413(1992); dentro da norma existem inúmeros tipos de atividades para aferir se o ambiente analisado se encontra adequado ou não para uma boa iluminação; cada atividade contém 3 Índices Teóricos (IT) em lux. Para saber qual o valor que poderá ser usado

para comparar com os dados retirados em campo, primeiro foi analisada a Tabela 2 (Figura 12) da norma NBR 5413 (1992).

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

Figura 13 – Tabela 2 da ABNT NBR 5413(1992).
Fonte: ABNT 5413(1992).

A Tabela 2 (Figura 13) mostra a situação dos 3 casos de característica da tarefa e do observador; determinar o seu peso correspondente em todos eles (-1, 0, +1), e somar os 3 valores encontrados algebricamente, considerando o sinal. O resultado irá variar entre -3 e +3; se o valor der -3 ou -2, utiliza-se o valor de iluminância inferior do grupo; se for +3 ou +2, utiliza-se o valor superior, e se forem os demais resultados utiliza-se o valor de iluminância mediano do grupo.

CAPÍTULO 4

4.1 RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1.1 DADOS LEVANTADOS

Após a coleta de todos os dados com auxílio do luxímetro, fez-se o comparativo dos resultados com os valores determinados pela NBR 5413 (1992), e verificou-se se existiu falta ou excesso de luz no ambiente. Os valores não são encontrados em nenhuma tabela da norma NBR 5413(1992), mas sim no tópico “5.3 Iluminância em lux, por tipo de atividade” da norma. A Figura 14 mostra uma parte deste tópico no qual se encontram todos os tipos de atividades dispostos pela norma e seus respectivos valores de iluminância mínima.

5.3.13 Escolas	
- salas de aulas	200 - 300 - 500
- quadros negros	300 - 500 - 750
- salas de trabalhos manuais	200 - 300 - 500
- laboratórios	
. geral	150 - 200 - 300
. local	300 - 500 - 750

Figura 14 – Parte do tópico “5.3 Iluminância em lux, por atividade”, o qual cita a taxa de iluminância para regiões de escolas.

Fonte: ABNT 5413(1992).

Mas para se obter o valor correto do Índice Teórico (IT) do tópico “5.3 Iluminância em lux, por atividade”, da Norma 5413 (1992), foi feita a comparação com os valores coletados em campo; primeiramente, porém, foi feita uma análise na Tabela 2 (Figura 14) da ABNT NBR 5413 (1992), que contém 3 características da tarefa e do observador.

Seguindo a Tabela 2 (Figura 14) foi elaborada a análise e chegou-se as seguintes conclusões para cada característica:

Idade: Como o trabalho foi feito em uma escola pública de ensino fundamental e médio, concluiu-se que boa parte dos usuários da mesma tem uma idade inferior a 40 anos.

Velocidade e precisão: Os dois itens são críticos, considerando as atividades desenvolvidas e a importância da visão, cuja função é, dentro das salas de aula, essencial para os alunos.

Refletância do fundo da tarefa: A refletância é forte dentro das salas de aula, por causa das paredes que são claras e pelo fato de o quadro ser branco; sendo assim, concluiu-se que sua significância está acima de 70%.

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

Figura 15 – Tabela 2 da ABNT NBR 5413(1992).
Fonte: ABNT 5413(1992).

Com base nas análises de cada característica tanto do observador como da tarefa, foi concluído que os resultados de cada peso foram de -1, +1 e -1, conforme Figura 13; sendo assim a resultante desses valores é -1.

Com isso, constatou-se que o valor a ser utilizado para a análise do trabalho, seguindo as recomendações da Norma 5413 (1992), é de 300 lux de Índice Teórico (IT). A norma também determina que para a maioria das atividades visuais, a iluminância não seja inferior à média precisão.

Os Apêndices 01 e 02 demonstram todos os dados coletados nos pontos, no período diurno e noturno respectivamente, e seu valor de Índice Teórico (IT) necessário para que estejam de acordo com o da NBR 5413(1992), e eles também mostram a Iluminância Média (IM) encontrada dentro das salas de aula, seguindo fórmulas da NBR 5382 (1985).

4.1.2 ANÁLISE DOS DADOS

De acordo com a Norma 5413 (1992) o Índice Teórico encontrado em lux, deve ser o mínimo de iluminância a ser utilizado no ambiente em análise. Sendo assim, no caso do Colégio Estadual Marechal Gaspar Dutra o mínimo de iluminância que deve haver dentro das salas de aula é de 300 lux, conforme as análises já efetuadas com a Tabela 2 da norma. Com os dados já coletados com o auxílio de equipamentos, sabe-se quais as salas que se encontram com uma luz satisfatória e quais as que se encontram com uma luz precária.

