

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE CONSTRUÇÃO CIVIL
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL

JÉSSICA OLIVEIRA GLERIAN

**ESTUDO DE CASO: ANÁLISE DA ILUMINAÇÃO DE UM
MÓDULO DA SALA DE DESENHO DA UNIVERSIDADE
TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ – CAMPUS CAMPO
MOURÃO**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

CAMPO MOURÃO

2016

JÉSSICA OLIVEIRA GLERIAN

**ESTUDO DE CASO: ANÁLISE DA ILUMINAÇÃO DE UM MÓDULO
DA SALA DE DESENHO DA UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA
FEDERAL DO PARANÁ – CAMPUS CAMPO MOURÃO**

Trabalho de Conclusão de Curso de graduação, apresentado à disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso 2, do curso superior de Engenharia Civil do Departamento de Construção Civil - da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil.

Orientador: Prof. Me. Roberto Widerski

Coorientador: Prof. Esp. Evandro Volpato

CAMPO MOURÃO

2016



Ministério da Educação
Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Câmpus Campo Mourão
Diretoria de Graduação e Educação Profissional
Departamento Acadêmico de Construção Civil
Coordenação de Engenharia Civil



TERMO DE APROVAÇÃO

Trabalho de Conclusão de Curso

ESTUDO DE CASO: ANÁLISE DA ILUMINAÇÃO DE UM MÓDULO DA SALA DE DESENHO DA UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ – CAMPUS CAMPO MOURÃO

por

Jéssica Oliveira Glerian

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi apresentado às 20h15min do dia 14 de junho de 2016 como requisito parcial para a obtenção do título de ENGENHEIRO CIVIL, pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho aprovado.

Prof. Esp. Evandro Volpato

(UTFPR)

Coorientador

Prof. Me. Luiz Becher

(UTFPR)

Prof^a. Dra. Vera Lúcia Barradas Moreira

(UTFPR)

Prof. Me. Roberto Widerski

(UTFPR)

Orientador

Responsável pelo TCC: **Prof. Me. Valdomiro Lubachevski Kurta**

Coordenador do Curso de Engenharia Civil:

Prof. Dr. Marcelo Guelbert

A Folha de Aprovação assinada encontra-se na Coordenação do Curso.

AGRADECIMENTOS

Nenhuma batalha é vencida sozinha. No decorrer desta luta muitas pessoas estiveram ao meu lado e percorreram este caminho como verdadeiros soldados, estimulando que eu buscasse minha vitória e conquistasse meu sonho.

Agradeço primeiramente a Deus, por me acompanhar, me ouvir e me guiar em toda essa jornada, que permitiu que tudo isso acontecesse. Por ter me dado forças para vencer cada dificuldade encontrada, a distância de casa e a falta da família e amigos.

Aos meus pais, Antônio José e Neide, que apesar de todas as dificuldades me ajudaram e acreditaram em cada passo que escolhi dar. Por me darem todo apoio necessário, por nunca me deixar sozinha mesmo tão longe de casa, por todas as vezes que me animaram e me lembraram do nosso sonho, agradeço imensamente por me permitirem viver e vencer esse sonho.

Ao meu orientador e coorientador, Prof^o. Me. Roberto Widerski e Prof^o. Esp. Evandro Volpato, pelo suporte no pouco tempo que lhes coube, pelas suas correções, incentivos e ensinamentos.

A minha irmã Geovana e a toda minha família, em especial meus tios Paulo, Jane e Lúcia, por estarem sempre presentes na minha vida, me incentivando e me apoiando em toda essa trajetória. Agradeço por todo cuidado, preocupação, ajuda e contribuição valiosa.

Agradeço a todos os professores por me proporcionarem os valiosos conhecimentos, por tanto que se dedicaram a mim, não somente por terem me ensinado, mas por terem me feito aprender. Terão sempre os meus eternos agradecimentos.

Agradeço aos meus amigos e aos colegas que estiveram comigo durante todos esses anos em Campo Mourão, que considero como minha segunda família, por me apoiarem e participarem de momentos bons e ruins durante parte da minha formação e que vão continuar presentes em minha vida.

Por fim, a todos que direta ou indiretamente fizeram parte da minha formação, o meu muito obrigada! Espero um dia recompensar cada um de vocês.

RESUMO

GLERIAN, J. O. **Estudo de caso: análise de um modulo da sala de aula de desenho da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – Campus Campo Mourão.** 2016. 51 páginas. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Campo Mourão, 2016.

Com o crescimento exponencial populacional e o consumo cada vez maior de energia, aumenta a preocupação de que se haverá fontes energéticas às futuras gerações. Nesse âmbito procura-se fazer com que o consumo desta seja cada vez mais consciente. Um dos grandes sistemas de consumo da energia elétrica é a iluminação. Esse consumo se torna alto uma vez que dificilmente se tem um projeto adequado e o desperdício dessa fonte é muito elevado. Em escolas existem vários estudos que comprovam que a iluminação está ligada ao aprendizado dos alunos e, mesmo com este importante ponto, os projetos, quando existem, são ineficientes. Nesse contexto, este trabalho tem como objetivo avaliar a situação de projeto de iluminação natural e artificial em uma sala de desenho da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, campus Campo Mourão. Este tipo de sala exige uma iluminância ainda maior que as outras. A medição foi realizada em um módulo da sala de aula, em diferentes situações e horários com um luxímetro. As medições e avaliações dos resultados foram obtidas conforme a NBR 15215-4 (ABNT, 2004) recomenda.

Palavras-chave: Iluminância. Iluminação artificial. Iluminação natural.

ABSTRACT

GLERIAN, J. O. **Case study: analysis of lighting a drawing room module of the Federal Technological University of Paraná – Campus Campo Mourão.** 2016. 51 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Campo Mourão, 2016.

With the population exponential growth and increasing energy consumption, increases the concern that there will be energy sources for future generations. In this context looking to make the consumption of this is increasingly aware. One of the great electric power consumption systems is the lighting. This consumption becomes high since it is difficult to have a proper design and waste from this source is very high. In schools there are several studies that show that the lighting is linked to student learning, and even with this important point, the projects, if any, are inefficient. In this context, this study aims to assess the situation of natural and artificial lighting design in a drawing room the Federal Technological University of Paraná, campus Campo Mourao. This type of room requires a greater luminance than the other. The measurement was performed in a classroom module in different situations and times with a light meter. The measurement and evaluation of results were obtained according to NBR 15215-4 (ABNT, 2004) recommends.

Keywords: Illuminance. Artificial lighting. Natural lighting.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Espectro eletromagnético e visível	15
Figura 2 – Zona de ofuscamento direto do olho humano	19
Figura 3 – Ângulos que provocam ofuscamento indireto nos olhos do leitor	20
Figura 4 –Luminárias refletoras	24
Figura 5 – Luminária difusora	25
Figura 6 –Diferença da luminância nos três tipos de céu	27
Figura 7 –Proteção horizontal utilizando pérgola	28
Figura 8 –Proteção horizontal utilizando prateleira de luz	28
Figura 9 –Proteção vertical utilizando brise	29
Figura 10 –Proteção mista utilizando cobogó	30
Figura 11 – Malha de pontos.....	33
Figura 12 – Localização de Campo Mourão no Paraná	34
Figura 13 – Localização da Universidade Tecnológica Federal do Paraná	35

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Cores vicíveis pelo olho humano segundo comprimento de onda.....	15
Tabela 2 – Nível de iluminância recomendado para escolas pela ABNT.....	17
Tabela 3 – Nível de índice de reprodução de cor.....	21
Tabela 4 – Quantidade mínima de pontos a serem medidos.....	32
Tabela 5 – Iluminância com cortina aberta e luz natural às 8h.....	39
Tabela 6 – Iluminância com cortina aberta e luz artificial às 8h.....	40
Tabela 7 – Iluminância com cortina fechada e luz artificial às 8h.....	40
Tabela 8 – Iluminância com cortina aberta e luz natural às 10h.....	40
Tabela 9 – Iluminância com cortina aberta e luz artificial às 10h.....	41
Tabela 10 – Iluminância com cortina fechada e luz artificial às 10h.....	41
Tabela 11 – Iluminância com cortina aberta e luz natural às 12h.....	42
Tabela 12 – Iluminância com cortina aberta e luz artificial às 12h.....	42
Tabela 13 – Iluminância com cortina fechada e luz artificial às 12h.....	42
Tabela 14 – Iluminância com cortina aberta e luz natural às 16h.....	43
Tabela 15 – Iluminância com cortina aberta e luz artificial às 16h.....	43
Tabela 16 – Iluminância com cortina fechada e luz artificial às 16h.....	44
Tabela 17 – Média de iluminância às 8h.....	44
Tabela 18 – Média de iluminância às 10h.....	44
Tabela 19 – Média de iluminância às 12h.....	45
Tabela 20 – Média de iluminância às 16h.....	45

LISTA DE FOTOGRAFIAS

Fotografia 1 – Módulo de sala de desenho	36
Fotografia 2 – Aberturas laterais, proteção horizontal interna e vertical externa	37