Durante o período diurno, a luz solar teve grande influência nos dados, pois as janelas são de dimensões grandes e verificou-se que em algumas partes havia falta de cortina nas mesmas. Houve variação dos resultados na parte diurna do dia de cada sala, em função de fatores externos de ambientação; onde há árvores perto de janelas, há menos iluminação solar, e onde não existe nenhum tipo de construção ou árvore, os índices de iluminância são grandes podendo assim ocasionar ofuscamento e incômodo nos olhos dos alunos.

Os resultados da iluminação média dentro das salas de aula foram satisfatórios apenas em 7 das 12; em 7 salas foram encontrados valores de iluminância adequados para as atividades realizadas. Já nas outras 5 salas este índice foi insuficiente, pois parte do resultado foi influenciado pelos fatores da ambientação externa e iluminação precária do interior delas. As salas cuja iluminação é fraca no período diurno são a 1, 2, 3, 4 e 6, conforme demonstrado no Quadro 02.

Quadro 02: Salas com iluminação precária durante o período diurno.

DADOS COLETADOS - PERÍODO DIURNO - LUXÍMETRO (lux)							
r1	187	q1	120	t1	263	SALA	1
r2	156	q2	135	t2	155		
r3	123	q3	174	t3	160	p1	232
r4	144	q4	193	t4	111	p2	174
r5	167	Q	156	T	173	P	203
r6	171						
r7	165						
r8	164						
R	160						
VALOR NBR IT(lux)				300			
VALOR MEDIDO IM(lux)				166			

DADOS COLETADOS - PERÍODO DIURNO - LUXÍMETRO (lux)							
r1	224	q1	181	t1	370	SALA	2
r2	250	q2	186	t2	287		
r3	260	q3	317	t3	314	p1	214
r4	270	q4	316	t4	258	p2	271
r5	400	Q	250	T	308	P	243
r6	272						
r7	273						
r8	272						
R	278						
VALOR NBR IT(lux)				300			
VALOR MEDIDO IM(lux)				267			

DADOS COLETADOS - PERÍODO DIURNO - LUXÍMETRO (lux)							
r1	206	q1	164	t1	209	SALA	3
r2	202	q2	170	t2	177		
r3	178	q3	175	t3	250	p1	163
r4	183	q4	193	t4	225	p2	162
r5	284	Q	176	T	216	P	163
r6	213						
r7	230						
r8	232						
R	216						
VALOR NBR IT(lux)				300			
VALOR MEDIDO IM(lux)				195			

DADOS COLETADOS - PERÍODO DIURNO - LUXÍMETRO (lux)							
r1	408	q1	245	t1	293	SALA	4
r2	332	q2	281	t2	243		
r3	256	q3	251	t3	272	p1	253
r4	266	q4	232	t4	228	p2	232
r5	339	Q	253	T	259	P	243
r6	360						
r7	280						
r8	289						
R	317						
VALOR NBR IT(lux)				300			
VALOR MEDIDO IM(lux)				277			

DADOS COLETADOS - PERÍODO DIURNO - LUXÍMETRO (lux)							
r1	395	q1	335	t1	272	SALA	6
r2	392	q2	338	t2	259		
r3	307	q3	281	t3	367	p1	177
r4	320	q4	295	t4	267	p2	193
r5	238	Q	313	T	292	P	185
r6	291						
r7	324						
r8	303						
R	322						
VALOR NBR IT(lux)				300			
VALOR MEDIDO IM(lux)				298			

Já para o período noturno, quando a luz solar não incide mais, os valores de iluminância média encontrados estavam na maioria das salas abaixo do esperado. Das 12 salas analisadas no total apenas 4 delas estiveram acima do recomendado pela NBR 5413 (1992), e o restante das salas 1, 2, 3, 4, 5, 6, 8 e 10, têm uma iluminação insuficiente para as atividades realizadas, conforme o Quadro 03.

Quadro 03: Salas com iluminação precária durante o período noturno.