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	11
2 OBJETIVOS	12
2.1 OBJETIVO GERAL	12
2.2 OBJETIVO ESPECÍFICO	12
3 JUSTIFICATIVA	13
4 REFERENCIAL TEÓRICO	14
4.1 PRINCÍPIOS GERAIS DA LUZ	14
4.1.1 Espectro Eletromagnético	14
4.1.2 Espectro Visível	14
4.2 LUMINOTÉCNICA: DEFINIÇÕES BÁSICAS	16
4.2.1 Fluxo Luminoso	16
4.2.2 Intensidade Luminosa	16
4.2.3 Eficiência Luminosa	16
4.2.4 Iluminância ou Iluminamento	17
4.2.5 Contraste	18
4.2.6 Ofuscamento	18
4.2.7 Temperatura de Cor	20
4.2.8 Índice de Reprodução de Cor (IRC ou R_A)	21
4.3 LUZ ARTIFICIAL	21
4.3.1 Sistemas de Iluminação Artificial	22
4.3.1.1 Lâmpadas de Descarga Elétrica	23
4.3.1.1.1 Lâmpadas Fluorescentes	23
4.3.1.2 Luminárias	23
4.3.1.2.1 Refletores	24
4.3.1.2.2 Difusores e Colmeias	25
4.3.1.3 Sistema por Controle Fotoelétrico	26
4.4. LUZ NATURAL	26
4.4.1 Tipos de Céu	26
4.4.2 Aberturas Laterais	27
4.4.3 Elementos de Controle e Direcionamento da Luz Natural	27
4.4.3.1 Proteções Horizontais	28
4.4.3.2 Proteções Verticais	29
4.4.3.3 Proteções Mistas	29
4.5 CONFORTO VISUAL	30
4.6 CONFORTO VISUAL EM EDIFICAÇÕES ESCOLARES	31
4.7 PROJETO DE ILUMINAÇÃO	32
5 MÉTODOS	34
5.1 CARACTERIZAÇÃO DO LOCAL	34
5.2 ANÁLISE DO PROJETO E MEDIÇÕES DE ILUMINÂNCIA	35
6 RESULTADOS E DISCUSSÕES	39
6.1 VALORES DAS ILUMINÂNCIAS E DISCUSSÕES	39
7 CONCLUSÕES	46
8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	47

1 INTRODUÇÃO

Há alguns anos a sustentabilidade tem sido um fator importante e de crescimento constante na sociedade visto que há a necessidade de conservação do meio para as gerações futuras.

Com o crescimento exponencial da população e da tecnologia, o consumo energético tem aumentado, e assim, faz-se às vezes insuficiente as fontes de energia existentes. Nesse contexto a preocupação em se usar essas fontes de maneira sustentável só aumenta.

Um dos segmentos com grande uso de energia elétrica é a iluminação, esse, além de consumir grande parte da energia, ainda é um dos principais meios de desperdício de energia. Em setores comerciais e públicos os números são ainda maiores.

Dois importantes itens para um bom desempenho luminoso são o correto dimensionamento da luz artificial e o aproveitamento da luz natural nos ambientes. Os projetistas devem saber aproveitar e associar da melhor maneira possível esses dois pontos, uma vez que, combinados de forma correta, trazem economia e conforto para o usuário.

O conforto do usuário é para os projetos, já que, o uso final das edificações será feito por esses. Deve-se ter a iluminação suficiente segundo as normas impostas pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) para diferentes tipos de ambiente, respeitando a idade e a atividade que será desenvolvida pelo usuário. Esses devem ser capazes de realizar suas atividades com precisão visual, sem esforço e com menor risco à visão e a acidentes, segundo Lamberts; Dutra e Pereira (2014, p. 57).

Nesse contexto, será analisada uma sala de desenho da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, campus Campo Mourão. Nesse ambiente normalmente há um grande desperdício de energia elétrica com a iluminação e o conforto visual dos usuários é de grande importância uma vez que as tarefas visuais desenvolvidas ali estão relacionadas ao aprendizado seja pela leitura, escrita ou desenho.

Portanto, pretende-se com esse trabalho avaliar os dois quesitos, economia energética e conforto visual. Caso os resultados obtidos estejam fora dos parâmetros estabelecidos pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), será proposto readequações para o projeto da sala.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

O objetivo principal do presente trabalho é avaliar a atual iluminação de um módulo de sala de desenho em um bloco padrão, localizada na Universidade Tecnológica Federal do Paraná, campus Campo Mourão, e propor, uma adequação da iluminação focando o resultado no melhor aproveitamento energético do módulo e bem-estar dos usuários.

2.2 OBJETIVO ESPECÍFICO

- Compreender a teoria necessária de iluminação artificial e natural, dispositivos para iluminação e de conforto lumínico aos usuários;
- Apresentar os projetos arquitetônicos das salas de aula e definir os parâmetros para estudo focando nos aspectos que diz respeito à iluminação natural e artificial;
- Analisar a eficiência dos elementos de controle de luz natural e artificial da edificação;
- Realizar a medição da iluminância do ambiente conforme a NBR 15215-4 (ABNT, 2004);
- Analisar os resultados obtidos nas medições comparando com as exigências normativas;
- Se necessário, propor possíveis alterações nas instalações elétricas e nos elementos de controle de iluminação, tornando-os compatíveis com as recomendações das normas técnicas.

3 JUSTIFICATIVA

Desde a crise energética enfrentada pelo Brasil em 2001, a preocupação com as questões ambientais, principalmente com o consumo energético, aumentaram significadamente.

Segundo Kozloff et al. (2000, p. 30), cerca de 17% da eletricidade consumida no Brasil é utilizada para iluminação e ainda, estima-se que 41% da energia consumida em Setores Comercial e Público seja destinada à iluminação.

A necessidade de planejamento de edificações com melhor eficiência é cada dia maior, até mesmo a readaptação de antigos projetos. Serrador (2008, p. 56) diz que a readaptação de antigos projetos, como adoção de lâmpadas mais eficientes e automatização de iluminação artificial em função da luz natural do ambiente, pode trazer uma economia de energia na ordem de 60%.

Neste contexto, mesmo que devagar, os campos da arquitetura bioclimática e sustentabilidade ganham mais espaço no mercado de projetos de edificações. Trabalhando na melhoria da eficiência energética e conforto ambiental, as empresas e projetistas trazem aos seus clientes e usuários ambientes que satisfaçam suas necessidades físicas e psicológicas.

Em escolas, o planejamento da iluminação quase nunca é visto como uma prioridade de projeto, onde deveria ser. Jago e Tanner (1999) apontam vários estudos realizados de 1939 a 1997 sobre a quantidade de luz adequada para o aprendizado dos alunos que convergem para o mesmo resultado: o desempenho e a concentração destes aumentam com a boa iluminação.

Diante de todos estes fatos fica claro que o planejamento adequado da iluminação deve ser um importante fator no projeto; em salas de aula, onde o enfoque é o aprendizado dos alunos, ainda mais. Pretende-se, com este trabalho, apontar as melhorias que podem ser adotadas nas salas de aula da Universidade para o melhor rendimento e conforto dos usuários.

4 REFERENCIAL TEÓRICO

4.1 PRINCÍPIOS GERAIS DA LUZ

4.1.1 Espectro Eletromagnético

Segundo Cotrim (2008, p.439) “radiação é a emissão ou transporte de energia sob a forma de ondas eletromagnéticas (ou de partículas) que atravessam o vácuo”.

Para Moreira (1999, p. 1) o espectro eletromagnético é composto por um conjunto de radiações, cuja velocidade de propagação é constante, mas que se diferenciam entre si pela sua frequência e comprimento de onda.

4.1.2 Espectro Visível

Segundo o Conselho Brasileiro de Oftalmologia (CBO) inspirado no olho humano o homem criou a máquina fotográfica, sendo composto basicamente por uma lente, o filme fotográfico e o diafragma da máquina. A córnea é assimilada com a lente por permitir a entrada de luz nos olhos e a formação da imagem na retina; a retina é o filme fotográfico, onde as imagens se reproduzem e a pupila, o diafragma da máquina, já que esta controla a entrada da quantidade de luz no olho. Após a imagem atingir a retina, ela gera sinais elétricos que são transmitidos pelo nervo óptico para o cérebro.

A retina do olho humano é sensível apenas a algumas radiações com comprimento de onda entre 380 - 400 e 760 - 780 nanômetros, conforme a figura 1, ou seja, radiações com este comprimento de onda especificado são visíveis ao olho humano de uma pessoa normal.

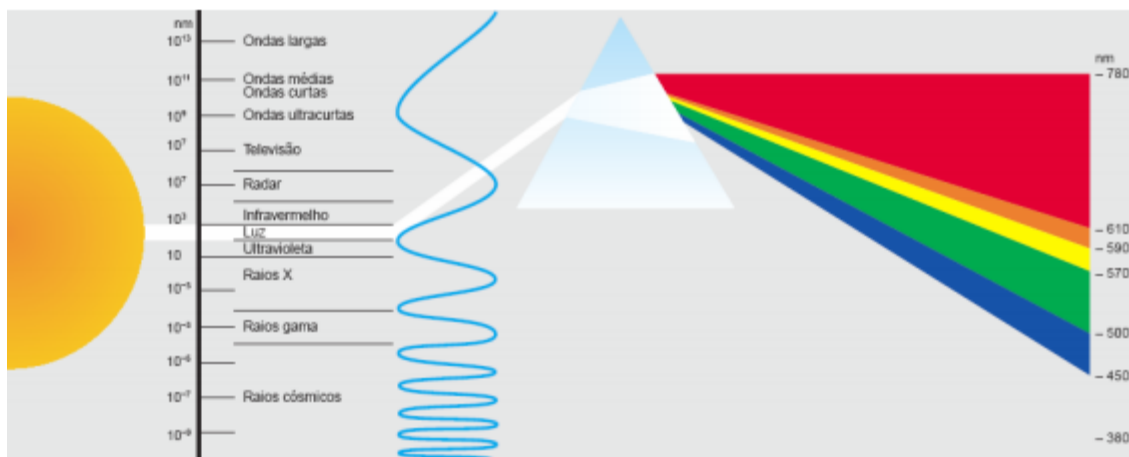


Figura 1: Espectro eletromagnético e visível.