DADOS COLETADOS - PERÍODO NOTURNO - LUXÍMETRO (lux)							
r1	175	q1	93	t1	224	SALA	1
r2	142	q2	121	t2	135		
r3	115	q3	164	t3	114	p1	204
r4	131	q4	143	t4	100	p2	133
r5	154	Q	131	T	144	P	169
r6	158						
r7	150						
r8	155						
R	148						
VALOR NBR IT(lux)				300			
VALOR MEDIDO IM(lux)				144			

DADOS COLETADOS - PERÍODO NOTURNO - LUXÍMETRO (lux)							
r1	206	q1	172	t1	339	SALA	2
r2	245	q2	179	t2	267		
r3	250	q3	287	t3	307	p1	214
r4	266	q4	295	t4	257	p2	238
r5	373	Q	234	T	293	P	226
r6	253						
r7	254						
r8	262						
R	264						
VALOR NBR IT(lux)				300			
VALOR MEDIDO IM(lux)				252			

DADOS COLETADOS - PERÍODO NOTURNO - LUXÍMETRO (lux)							
r1	173	q1	144	t1	174	SALA	3
r2	172	q2	142	t2	151		
r3	163	q3	150	t3	181	p1	140
r4	152	q4	141	t4	186	p2	123
r5	263	Q	145	T	173	P	132
r6	201						
r7	149						
r8	161						
R	180						
VALOR NBR IT(lux)				300			
VALOR MEDIDO IM(lux)				160			

DADOS COLETADOS - PERÍODO NOTURNO - LUXÍMETRO (lux)							
r1	322	q1	238	t1	263	SALA	4
r2	283	q2	232	t2	219		
r3	228	q3	201	t3	246	p1	207
r4	234	q4	206	t4	203	p2	195
r5	275	Q	220	T	233	P	201
r6	286						
r7	238						
r8	233						
R	263						
VALOR NBR IT(lux)				300			
VALOR MEDIDO IM(lux)				236			

DADOS COLETADOS - PERÍODO NOTURNO - LUXÍMETRO (lux)							
r1	321	q1	296	t1	180	SALA	5
r2	306	q2	287	t2	179		
r3	214	q3	145	t3	311	p1	187
r4	228	q4	164	t4	194	p2	286
r5	260	Q	223	T	216	P	237
r6	270						
r7	229						
r8	206						
R	255						
VALOR NBR IT(lux)				300			
VALOR MEDIDO IM(lux)				236			

DADOS COLETADOS - PERÍODO NOTURNO - LUXÍMETRO (lux)							
r1	326	q1	270	t1	333	SALA	6
r2	319	q2	272	t2	232		
r3	237	q3	177	t3	292	p1	140
r4	292	q4	167	t4	214	p2	121
r5	180	Q	222	T	268	P	131
r6	235						
r7	250						
r8	242						
R	261						
VALOR NBR IT(lux)				300			
VALOR MEDIDO IM(lux)				231			

DADOS COLETADOS - PERÍODO NOTURNO - LUXÍMETRO (lux)							
r1	221	q1	190	t1	289	SALA	8
r2	252	q2	220	t2	218		
r3	278	q3	223	t3	277	p1	147
r4	248	q4	248	t4	272	p2	278
r5	192	Q	221	T	264	P	213
r6	195						
r7	232						
r8	211						
R	229						
VALOR NBR IT(lux)				300			
VALOR MEDIDO IM(lux)				229			

DADOS COLETADOS - PERÍODO NOTURNO - LUXÍMETRO (lux)							
r1	290	q1	209	t1	236	SALA	10
r2	278	q2	202	t2	202		
r3	260	q3	228	t3	209	p1	218
r4	245	q4	240	t4	212	p2	208
r5	326	Q	220	T	215	P	213
r6	277						
r7	255						
r8	248						
R	273						
VALOR NBR IT(lux)				300			
VALOR MEDIDO IM(lux)				239			

Conforme a Norma 5413 (1992), a iluminação em cada ponto verificado com o auxílio de equipamento, não deve ser menor que 70% da Iluminância Média (IM) encontrada na sala. Isso pode significar que uma das lâmpadas do ambiente interno pode estar com uma defasagem em relação às outras, ou que as luminárias estão mal posicionadas. Os Quadros 04 e 05 mostram as salas que estavam com este tipo de problema no período diurno e noturno respectivamente.

Quadro 04: Salas com a iluminação com defasagem acima de 70% em um ou mais pontos da Iluminância Média, período diurno.