Fonte: Grandezas Luminotécnicas e Elétricas (2012)

Moreira (1999, p. 3) observa que a radiação visível, além da impressão luminosa, da também a impressão da cor; a cor está ligada aos comprimentos de onda, sendo o olho capaz de responder diferentemente a cada uma delas.

Cotrim (2008, p.439) apresenta a divisão do espectro visível em faixas que segundo seu comprimento de onda causa uma impressão de cor ao olho humano, segundo a Tabela 1 apresentada abaixo:

Tabela 1: Cores visíveis pelo olho humano segundo comprimento de onda.

Comprimento de Onda (nm)	Cor visível pelo olho humano
380 a 436	Violeta
436 a 495	Azul
495 a 566	Verde
566 a 589	Amarelo
589 a 627	Laranja
627 a 780	Vermelho

Fonte: Cotrim (2008, p. 439)

4.2 LUMINOTÉCNICA: DEFINIÇÕES BÁSICAS

4.2.1 Fluxo Luminoso

Segundo Moreira (1999, p.17), fluxo luminoso (ϕ) é a radiação total emitida por uma fonte luminosa ou fonte de luz que pode produzir uma sensação visual no ser humano através do estímulo da retina, ou seja, está na faixa no espectro visual do olho humano.

Unidade: lumens (lm).

4.2.2 Intensidade Luminosa

A intensidade luminosa (I) expressa, segundo Cruz e Aniceto (2012, p. 240), “o comportamento da lâmpada em relação à forma como a energia irradiada se distribui em todas as direções”. Cruz e Aniceto (2012, p. 240) ainda exemplifica o conceito: tendo duas lâmpadas com a mesma potência, essas podem irradiar energias diferentes em uma mesma direção.

É calculada, segundo Moreira (1999, p. 11) fazendo o limite da relação entre o fluxo luminoso em um ângulo sólido em uma dada direção e o valor desse ângulo quando ele tende a zero.

Unidade: candela (cd).

4.2.3 Eficiência Luminosa

A eficiência luminosa (η) é a razão entre o fluxo luminoso de uma fonte luminosa e a potência elétrica por ela absorvida no processo. Ou seja, é possível se obter mais luz com menos gasto de energia.

Unidade: lúmen/watt (lm/w).

4.2.4 Iluminância ou Iluminamento

Segundo a NBR 5413 (ABNT, 1992, p. 1) iluminância (E) é o “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”.

Segundo Rodrigues (2002, p.6) o melhor conceito para a iluminância é a densidade de luz necessária para se realizar determinada tarefa visual.

Cruz e Aniceto (2012, p. 241) ressaltam a importância da iluminância, também conhecida por densidade de fluxo luminoso, já que ela mostra o nível de iluminamento relativo a cada m² de área. Diz ainda que esse conceito seja uma das especificações usadas na escolha das luminárias e lâmpadas de um projeto.

A NBR 5413, já citada anteriormente, traz os valores recomendados pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) para que usuários de diferentes idades e que executam diferentes tipos de trabalho tenham um índice iluminância suficiente para que trabalhem com conforto e segurança. A tabela a seguir expõe alguns valores recomendados para ambientes escolares segundo essa norma:

Tabela 2 – Nível de iluminância recomendado para escolas pela ABNT.

Ambiente	Iluminância Mínima	Iluminância Média	Iluminância Máxima
Salas de aulas	200	300	500
Quadros negros	300	500	750
Salas de trabalhos manuais	200	300	500
Sala de desenho	300	500	750

Fonte: NBR-5413 (ABNT, 1992, p. 4)

Além de poder calcular matematicamente a iluminância de um local é possível fazer a medição com um equipamento específico: o luxímetro. O luxímetro é um fotômetro, aparelho utilizado para medições de nível de iluminação, que possui uma fotocélula capaz de medir a radiação incidente no local.

Como o fluxo luminoso em um ambiente não é uniforme, a iluminância desse não será a mesma em diferentes pontos, logo, trabalha-se com a iluminância média para caracterizar a iluminação da área.

Unidade: lúmen/metro quadrado (lm/m^2) ou lux (lx).

4.2.5 Contraste

Para Lamberts; Dutra e Pereira (2014, p. 58) contraste é a relação entre a luminância de um objeto e a luminância de todo entorno desse objeto.

O contraste é uma importante ferramenta para o estudo da iluminância dos ambientes. Em ambientes que necessitam de um valor de iluminância maior, onde o trabalho é mais preciso, os valores de contraste devem ser baixos para não haver distração dos usuários, já onde os valores de iluminância são baixos e existe pouca precisão ou velocidade nos trabalhos, o contraste deve ser alto.

4.2.6 Ofuscamento

O ofuscamento, segundo a NBR 5461 (ABNT 1991, p. 13) é uma “condição de visão na qual há um desconforto ou redução da capacidade de distinguir detalhes ou objetos”, esse desconforto pode estar ligado à má distribuição de iluminância ou ao excesso de contraste.

O ofuscamento pode ser de dois tipos dependendo como atinge o olho do usuário: direto ou indireto. O direto, segundo Lamberts; Dutra e Pereira (2014, p. 59), é causado quando uma fonte de luz está mais próxima do centro de visão do usuário, o fluxo luminoso

atinge o olho do usuário com um ângulo de até 45° abaixo da linha horizontal do teto, conforme a figura.

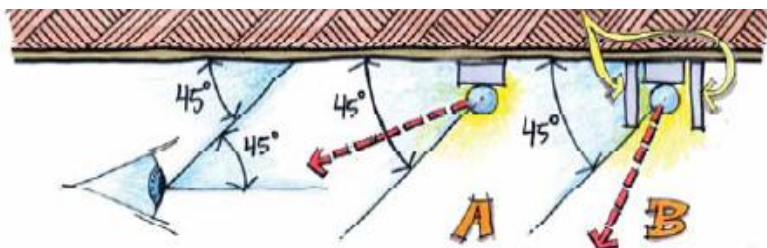


Figura 2: Zona de ofuscamento direto do olho humano.

Fonte: Lamberts; Dutra e Pereira (2014, p. 61)

O ponto “A” causa ofuscamento, pois a luz emitida está dentro da zona dos 45° abaixo da linha horizontal do teto. Já em “B”, a luz incide fora dessa zona, logo não causa ofuscamento direto. Pode-se observar pela figura que o problema do ofuscamento direto é evitado com uma luminária especial que difunda o fluxo luminoso.

Já o ofuscamento indireto é causado pela reflexão da luz em superfícies polidas. Esse caso é facilmente resolvido quando se tem superfícies foscas. Lamberts; Dutra e Pereira (2014, p. 61) atentam para o fato de o plano visual de leitura e escrita estarem em uma zona definida entre 25° e 40° medidos a partir de uma linha vertical que passa pelos olhos do usuário, conforme a figura abaixo:



Figura 3: Ângulos que provocam ofuscamento indireto nos olhos do leitor.

Fonte: Adaptado de Lamberts; Dutra e Pereira (2014, p. 61)

Se o usuário tem acesso a um material relativamente reflexivo, o ofuscamento indireto também pode ocorrer nessa situação.

4.2.7 Temperatura de Cor

A temperatura de cor é uma grandeza que, segundo Moreira (1999, p. 21), expressa a aparência de cor de uma luz.

Ainda segundo Moreira (1999, p. 22) as temperaturas de cor próximas a 3000 K correspondem a “luz quente” e são mais amareladas, já as temperaturas próximas a 6000 K são denominadas “luz fria” e se aparentam com branco violeta.

Cruz e Aniceto (2012, p. 242) classificam a temperatura de cor em três grupos: quente, neutra e fria. As cores quentes utilizadas em ambientes mais íntimos e informais, como bares e restaurante, as neutras utilizadas em recintos residenciais e comerciais e as frias em ambientes de trabalho e onde as atividades realizadas necessitam maior precisão.

4.2.8 Índice de Reprodução de Cor (IRC ou R_A)

É à medida que relaciona a cor real de um dado objeto e sua aparência diante de uma fonte luminosa, ou seja, “é uma forma de mensurar a percepção da cor pelo cérebro humano. Na prática, faz-se a comparação entre a fonte de luz avaliada com outra de referencia que reproduza 100% um grupo de oito cores padrão” (CRUZ, ANICETO, 2012, p. 241). O índice de reprodução de cor varia de 0 a 100, e, conforme a tabela abaixo, quanto maior o índice, maior a aproximação de como a luz artificial permite que o olho humano veja.

Tabela 3: Níveis de índice de reprodução de cor.

	Classificação/Nível	Reprodução	Aplicações
Nível 1	$90 < R_A < 100$	Excelente	Testes de cor, floriculturas, lojas, shoppings, residências
	$80 < R_A < 90$	Muito Boa	
Nível 2	$70 < R_A < 80$	Boa	Escritórios, ginásios, fábricas, oficinas
	$60 < R_A < 70$	Razoável	
Nível 3	$40 < R_A < 60$	Regular	Depósitos, postos de gasolina, pátios
Nível 4	$20 < R_A < 40$	Insuficiente	Ruas, canteiros de obra, estacionamentos

Fonte: Adaptado de Moreira (1999, p. 22).

4.3 LUZ ARTIFICIAL

Segundo a história, o primeiro contato do homem com o fogo foi presenciando em árvores atingidas por raios ou em atividades vulcânicas. Com a necessidade de se realizar mais atividades após o pôr do sol, se proteger do frio e se proteger de animais selvagens, por volta de 2000 anos A.C., o homem aprendeu a produzir faíscas e o fogo passou a fazer parte do dia-a-dia desses. Com o passar do tempo, várias maneiras para utilização e transporte do fogo foram aperfeiçoadas, como fazer fogueiras e tochas, e mais tarde um tipo de velas e lamparinas.

Segundo Cavalin e Cervelin (1998, p. 51) as primeiras pesquisas realizadas sobre fontes de luz de origem elétrica datam do ano 1854 feitas por Heinrich Goebel. Após 25 anos,

em outubro de 1879, o norte americano Thomas Alva Edison conseguiu produzir iluminação durável com a incandescência dos filamentos, obteve assim o registro do seu invento e esse foi o primeiro modelo apto a produção em escala industrial.

Todos os experimentos iniciais foram feitos com o filamento constituído de carvão envolvido de um bulbo de vidro. Com o passar dos anos, vários melhoramentos foram realizados a fim de aumentar a durabilidade e o rendimento luminoso das lâmpadas, como a mudança do material do filamento por um com maior ponto de fusão e pela introdução de gases dentro do bulbo que possibilitam maior vida útil das lâmpadas.

Conforme apresenta Cavalin e Cervelin (1998, p. 52), Geissler, em 1850 construiu a lâmpada de descargas elétricas, a partir da descoberta de Picard e Bernoulli que a agitação do mercúrio produzia luminosidade.

Cruz e Aniceto (2012, p. 238) abordam um resumo sobre o desenvolvimento das lâmpadas por volta dos anos de 1900. Muitos pesquisadores contribuíram para a descoberta e produção das lâmpadas em escala industrial. Nessa época lâmpadas a vapor de mercúrio, lâmpadas usando gases nobres como argônio, xenônio, criptônio, neón, hélio e vapor de sódio e as lâmpadas fluorescentes foram criadas.

4.3.1 Sistemas de Iluminação Artificial

Para Pereira e Mueller (2007) “um bom projeto de iluminação considera a luz artificial como um sistema complementar à luz natural”. Em edificações apenas a luz natural nem sempre é suficiente para iluminar de maneira eficiente os ambientes, para isso é necessário à complementação com a iluminação artificial.

Porém, Rodrigues (2002, p. 10) salienta que a iluminação artificial não é tão simples de ser empregada, pois vale lembrar que a iluminação é para os usuários e não para a edificação, portanto, alguns importantes aspectos devem ser levados em conta como a quantidade de luz, uniformidade de iluminação e o ofuscamento.

Ainda, segundo o PROCEL (2002, p. 10), a eficiência dos sistemas de iluminação artificial está associada às características técnicas, a eficiência e ao rendimento de elementos como lâmpadas, luminárias, cores das superfícies internas e mobiliários.

4.3.1.1 Lâmpadas de Descarga Elétrica

Segundo Moreira (1999, p. 67) “nas lâmpadas de descarga elétrica o fluxo luminoso é gerado direta ou indiretamente pela passagem da corrente elétrica através de um gás, mistura de gases ou vapores”. Os gases mais utilizados em seu meio interno são o argônio, neônio, hélio ou criptônio e como aditivos os vapores de mercúrio e sódio.

Esses gases ou vapores que estão contidos no bulbo podem ter diferentes pressões, dessas diferentes pressões surgem às diferenciações das lâmpadas de descarga elétrica em baixa, média ou alta pressão.

Possui dois tipos de funcionamento para esse tipo de lâmpada: as com revestimento fluorescente e as sem esse revestimento. Nas primeiras, “a maior parte do fluxo visível provém do revestimento fluorescente, que é excitado pelas radiações ultravioletas ($\lambda = 253,7\text{nm}$) produzidas pela descarga elétrica no vapor de mercúrio.” (Moreira, 1999, p. 69). Já o outro tipo, o fluxo luminoso provém da descarga elétrica direta nos gases ou vapores.

4.3.1.1.1 Lâmpadas Fluorescentes

As lâmpadas fluorescentes são de baixa pressão, onde “procura-se obter o máximo de radiação ultravioleta (253,7nm), que serão transformadas em luz visível que recobre internamente o bulbo.” (MOREIRA, 1999, p. 84). Segundo o PROCEL (2002, p. 14) é da combinação do pó existente no interior do bulbo que se dá as diferentes cores da luz, ele também regula a qualidade e a quantidade de luz e a eficiência.

4.3.1.2 Luminárias

Segundo o PROCEL (2002, p. 16) as luminárias são objetos onde são fixadas as fontes luminosas e que modificam a distribuição do fluxo luminoso no ambiente.

Esses elementos são muito importantes já que aperfeiçoam o desempenho do sistema de iluminação artificial. A eficiência dessas é dado pela sua fração de emissão de luz (FEL) ou rendimento, segundo Lamberts; Dutra e Pereira (2014, p. 241):

$$FEL = \frac{\text{ luz emitida pela luminária }}{\text{ luz emitida pela lâmpada }}$$

Segundo a relação é possível observar que parte da luz emitida pela lâmpada é perdida, isso ocorre, pois há uma absorção dessa pela luminária. O valor da fração de emissão de luz depende de alguns fatores segundo Lamberts; Dutra e Pereira (2014, p. 241) como de qual o material é feito a luminária, da refletância da sua superfície, da sua forma, dos dispositivos utilizados para proteção da lâmpada e do estado de conservação dessa. Ainda segundo Lamberts; Dutra e Pereira (2014, p. 241), as luminárias podem ter três funções na modificação do fluxo luminoso: controlar, distribuir e filtrar.

4.3.1.2.1 Refletores

São equipamentos destinados a modificar a distribuição do fluxo luminoso das fontes luminosas. Abaixo é possível observar como é dado o funcionamento dessas luminárias:



Figura 4: Luminárias refletoras.

Fonte: Lamberts; Dutra e Pereira (2014, p. 241)

O formato e o material dependem da sua aplicação, os formatos mais utilizados são perfis circulares, parabólicos, elípticos e em formato assimétricos, já os materiais mais empregados são de vidro ou plástico espelhado, alumínio polido, chapa de aço esmaltada ou pintada de branco (PROCEL, 2002, p. 18).

4.3.1.2.2 Difusores e Colmeias

São elementos translúcidos, focos ou leitosos que são posicionados em frente à fonte luminosa com a finalidade de diminuir sua luminosidade ou para um aumento de abertura de faixa de luminosidade (PROCEL, 2002, p.18). Abaixo é possível observar o seu funcionamento:

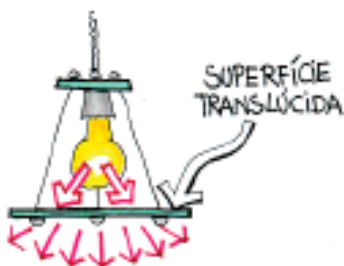


Figura 5: Luminária difusora.

Fonte: Lamberts; Dutra e Pereira (2014, p. 241)

Esses elementos diminuem a possibilidade de ofuscamento no ambiente. Os tipos mais comuns no mercado são as placas de vidro fosco ou bacias de plástico, acrílico ou policarbonato (PROCEL, 2002, p.18).

4.3.1.3 Sistema por Controle Fotoelétrico

Segundo o PROCEL (2002, p. 20) esses são sistemas que identificam a presença de luz natural no ambiente e controla assim a luz artificial, nesse controle pode-se ter o aumento ou diminuição da luz artificial no ambiente ou até mesmo o bloqueio desta. Esse sistema pode controlar um único ponto luminoso ou um grupo desses.

O sensor fotoelétrico pode ser de dois tipos: transdutor ou apenas um sensor. O primeiro tem a função de converter energia luminosa em energia elétrica. O outro tem a característica de converter luz em uma variável de grandeza elétrica, corrente ou tensão.

4.4 LUZ NATURAL

Por muitos anos a luz proveniente da radiação solar foi à única forma de iluminação conhecida pelo homem. Mesmo com a descoberta e aperfeiçoamento da luz artificial, esta ainda é defendida para que seja a principal, segundo Boyce, Hunter e Howlett (2003, p. 7).

As fontes de luz natural podem ser provenientes diretamente do sol, do céu e de superfícies edificadas, essas, respectivamente, fornecem luz direta, difusa e refletida ou indireta (LAMBERTS, DUTRA; PEREIRA, 2014).

A luz solar direta, segundo Lamberts, Dutra e Pereira (2014, p. 76), ilumina uma superfície com 60000 a 100000 lux, esse valor é muito elevado para incidir sobre planos de trabalhos, por isso deve haver um controle dessa incidência.

A luz proveniente do céu, que é difundida na atmosfera, é difusa e oscila numa faixa menor.

4.4.1 Tipos de Céu

Para a avaliação da iluminação natural em um ambiente, a NBR 15515-2 (ABNT, 2005) estabelece três tipos de céu, para cada tipo de céu existe uma variação de luminância: céu claro, parcialmente encoberto e encoberto.



Figura 6: Diferença da luminância nos três tipos de céu.

Fonte: Lamberts; Dutra e Pereira (2014, p. 152)

Segundo Lamberts, Dutra e Pereira (2014, p. 152), “o céu claro apresenta a maior luminância na região mais próxima do sol e a menor luminância a noventa graus deste. O céu encoberto apresenta à maior luminância no zênite e a menor no horizonte”, já o céu parcialmente encoberto é imprevisível supor a luminância devido à presença de nuvens.