DADOS COLETADOS - PERÍODO DIURNO - LUXÍMETRO (lux)							
r1	187	q1	120	t1	263	SALA	1
r2	156	q2	135	t2	155		
r3	123	q3	174	t3	160	p1	232
r4	144	q4	193	t4	111	p2	174
r5	167	Q	156	T	173	P	203
r6	171						
r7	165						
r8	164						
R	160						
VALOR NBR IT(lux)				300			
VALOR MEDIDO IM(lux)				166			
70% do IM =				116			

DADOS COLETADOS - PERÍODO DIURNO - LUXÍMETRO (lux)							
r1	224	q1	181	t1	370	SALA	2
r2	250	q2	186	t2	287		
r3	260	q3	317	t3	314	p1	214
r4	270	q4	316	t4	258	p2	271
r5	400	Q	250	T	308	P	243
r6	272						
r7	273						
r8	272						
R	278						
VALOR NBR IT(lux)				300			
VALOR MEDIDO IM(lux)				267			
70% do IM =				186			

DADOS COLETADOS - PERÍODO DIURNO - LUXÍMETRO (lux)							
r1	395	q1	335	t1	272	SALA	6
r2	392	q2	338	t2	259		
r3	307	q3	281	t3	367	p1	177
r4	320	q4	295	t4	267	p2	193
r5	238	Q	313	T	292	P	185
r6	291						
r7	324						
r8	303						
R	322						
VALOR NBR IT(lux)				300			
VALOR MEDIDO IM(lux)				298			
70% do IM =				208			

DADOS COLETADOS - PERÍODO DIURNO - LUXÍMETRO (lux)							
r1	374	q1	504	t1	240	SALA	10
r2	381	q2	467	t2	246		
r3	382	q3	420	t3	410	p1	423
r4	345	q4	422	t4	391	p2	208
r5	483	Q	454	T	322	P	316
r6	442						
r7	386						
r8	393						
R	399						
VALOR NBR IT(lux)				300			
VALOR MEDIDO IM(lux)				400			
70% do IM =				280			

Quadro 05: Salas com a iluminação com defasagem acima de 70% em um ou mais pontos da Iluminância Média, período noturno.

DADOS COLETADOS - PERÍODO NOTURNO - LUXÍMETRO (lux)							
r1	175	q1	93	t1	224	SALA	1
r2	142	q2	121	t2	135		
r3	115	q3	164	t3	114	p1	204
r4	131	q4	143	t4	100	p2	133
r5	154	Q	131	T	144	P	169
r6	158						
r7	150						
r8	155						
R	148						
VALOR NBR IT(lux)				300			
VALOR MEDIDO IM(lux)				144			
70% do IM =				100			

DADOS COLETADOS - PERÍODO NOTURNO - LUXÍMETRO (lux)							
r1	206	q1	172	t1	339	SALA	2
r2	245	q2	179	t2	267		
r3	250	q3	287	t3	307	p1	214
r4	266	q4	295	t4	257	p2	238
r5	373	Q	234	T	293	P	226
r6	253						
r7	254						
r8	262						
R	264						
VALOR NBR IT(lux)				300			
VALOR MEDIDO IM(lux)				252			
70% do IM =				176			

DADOS COLETADOS - PERÍODO NOTURNO - LUXÍMETRO (lux)							
r1	321	q1	296	t1	180	SALA	5
r2	306	q2	287	t2	179		
r3	214	q3	145	t3	311	p1	187
r4	228	q4	164	t4	194	p2	286
r5	260	Q	223	T	216	P	237
r6	270						
r7	229						
r8	206						
R	255						
VALOR NBR IT(lux)				300			
VALOR MEDIDO IM(lux)				236			
70% do IM =				165			

DADOS COLETADOS - PERÍODO NOTURNO - LUXÍMETRO (lux)							
r1	326	q1	270	t1	333	SALA	6
r2	319	q2	272	t2	232		
r3	237	q3	177	t3	292	p1	140
r4	292	q4	167	t4	214	p2	121
r5	180	Q	222	T	268	P	131
r6	235						
r7	250						
r8	242						
R	261						
VALOR NBR IT(lux)				300			
VALOR MEDIDO IM(lux)				231			
70% do IM =				161			

DADOS COLETADOS - PERÍODO NOTURNO - LUXÍMETRO (lux)							
r1	221	q1	190	t1	289	SALA	8
r2	252	q2	220	t2	218		
r3	278	q3	223	t3	277	p1	147
r4	248	q4	248	t4	272	p2	278
r5	192	Q	221	T	264	P	213
r6	195						
r7	232						
r8	211						
R	229						
VALOR NBR IT(lux)				300			
VALOR MEDIDO IM(lux)				229			
70% do IM =				160			

DADOS COLETADOS - PERÍODO NOTURNO - LUXÍMETRO (lux)							
r1	414	q1	252	t1	395	SALA	12
r2	307	q2	221	t2	368		
r3	360	q3	292	t3	371	p1	304
r4	326	q4	244	t4	404	p2	221
r5	445	Q	253	T	385	P	263
r6	376						
r7	398						
r8	378						
R	376						
VALOR NBR IT(lux)				300			
VALOR MEDIDO IM(lux)				317			
70% do IM =				221			

Sendo assim, a iluminação noturna é a mais prejudicada, com índices lumínicos menores que a iluminação diurna, já que não há a incidência da iluminação natural do ambiente externo das salas, o que constitui um agravante para os resultados finais. Essa diferença nos resultados entre esses dois períodos do dia é em algumas salas enorme, chegando a 67,4% de defasagem entre eles. Já para outras salas, com pouca influência da iluminação externa, essa defasagem não apresenta muita relevância, pois a menor porcentagem entre os dois períodos do dia se situa

em 6%. No Quadro 06 estão demonstrados os resultados das salas nos dois períodos do dia, com suas respectivas porcentagens de defasagem.

Quadro 06: Comparativo entre os dois períodos do dia.

COMPARATIVO DOS RESULTADOS - DIURNO E NOTURNO				
SALA	IT (lux)	IM - DIURNO (lux)	IM - NOTURNO (lux)	DEFASAGEM (%)
1	300	166	144	15,3
2	300	267	252	6
3	300	195	160	21,9
4	300	277	236	17,4
5	300	321	236	36,1
6	300	298	231	29,1
7	300	405	326	24,3
8	300	363	229	58,6
9	300	347	300	15,7
10	300	400	239	67,4
11	300	414	308	34,5
12	300	368	317	16,1

CAPÍTULO 5

5.1 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A luz solar foi o elemento que mais teve influência nos resultados finais da análise. No período diurno, como as salas têm janelas grandes ou aberturas para a entrada da luz externa, não há problema da falta de luz. Mas se a luz solar tivesse algum impedimento ou se nas janelas houvesse interferência de algum elemento, estas salas estariam mais propensas a uma iluminação insuficiente para as atividades realizadas nelas.

Com isso, sabe-se que os resultados do período do dia não são tão relevantes como os do período noturno, quando há apenas a incidência da luz artificial. E apesar de os resultados serem mais favoráveis durante o dia, ainda assim algumas salas foram analisadas e consideradas abaixo do recomendado pela NBR 5413(1992).

Já no período noturno, quando a luz artificial é fundamental, os índices de iluminação para algumas salas ficaram bastante abaixo de 300 lux, recomendados pela norma; apenas 4 salas tinham uma iluminação acima desses 300 lux, uma iluminação adequada para as atividades de ensino. O sistema de iluminação no restante das salas tem uma deficiência grande, prejudicando os usuários. Assim, é imprescindível uma revisão do sistema de iluminação.

Conclui-se que serão necessários investimentos para o melhoramento das condições de iluminação das salas de aula que têm o índice de iluminação abaixo do recomendado pela NBR 5413(1992), sendo que em algumas salas deverão ser feitas as substituições das luminárias, conseguindo assim uma iluminação mais eficiente no ambiente utilizado pelos alunos e professores. Uma manutenção e verificação periódica são ideais para que se mantenha o bom funcionamento das luminárias, preservando as condições de iluminação.

SUGESTÕES PARA TRABALHO FUTURO

Verificar a iluminação artificial das salas de aula após a correta manutenção e substituição das luminárias e lâmpadas para certificar-se se ocorre realmente a melhora da iluminação do ambiente.

Verificar a iluminação natural nas salas de aula e efetuar um estudo para otimizar o uso de iluminação auxiliar.

Instalar lâmpadas de alta eficiência, analisando o rendimento e realizar a viabilidade de troca das mesmas, observando custo e benefício.

REFERÊNCIAS

ABNT – NBR 5382 – **Verificação da iluminação de interiores**. Associação Brasileira de Normas Técnicas. Rio de Janeiro, 4 p. 1985.

ABNT – NBR 5413 – **Iluminância de interiores**. Rio de Janeiro, abril, 1992. 13 p. Reimpressão da NB-54 de maio de 1991.

COPEL. **Tipos de lâmpadas**. Disponível em: <<http://www.copel.com/hpcopel/root/nivel2.jsp?endereco=%2Fhpcopel%2Froot%2Fpagcopel2.nsf%2F5d546c6fdeabc9a1032571000064b22e%2F423c114f77e78e81032573f7004b2e92>> Acesso em: 12/05/2016 às 21:30.

CREDER, Hélio. **Instalações Elétricas**. Rio de Janeiro, 15 Ed. LTC - Livros técnicos e científicos Editora S.A., 2007. 423 p.