4.4.2 Aberturas Laterais

As aberturas laterais são utilizadas em muitas edificações, seja para obtenção de iluminação, calor ou ventilação. Esse é um sistema barato e eficiente que nas áreas próximas a elas exista maior incidência solar e essa diminui com o afastamento da abertura.

Os tipos de janela variam de acordo com o projeto, qual a necessidade de luz incidente no ambiente, pode-se variar o tamanho, a forma, localização, quantidade e a orientação.

4.4.3 Elementos de controle e direcionamento da luz natural

A incidência da luz natural direta nem sempre é necessária para o ambiente, para evitar isso, existem sistemas e equipamentos que controlam e direcionam a entrada de luz no ambiente.

4.4.3.1 Proteções horizontais

Os protetores horizontais são equipamentos fixados paralelos ao formato da abertura em planta baixa (FIUZA, 2008, p. 46). As proteções horizontais são mais favoráveis quando o sol está mais alto, como no final da manhã e início da tarde. Abaixo alguns exemplos de proteções horizontais.

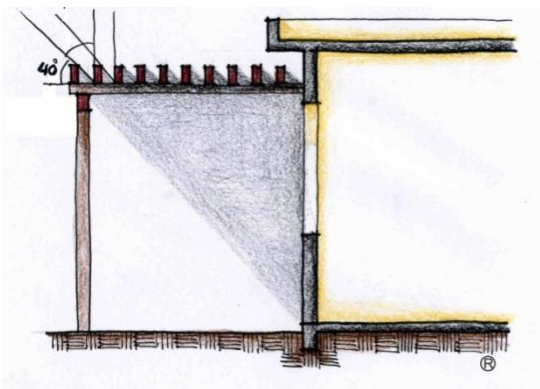


Figura 7: Proteção horizontal utilizando pérgola.

Fonte: Tipos de Proteção Solar.

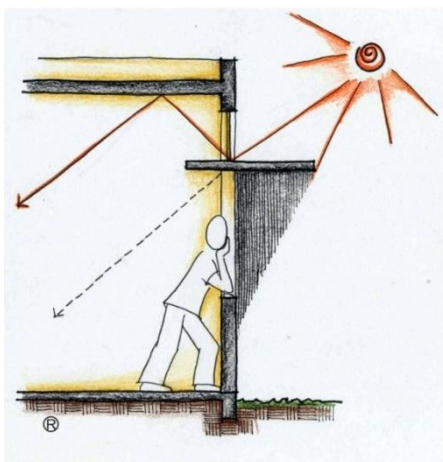


Figura 8: Proteção horizontal utilizando prateleira de luz.

Fonte: Tipos de Proteção Solar.

4.4.3.2 Proteções verticais

Os protetores verticais são equipamentos fixados “paralelo ao tamanho da abertura em corte” (FIUZA, 2008, p. 47). Esse sistema é mais favorável à incidência solar do começo da manhã e do fim de tarde. Abaixo um exemplo de proteção vertical:

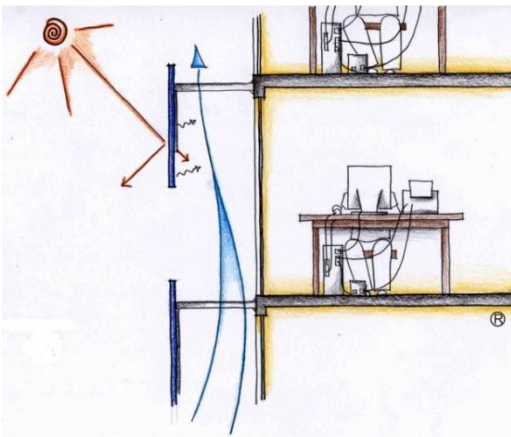


Figura 9: Proteção vertical utilizando brise.

Fonte: Tipos de Proteção Solar.

4.4.3.3 Proteções mistas

Os protetores mistos são uma mistura de ambas as proteções citadas anteriormente. Abaixo um exemplo de sistema de proteção mista:

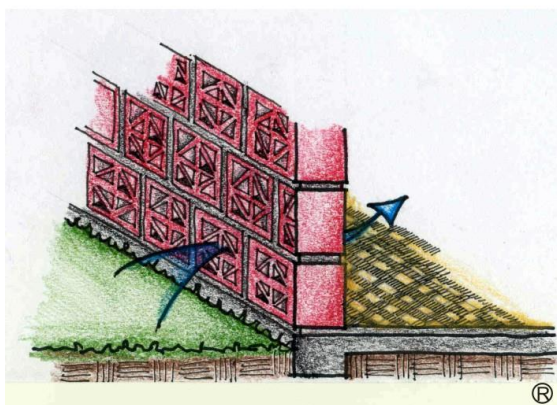


Figura 10: Proteção mista utilizando cobogó.

Fonte: Tipos de Proteção Solar.

4.5 CONFORTO VISUAL

Um dos fatores que implicam no conforto ambiental é o conforto visual do usuário.

Conforto visual é entendido como a existência de um conjunto de condições, num determinado ambiente, no qual o ser humano pode desenvolver suas tarefas visuais com o máximo de acuidade e precisão visual, com o menor esforço, com menor risco de prejuízos à vista e com reduzidos riscos de acidentes. (LAMBERTS; DUTRA; PEREIRA, 2014, p. 57)

Para o usuário conseguir um bom desempenho e boa concentração em suas tarefas, sejam essas simples ou mais complexas, ele necessita de uma iluminação adequada para a melhor eficiência e eficácia de suas tarefas.

Essa quantidade de luz depende de cada indivíduo, de como ele foi exposto durante toda sua vida com a iluminação. Porém, para se ter uma padronização, a NBR 5413 (ABNT, 1992) traz valores de iluminância médias mínimas para várias atividades. Os valores dessa iluminância variam conforme a complexidade da atividade desenvolvida no meio e a idade dos usuários.

4.6 CONFORTO VISUAL EM EDIFICAÇÕES ESCOLARES

Uma das principais queixas dos alunos quanto à qualidade do ambiente escolar, segundo Ramos e Porto (2006, p. 1), é a iluminação. “As escolas são ambientes onde crianças e adolescentes passam grande parte de seu tempo executando tarefas e adquirindo conhecimentos. Por isso há a necessidade de proporcionar condições ideais para este desenvolvimento” (RAMOS; PORTO, 2006, p. 1).

Uma iluminação inadequada, seja a falta ou excesso, poderá acarretar em problemas visuais e no menor aprendizado dos alunos. Segundo Krum (2011, p. 29), a sala de aula deve ter um nível de uniformidade, sem contrastes ou reflexos indesejáveis.

O nível de iluminação em salas de aula dependerá de qual atividade será desenvolvida na mesma, segundo Lopes (2006, p. 46), dentre as atividades possíveis, destacam-se:

Leitura e escrita: essas atividades geralmente acontecem no plano horizontal (carteira) ou vertical (quadro). As superfícies podem apresentar diferentes níveis de refletância devido aos diferentes materiais que são empregados, na cor, textura, tipo de papel.

Atividades no quadro: a leitura no quadro é a principal atividade praticada pelo aluno. A posição do leitor pode variar muito com as dimensões da sala de aula. As principais dificuldades nesse meio é a reflexão e o contraste.

Nos quadros verdes, normalmente se tem superfície lisa que podem apresentar reflexões, possuem baixo índice de refletância e possuem um contraste com as superfícies adjacentes que geralmente são claras.

Nos quadros claros (branco) o contraste com o fundo adjacente é menor e possui elevado nível de refletância.

Desenho: essa atividade normalmente é executada em superfície horizontal ou inclinada, e os materiais utilizados também variam de cor e textura, logo, possuem diferentes níveis de refletância. É necessária uma elevada acuidade para a precisão dos detalhes e rendimento de cores.

4.7 PROJETO DE ILUMINAÇÃO

Para o dimensionamento da luz natural algumas diretrizes devem ser seguidas segundo a NBR 15215-4 (ABNT, 2004). Para a avaliação de luz natural em um ambiente real é necessário fazer a medição da iluminância com o auxílio de um luxímetro paralelo à superfície requerida. A medição deve conter um número de pontos suficientes para caracterizar adequadamente o plano de trabalho. Segundo o índice do local (K), calculado pela equação 1, é possível se obter a quantidade de pontos mínimos pela tabela mostrada abaixo (tabela):

$$K = \frac{C \cdot L}{H_m \cdot (C + L)} \quad (1)$$

Sendo:

K = Índice do local;

C = Comprimento do ambiente (m);

L = Largura do ambiente (m);

H_m = Distância vertical entre a superfície de trabalho e o topo da janela (m).

Tabela 4: Quantidade mínima de pontos a serem medidos.

Índice do Local (K)	Número de Pontos
$K < 1$	9
$1 \leq K < 2$	16
$2 \leq K < 3$	25
$K \geq 3$	36

Fonte: NBR 15215-4 (ABNT, 2004).

Com o número de pontos determinados, divide-se o local em áreas iguais e a medição dos pontos deve ser feita no meio destas áreas, como a figura abaixo:

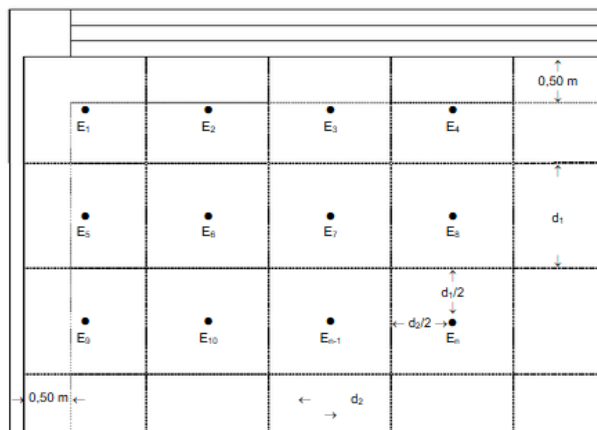


Figura 11: Malha de pontos.