ELEKTRO. **Manuais Elektro de Eficiência Energética**. Uma publicação da Elektro, Eletricidades e Serviços S.A. Publicada em s/d. Pg 80.

FRANK, E. C. **Análise das condições de iluminância nas salas de aula da Faculdade Assis Gurgacz – FAG na cidade de Cascavel – PR estudo de caso**. Faculdade de Engenharia Civil. Faculdade Assis Gurgacz. Cascavel – PR.

IWASHITA, Juliana. **Luminotécnica Aplicada**. Revista o Setor Elétrico. Publicada em janeiro de 2008. Pg 36 a 39.

OSRAM. **Manual Luminotécnico Prático**. Disponível em: <<http://www.iar.unicamp.br/lab/luz/ld/Livros/ManualOsram.pdf>> Acesso em: 01/04/2016 às 8:17.

PADILLA, Julian Villelia. **Iluminação Industrial**. Revista Lumière Eletric. Publicada em maio de 2011. Pg. 102 a 108.

PEZATTI, Taís Vinturê. **Edição n10/2015**. Revista Especialize on-line. Publicada em dezembro de 2015. Pg. 01 a 08.

PROCEL, Eletrobrás. **Manual da Iluminação**. Procel EPP, agosto de 2011. 54 p.

SALLES, Karine. **Iluminação correta do ambiente de trabalho auxilia na saúde dos olhos**. Disponível em: <<http://www.boavontade.com/saude/iluminacao-correta-do-ambiente-de-trabalho-auxilia-na-saude-dos-olhos>> Acesso em: 29/03/2016 às 10:13.

SILVA, Mauri Luiz. **Luz, Lâmpadas & Iluminação**. Rio de Janeiro: Ciência Moderna, 2004. 157p.

APÊNDICE 01 - Dados coletados no período diurno.

DADOS COLETADOS - PERÍODO DIURNO - LUXÍMETRO (lux)							
r1	187	q1	120	t1	263	SALA	1
r2	156	q2	135	t2	155		
r3	123	q3	174	t3	160	p1	232
r4	144	q4	193	t4	111	p2	174
r5	167	Q	156	T	173	P	203
r6	171						
r7	165						
r8	164						
R	160						
VALOR NBR IT(lux)				300			
VALOR MEDIDO IM(lux)				166			

DADOS COLETADOS - PERÍODO DIURNO - LUXÍMETRO (lux)							
r1	224	q1	181	t1	370	SALA	2
r2	250	q2	186	t2	287		
r3	260	q3	317	t3	314	p1	214
r4	270	q4	316	t4	258	p2	271
r5	400	Q	250	T	308	P	243
r6	272						
r7	273						
r8	272						
R	278						
VALOR NBR IT(lux)				300			
VALOR MEDIDO IM(lux)				267			

DADOS COLETADOS - PERÍODO DIURNO - LUXÍMETRO (lux)							
r1	206	q1	164	t1	209	SALA	3
r2	202	q2	170	t2	177		
r3	178	q3	175	t3	250	p1	163
r4	183	q4	193	t4	225	p2	162
r5	284	Q	176	T	216	P	163
r6	213						
r7	230						
r8	232						
R	216						
VALOR NBR IT(lux)				300			
VALOR MEDIDO IM(lux)				195			

DADOS COLETADOS - PERÍODO DIURNO - LUXÍMETRO (lux)							
r1	408	q1	245	t1	293	SALA	4
r2	332	q2	281	t2	243		
r3	256	q3	251	t3	272	p1	253
r4	266	q4	232	t4	228	p2	232
r5	339	Q	253	T	259	P	243
r6	360						
r7	280						
r8	289						
R	317						
VALOR NBR IT(lux)				300			
VALOR MEDIDO IM(lux)				277			

DADOS COLETADOS - PERÍODO DIURNO - LUXÍMETRO (lux)							
r1	432	q1	397	t1	232	SALA	5
r2	418	q2	385	t2	232		
r3	328	q3	238	t3	366	p1	239
r4	310	q4	266	t4	281	p2	294
r5	343	Q	322	T	278	P	267
r6	363						
r7	321						
r8	279						
R	350						
VALOR NBR IT(lux)				300			
VALOR MEDIDO IM(lux)				321			