Fonte: NBR15215-4 (ABNT, 2004).

Para se obter a iluminância média do ambiente faz-se a média aritmética de todos os pontos, esse valor será comparado com as especificações da norma.

5 MÉTODOS

Os itens a seguir mostram os métodos adotados para o desenvolvimento do presente trabalho.

5.1 CARACTERIZAÇÃO DO LOCAL

O estudo foi realizado em uma sala de desenho de uma universidade localizada em Campo Mourão, Paraná. O município está localizado segundo a Prefeitura Municipal, na Latitude Sul de “24°02’38” e Longitude Oeste de “52°22’40” a partir do Meridiano de Greenwich, possui uma área de aproximadamente 770 Km² e uma altura média de 630 m do nível do mar. A cidade fica 477 km da capital Curitiba e está localizada à Oeste do estado conforme a figura abaixo:

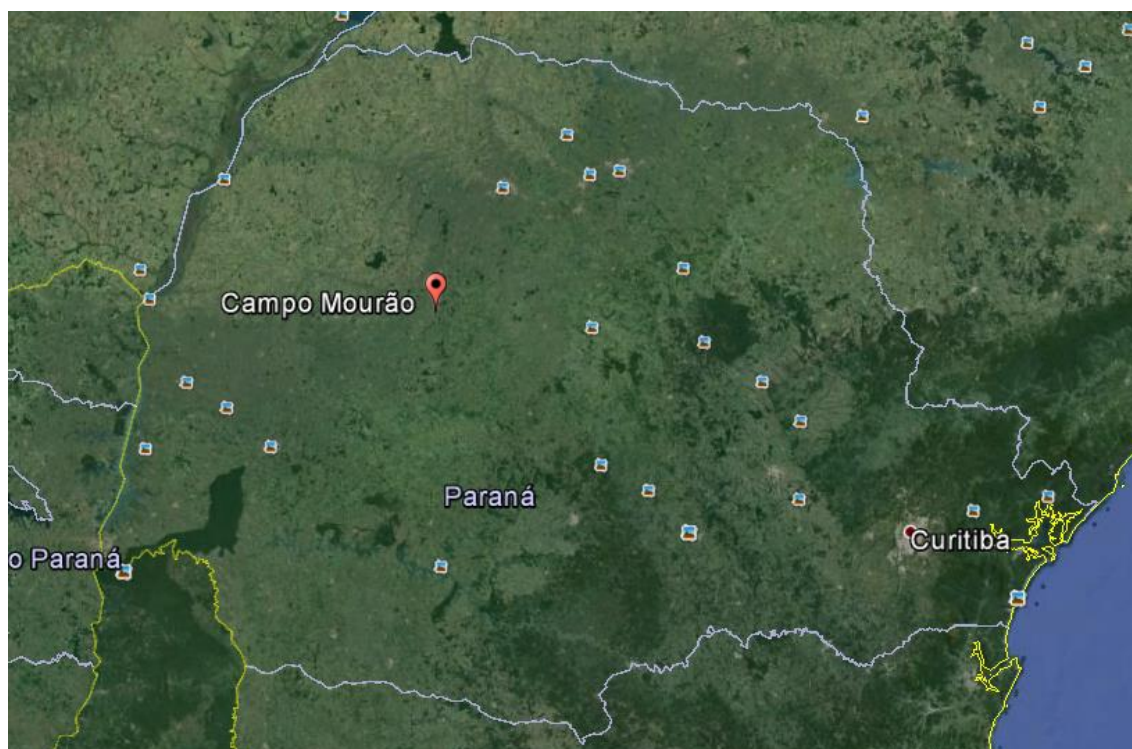


Figura 12: Localização de Campo Mourão no Paraná.

Fonte: Adaptado do Google Earth.

O campus da Universidade Tecnológica Federal do Paraná em Campo Mourão teve suas atividades iniciadas em 1995 e, desde então, a ampliação tem sido frequente. O que começou apenas com um ginásio de esportes e algumas salas adaptadas, hoje conta com sete blocos com salas de aula e laboratórios, salas destinadas às coordenações dos vários cursos e secretarias e restaurante universitário. Abaixo, na figura XX, a localização da Universidade.



Figura 13: Localização da Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

Fonte: Adaptado do Google Earth.

Os blocos da universidade possuem a mesma tipologia arquitetônica, desde os mais antigos até os construídos atualmente, o que muda entre eles são as plantas baixas, com ambientes de salas de aula, laboratórios, coordenações, secretarias etc.

5.2 ANÁLISE DO PROJETO E MEDIÇÕES DE ILUMINÂNCIA

Após obterem-se as plantas baixas do bloco em estudo disponibilizadas pelo Departamento de Projetos da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, foi realizada a divisão da sala em um módulo, conforme anexo A.

O módulo é adotado como sendo a distância entre dois pilares da sala para simplificação das medições de iluminância como pode ser observado no anexo B.

O módulo possui dez luminárias do tipo refletoras, cada uma com duas lâmpadas fluorescentes de 32 W, um quadro verde escuro, paredes amarelo claro e cinza claro, janelas grandes em vidro, proteção horizontal internamente em concreto na altura do parapeito da janela e proteção vertical externa nas janelas, conforme fotos abaixo:



Fotografia 1: Módulo de sala de desenho.

Fonte: Autoria própria.



Fotografia 2: Aberturas laterais, proteção horizontal interna e vertical externa.

Fonte: Autoria própria.

A largura e comprimento do módulo foram obtidos com a análise da planta baixa da sala, já a distância entre a superfície de trabalho (carteiras) e o topo da janela foi medida no local, os dados são apresentados abaixo:

$$C= 5,00 \text{ m};$$

$$L= 7,28 \text{ m};$$

$$H_m= 2,95 \text{ m};$$

$$K= 1, 005.$$

Com o valor de K estando entre 1 e 2, tem-se um número mínimo de 16 pontos. Para se obter um número de pontos distribuídos igualmente foram medidos 18 pontos, conforme o anexo C e imagem abaixo:

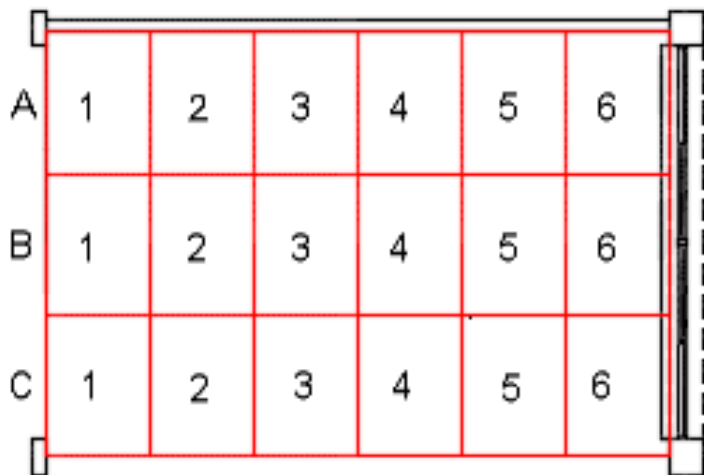


Figura 14: Detalhe do anexo C: linhas e colunas enumeradas.

Fonte: Autoria própria.

As medições, conforme a norma recomenda, foram feitas com um luxímetro, em um dia de céu claro, das 8h às 16h, colocando-o paralelo ao plano de utilização dos usuários, carteiras e lousa que existem no local. Elas foram feitas em três diferentes situações:

- A: Presença de luz natural e cortinas abertas;
- B: Luz natural, artificial e cortinas abertas;
- C: Luz artificial e cortinas fechadas.

6 RESULTADOS E DISCUSSÕES

6.1 VALORES DAS ILUMINÂNCIAS E DISCUSSÕES

Abaixo, as tabelas apresentam as medidas de iluminância do local realizadas no dia 23 de maio de 2016, um dia de céu claro e sem muitas nuvens.

As tabelas 5, 6 e 7 são os valores obtidos às 8h. A tabela 5 apresenta as medições realizadas com a cortina aberta e apenas a incidência da luz natural no local:

Tabela 5: Iluminância com cortina aberta e luz natural às 8h.

Linhas	Colunas (lux)					
	1	2	3	4	5	6
A	37	41	101	105	243	293
B	31	39	101	103	148	242
C	24	39	82	158	172	215

Fonte: Autoria própria.

Na tabela 6, as medições obtidas com a cortina aberta, incidência de luz natural e luz artificial no ambiente:

Tabela 6: Iluminância com cortina aberta e luz artificial às 8h.

Linhas	Colunas (lux)					
	1	2	3	4	5	6
A	90	124	197	206	284	384
B	159	237	278	297	418	328
C	172	202	193	243	305	327

Fonte: Autoria própria.

Já a tabela 7, apresenta as medições obtidas com a cortina fechada e luz artificial na sala:

Tabela 7: Iluminância com cortina fechada e luz artificial às 8h.

Linhas	Colunas (lux)					
	1	2	3	4	5	6
A	85	103	92	95	103	88
B	141	199	194	199	118	173
C	163	174	112	136	163	153

Fonte: Autoria própria.

Abaixo, as tabelas apresentam as medições de iluminância do local às 10h. A tabela 8 apresenta as medições realizadas com a cortina aberta, com incidência da luz natural no local:

Tabela 8: Iluminância com cortina aberta e luz natural às 10h.

Linhas	Colunas (lux)					
	1	2	3	4	5	6
A	144	249	334	559	848	1248
B	143	144	161	321	932	1201
C	148	180	295	524	847	853

Fonte: Autoria própria.

Na tabela 9, as medições obtidas com a cortina aberta, incidência de luz natural e luz artificial no ambiente:

Tabela 9: Iluminância com cortina aberta e luz artificial às 10h.

Linhas	Colunas (lux)					
	1	2	3	4	5	6
A	308	375	419	529	923	1303
B	385	442	441	561	941	855
C	368	485	602	792	956	832

Fonte: Autoria própria.

A tabela 10 apresenta as medições obtidas com a cortina fechada e luz artificial na sala:

Tabela 10: Iluminância com cortina fechada e luz artificial às 10h.

Linhas	Colunas (lux)					
	1	2	3	4	5	6
A	189	135	208	207	184	128
B	256	298	303	304	296	205
C	279	385	423	428	350	304

Fonte: Autoria própria.

As tabelas 11, 12 e 13 apresentam as medidas de iluminância do local às 12h. A tabela 11 apresenta as medições realizadas com a cortina aberta, com incidência da luz natural o local:

Tabela 11: Iluminância com cortina aberta e luz natural às 12h.

Linhas	Colunas (lux)					
	1	2	3	4	5	6
A	153	283	375	505	889	1550
B	168	177	411	750	980	978
C	164	167	363	711	1009	789

Fonte: Autoria própria.

Na tabela 12, as medições obtidas com a cortina aberta, incidência de luz natural e luz artificial no ambiente:

Tabela 12: Iluminância com cortina aberta e luz artificial às 12h.

Linhas	Colunas (lux)					
	1	2	3	4	5	6
A	195	392	416	576	953	1573
B	382	462	664	1163	1161	1247
C	367	548	764	954	1506	911

Fonte: Autoria própria.

A tabela 13 apresenta as medições obtidas com a cortina fechada e luz artificial no local:

Tabela 13: Iluminância com cortina fechada e luz artificial às 12h.

Linhas	Colunas (lux)					
	1	2	3	4	5	6
A	70	181	178	239	148	199
B	243	296	296	297	298	714
C	275	408	437	421	372	420

Fonte: Autoria própria.

A seguir as medidas de iluminância do local às 16h. A tabela 14 apresenta as medições realizadas com a cortina aberta, com incidência da luz natural o local:

Tabela 14: Iluminância com cortina aberta e luz natural às 16h.

Linhas	Colunas (lux)					
	1	2	3	4	5	6
A	20	41	50	66	119	239
B	27	30	49	156	301	82
C	19	26	44	69	158	101

Fonte: Autoria própria.

Na tabela 15, as medições obtidas com a cortina aberta, incidência de luz natural e luz artificial no ambiente:

Tabela 15: Iluminância com cortina aberta e luz artificial às 16h.

Linhas	Colunas (lux)					
	1	2	3	4	5	6
A	169	200	203	247	326	295
B	246	318	359	471	438	356
C	264	390	437	518	563	374

Fonte: Autoria própria.

A tabela 16 apresenta as medições obtidas com a cortina fechada e luz artificial no local:

Tabela 16: Iluminância com cortina fechada e luz artificial às 16h.

Linhas	Colunas (lux)					
	1	2	3	4	5	6
A	156	165	135	179	175	135
B	229	298	285	298	290	277
C	235	370	397	415	383	337

Fonte: Autoria própria.

As medições às 14h não foram realizadas já que a incidência dos raios solares na sala era muito intensa.

É possível observar que, na maioria dos casos, quanto mais próximo à janela, maior o valor da iluminância encontrada. Logo, ao lado da janela, os valores tendem a ser menores que a iluminância obtida em uma coluna antes já que há a presença da proteção horizontal de luz em concreto no parapeito da janela.

Abaixo são apresentadas as médias de iluminância em cada situação e em cada medição do dia, comparadas com a mínima, média e máxima segundo a norma.

Na tabela 17, são apresentadas as médias de iluminância às 8h:

Tabela 17: Média de iluminância às 8h.

	Situação	Média de iluminância (lux)	Avaliação
1	Cortina aberta e luz natural	120,78	Abaixo
2	Cortina aberta e luz artificial	138,39	Abaixo
3	Cortina fechada e luz artificial	246,89	Abaixo

Fonte: Autoria própria.

Na tabela 18, são apresentadas as médias de iluminância às 10h:

Tabela 18: Média de iluminância às 10h.

	Situação	Média de iluminância (lux)	Avaliação
4	Cortina aberta e luz natural	507,28	Na média
5	Cortina aberta e luz artificial	639,83	Na média
6	Cortina fechada e luz artificial	271,22	Abaixo

Fonte: Autoria própria.

Na tabela 19, são apresentadas as médias de iluminância às 12h:

Tabela 19: Média de iluminância às 12h.

	Situação	Média de iluminância (lux)	Avaliação
7	Cortina aberta e luz natural	579,00	Na média
8	Cortina aberta e luz artificial	790,78	Acima
9	Cortina fechada e luz artificial	305,11	Na média

Fonte: Autoria própria.

Na tabela 20, são apresentadas as médias de iluminância às 16h:

Tabela 20: Média de iluminância às 16h.

	Situação	Média de iluminância (lux)	Avaliação
10	Cortina aberta e luz natural	88,72	Abaixo
11	Cortina aberta e luz artificial	343,00	Na média
12	Cortina fechada e luz artificial	264,29	Abaixo

Fonte: Autoria própria.

É possível observar que em todos os horários com a cortina aberta e apenas incidência da luz natural, tem-se dois casos abaixo do mínimo e dois na média. Na situação da cortina aberta e incidência de luz artificial e natural, tem-se um caso abaixo, um acima e dois na média. Com a cortina fechada e luz artificial, um caso está na média e os outros três, abaixo do mínimo.

7 CONCLUSÕES

Com as medições apresentadas em diferentes horários e situações, pode-se perceber que o sistema empregado atualmente é insuficiente na maioria das vezes, não cumprindo com o mínimo exigido por norma. Em outros casos é possível observar que a iluminância está acima do máximo e há a incidência direta de raios solares na sala.

Para haver uma distribuição uniforme e correta da iluminação para conforto e não prejuízos aos usuários, algumas modificações deveriam ser realizadas.

O contraste existente entre a cor do quadro e a parede onde este se encontra é alto, podendo causar distrações aos usuários, portanto, a adoção de um quadro de cor clara resolveria essa questão.

Em relação à luz artificial, há a necessidade de aumentar a quantidade e a potência das lâmpadas existentes. Os refletores existentes são eficientes, não deixam que a luz cause ofuscamento ou reflexos, portanto não há a necessidade de troca destes. Com a variação da incidência de luz natural ao longo do dia, a iluminância do lado contrário à janela é menor do que aos pontos ao lado desta, por isso, a necessidade de um controle fotoelétrico na ativação das lâmpadas conforme a iluminância varia seria imprescindível.

Quanto à luz natural, é necessário o aumento desta no ambiente. As janelas possuem boas dimensões, as cortinas são eficientes, porém os protetores verticais não totalmente, o aumento da dimensão deste é necessário. A adoção de um sistema de prateleiras de luz seria eficiente para haver maior incidência luminosa do lado contrário às janelas.

Adotando todas as medidas citadas anteriormente, a melhora nas condições da sala seria visível. Com todo o controle luminoso adotado, o gasto de energia com iluminação seria diminuído e o conforto e bem-estar dos usuários aumentado.

8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5461**: Iluminação. Rio de Janeiro, 1991.

_____. **NBR 5413**: Iluminância de Interiores. Rio de Janeiro, 1992.

_____. **NBR 15215: parte 4**: Verificação Experimental das Condições de Iluminação Interna de Edificações: Métodos de Medição. Rio de Janeiro, 2004.

BOYCE, Peter; HUNTER, Claudia; HOWLETT, Owen. **The Benefits of Daylight through Windows**. Nova Iorque, Rensselaer Polytechnic Institute, 2003.

COMO FUNCIONA O OLHO HUMANO. Disponível em: <http://www.cbo.net.br/novo/publico-geral/olho_humano.php>. Acesso em 13 nov. 2015.

FIUZA, Júlia M. **Influência de elementos de proteção solar horizontais aplicados a aberturas laterais, na admissão a distribuição da luz natural**. 2008. 184 f. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2008.

JACQUES, Luiz. **Relé Fotoelétrico – o que é características e funcionamento**. Disponível em: <<http://www.sabereletrica.com.br/rele-fotoeletrico>>. Acesso em: 23 nov. 2015.

JAGO, Elizabeth; TANNER, Ken. **Influence of the School Facility on Student Achievement**. [Athens], 1999. Disponível em: <<http://sdpl.coe.uga.edu/researchabstracts/visual.html>>. Acesso em: 10 nov. 2015.

KOZLOFF, Keith; COWART, Richard; JANNUZZI, Gilberto; MIELNIK, Otavio. **Recomendações para uma estratégia regulatória nacional de combate ao desperdício de eletricidade no Brasil**. [S.l.]: USAID-Brasil, 2000.

KRUM, Christiane C. **Desempenho lumínico em edificação escolar com estratégias sustentáveis e bioclimáticas: um estado de caso**. 2011, 181 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2011.