DADOS COLETADOS - PERÍODO DIURNO - LUXÍMETRO (lux)							
r1	395	q1	335	t1	272	SALA	6
r2	392	q2	338	t2	259		
r3	307	q3	281	t3	367	p1	177
r4	320	q4	295	t4	267	p2	193
r5	238	Q	313	T	292	P	185
r6	291						
r7	324						
r8	303						
R	322						
VALOR NBR IT(lux)				300			
VALOR MEDIDO IM(lux)				298			

DADOS COLETADOS - PERÍODO DIURNO - LUXÍMETRO (lux)							
r1	530	q1	436	t1	387	SALA	7
r2	469	q2	400	t2	377		
r3	401	q3	350	t3	315	p1	395
r4	429	q4	353	t4	333	p2	355
r5	471	Q	385	T	353	P	375
r6	463						
r7	448						
r8	399						
R	452						
VALOR NBR IT(lux)				300			
VALOR MEDIDO IM(lux)				405			

DADOS COLETADOS - PERÍODO DIURNO - LUXÍMETRO (lux)							
r1	360	q1	310	t1	423	SALA	8
r2	395	q2	353	t2	302		
r3	401	q3	416	t3	390	p1	270
r4	379	q4	404	t4	385	p2	407
r5	316	Q	371	T	375	P	339
r6	324						
r7	358						
r8	333						
R	359						
VALOR NBR IT(lux)				300			
VALOR MEDIDO IM(lux)				363			

DADOS COLETADOS - PERÍODO DIURNO - LUXÍMETRO (lux)							
r1	444	q1	284	t1	304	SALA	9
r2	385	q2	336	t2	341		
r3	334	q3	301	t3	408	p1	346
r4	357	q4	332	t4	336	p2	290
r5	451	Q	314	T	348	P	318
r6	383						
r7	378						
r8	368						
R	388						
VALOR NBR IT(lux)				300			
VALOR MEDIDO IM(lux)				347			

DADOS COLETADOS - PERÍODO DIURNO - LUXÍMETRO (lux)							
r1	374	q1	504	t1	240	SALA	10
r2	381	q2	467	t2	246		
r3	382	q3	420	t3	410	p1	423
r4	345	q4	422	t4	391	p2	208
r5	483	Q	454	T	322	P	316
r6	442						
r7	386						
r8	393						
R	399						
VALOR NBR IT(lux)				300			
VALOR MEDIDO IM(lux)				400			

DADOS COLETADOS - PERÍODO DIURNO - LUXÍMETRO (lux)							
r1	584	q1	375	t1	426	SALA	11
r2	405	q2	323	t2	436		
r3	420	q3	335	t3	471	p1	321
r4	396	q4	294	t4	399	p2	388
r5	610	Q	332	T	433	P	355
r6	675						
r7	486						
r8	482						
R	508						
VALOR NBR IT(lux)				300			
VALOR MEDIDO IM(lux)				414			

DADOS COLETADOS - PERÍODO DIURNO - LUXÍMETRO (lux)							
r1	501	q1	313	t1	434	SALA	12
r2	430	q2	325	t2	396		
r3	419	q3	292	t3	476	p1	304
r4	385	q4	282	t4	400	p2	266
r5	482	Q	303	T	427	P	285
r6	435						
r7	444						
r8	415						
R	439						
VALOR NBR IT(lux)				300			
VALOR MEDIDO IM(lux)				368			

APÊNDICE 02 - Dados coletados no período noturno.

DADOS COLETADOS - PERÍODO NOTURNO - LUXÍMETRO (lux)							
r1	175	q1	93	t1	224	SALA	1
r2	142	q2	121	t2	135		
r3	115	q3	164	t3	114	p1	204
r4	131	q4	143	t4	100	p2	133
r5	154	Q	131	T	144	P	169
r6	158						
r7	150						
r8	155						
R	148						
VALOR NBR IT(lux)				300			
VALOR MEDIDO IM(lux)				144			
DADOS COLETADOS - PERÍODO NOTURNO - LUXÍMETRO (lux)							
r1	206	q1	172	t1	339	SALA	2
r2	245	q2	179	t2	267		
r3	250	q3	287	t3	307	p1	214
r4	266	q4	295	t4	257	p2	238
r5	373	Q	234	T	293	P	226
r6	253						
r7	254						
r8	262						
R	264						
VALOR NBR IT(lux)				300			
VALOR MEDIDO IM(lux)				252			

DADOS COLETADOS - PERÍODO NOTURNO - LUXÍMETRO (lux)							
r1	173	q1	144	t1	174	SALA	3
r2	172	q2	142	t2	151		
r3	163	q3	150	t3	181	p1	140
r4	152	q4	141	t4	186	p2	123
r5	263	Q	145	T	173	P	132
r6	201						
r7	149						
r8	161						
R	180						
VALOR NBR IT(lux)				300			
VALOR MEDIDO IM(lux)				160			
DADOS COLETADOS - PERÍODO NOTURNO - LUXÍMETRO (lux)							
r1	322	q1	238	t1	263	SALA	4
r2	283	q2	232	t2	219		
r3	228	q3	201	t3	246	p1	207
r4	234	q4	206	t4	203	p2	195
r5	275	Q	220	T	233	P	201
r6	286						
r7	238						
r8	233						
R	263						
VALOR NBR IT(lux)				300			
VALOR MEDIDO IM(lux)				236			

DADOS COLETADOS - PERÍODO NOTURNO - LUXÍMETRO (lux)							
r1	321	q1	296	t1	180	SALA	5
r2	306	q2	287	t2	179		
r3	214	q3	145	t3	311	p1	187
r4	228	q4	164	t4	194	p2	286
r5	260	Q	223	T	216	P	237
r6	270						
r7	229						
r8	206						
R	255						
VALOR NBR IT(lux)				300			
VALOR MEDIDO IM(lux)				236			
DADOS COLETADOS - PERÍODO NOTURNO - LUXÍMETRO (lux)							
r1	326	q1	270	t1	333	SALA	6
r2	319	q2	272	t2	232		
r3	237	q3	177	t3	292	p1	140
r4	292	q4	167	t4	214	p2	121
r5	180	Q	222	T	268	P	131
r6	235						
r7	250						
r8	242						
R	261						
VALOR NBR IT(lux)				300			
VALOR MEDIDO IM(lux)				231			

DADOS COLETADOS - PERÍODO NOTURNO - LUXÍMETRO (lux)							
r1	425	q1	328	t1	233	SALA	7
r2	370	q2	314	t2	274		
r3	328	q3	291	t3	323	p1	298
r4	349	q4	295	t4	308	p2	282
r5	386	Q	307	T	285	P	290
r6	375						
r7	373						
r8	349						
R	370						
VALOR NBR IT(lux)				300			
VALOR MEDIDO IM(lux)				326			
DADOS COLETADOS - PERÍODO NOTURNO - LUXÍMETRO (lux)							
r1	221	q1	190	t1	289	SALA	8
r2	252	q2	220	t2	218		
r3	278	q3	223	t3	277	p1	147
r4	248	q4	248	t4	272	p2	278
r5	192	Q	221	T	264	P	213
r6	195						
r7	232						
r8	211						
R	229						
VALOR NBR IT(lux)				300			
VALOR MEDIDO IM(lux)				229			

DADOS COLETADOS - PERÍODO NOTURNO - LUXÍMETRO (lux)							
r1	380	q1	254	t1	261	SALA	9
r2	306	q2	230	t2	281		
r3	272	q3	301	t3	341	p1	345
r4	300	q4	270	t4	330	p2	252
r5	450	Q	264	T	304	P	299
r6	332						
r7	326						
r8	314						
R	335						
VALOR NBR IT(lux)				300			
VALOR MEDIDO IM(lux)				300			
DADOS COLETADOS - PERÍODO NOTURNO - LUXÍMETRO (lux)							
r1	290	q1	209	t1	236	SALA	10
r2	278	q2	202	t2	202		
r3	260	q3	228	t3	209	p1	218
r4	245	q4	240	t4	212	p2	208
r5	326	Q	220	T	215	P	213
r6	277						
r7	255						
r8	248						
R	273						
VALOR NBR IT(lux)				300			
VALOR MEDIDO IM(lux)				239			

DADOS COLETADOS - PERÍODO NOTURNO - LUXÍMETRO (lux)							
r1	351	q1	260	t1	420	SALA	11
r2	299	q2	237	t2	358		
r3	278	q3	284	t3	393	p1	279
r4	319	q4	241	t4	360	p2	282
r5	435	Q	256	T	383	P	281
r6	344						
r7	372						
r8	352						
R	344						
VALOR NBR IT(lux)				300			
VALOR MEDIDO IM(lux)				308			
DADOS COLETADOS - PERÍODO NOTURNO - LUXÍMETRO (lux)							
r1	414	q1	252	t1	395	SALA	12
r2	307	q2	221	t2	368		
r3	360	q3	292	t3	371	p1	304
r4	326	q4	244	t4	404	p2	221
r5	445	Q	253	T	385	P	263
r6	376						
r7	398						
r8	378						
R	376						
VALOR NBR IT(lux)				300			
VALOR MEDIDO IM(lux)				317			