LAMBERTS, Roberto; DUTRA, Luciano; PEREIRA, Fernando O. R. **Eficiência Energética na Arquitetura**. 3. ed. São Paulo: PW Editora, 2004.

LOPES, Aline C. de S. **Avaliação de Duas Propostas de Sistema de Iluminação Artificial Suplementar ao Sistema de Iluminação Natural Existente em Sala de Aula Padrão**. 163 f. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2006.

MOREIRA, Vinicius de A. **Iluminação Elétrica**. São Paulo: Editora Edgard BlücherLtda, 1999.

SERRADOR, Marcos E. **Sustentabilidade em arquitetura: referências para projeto**. 2008. 268 f. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2008.

SILVA, Mauri L. da. **LEDs – Origem, atualizadade, aplicações e futuro**. Disponível em: <http://www.lightingnow.com.br/cursos/leds/modulo_02.pdf>. Acesso em: 18 nov. 2015.

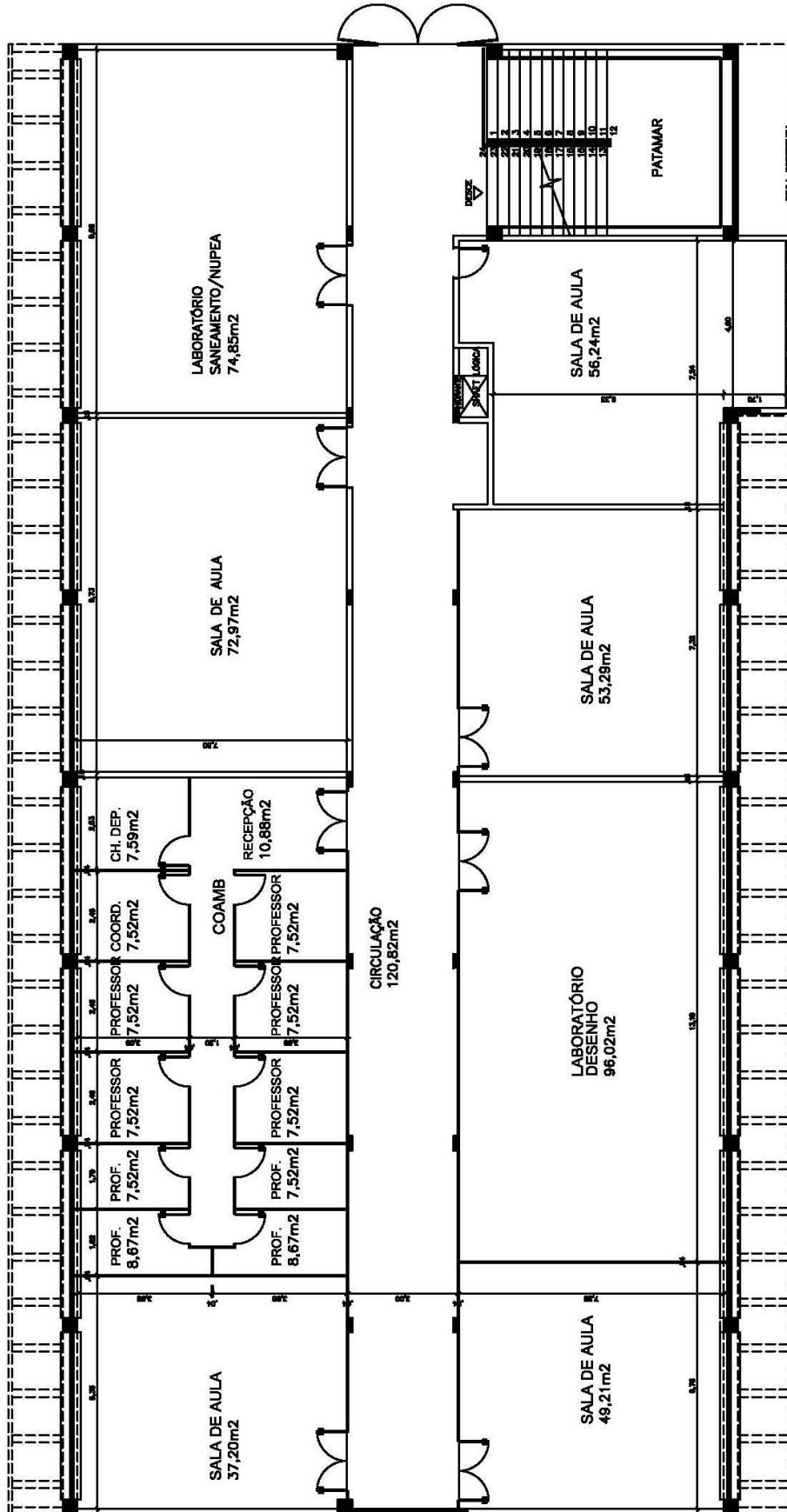
PEREIRA, Daniela C. L.; MUELLER, Cecilia M.. Iluminação e Sustentabilidade. **Lume Arquitetura**, 26 ed., p. 28-35, abr./jun. 2007.

PROGRAMA NACIONAL DE CONSERVAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA (PROCEL). **Manual de Iluminação Eficiente**. [S.l.], 2002.

RAMOS, Daniela de Q., PORTO, Maria M. Avaliação da Iluminação Natural em Salas de Aula: Estudo de Caso – Escolas Públicas de Teresina – PI. In: Encontro Nacional de Tecnologia no Ambiente Construído, 6. 2006, Florianópolis.

TIPOS DE PROTEÇÃO SOLAR. Disponível em: <<http://150.162.76.139/aplicacao/60/>>. Acesso em: 23 nov. 2015.

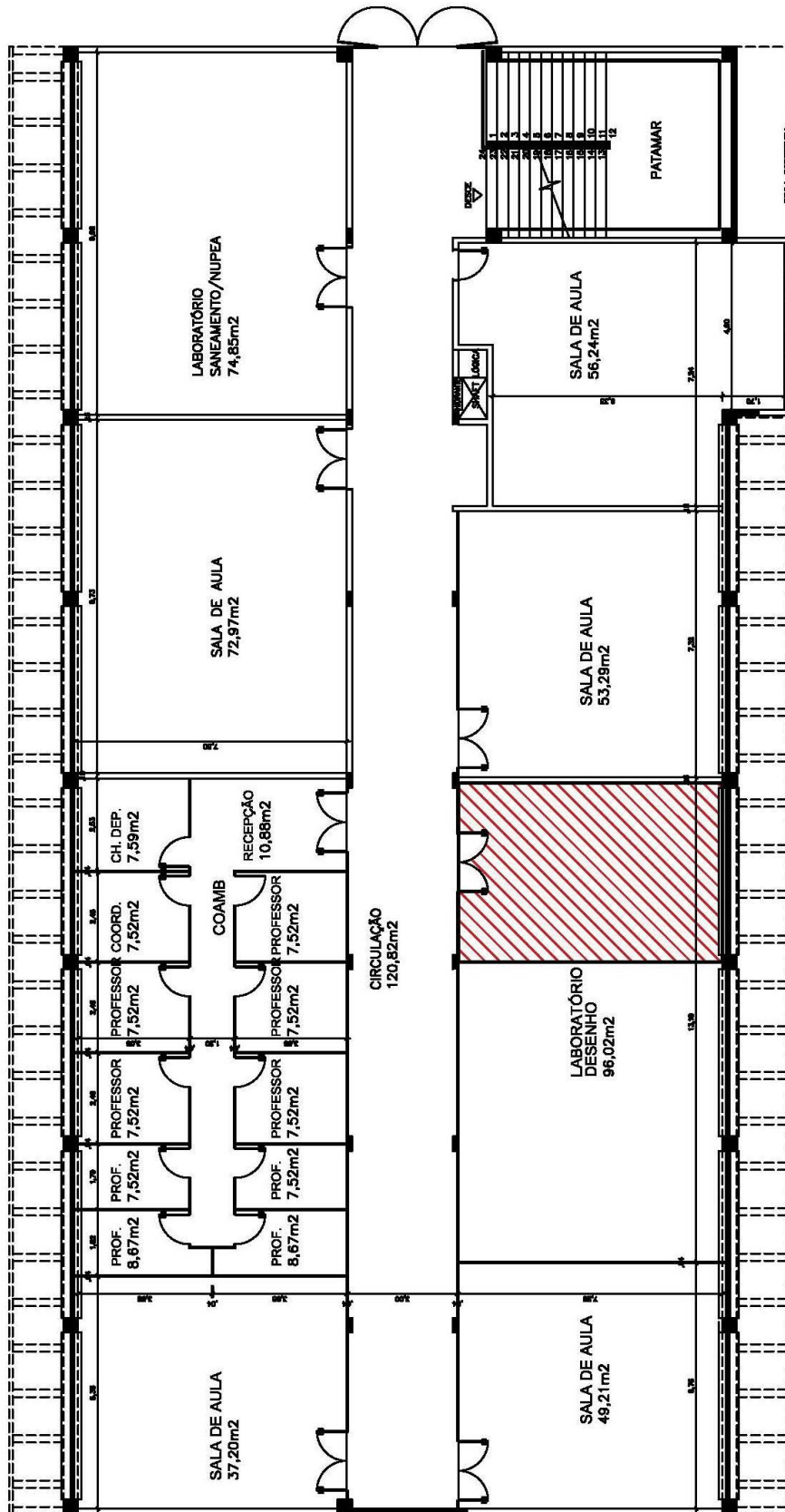
ANEXO A



PLANTA PAVIMENTO SUPERIOR - BLOCO F

ESCALA 1:100

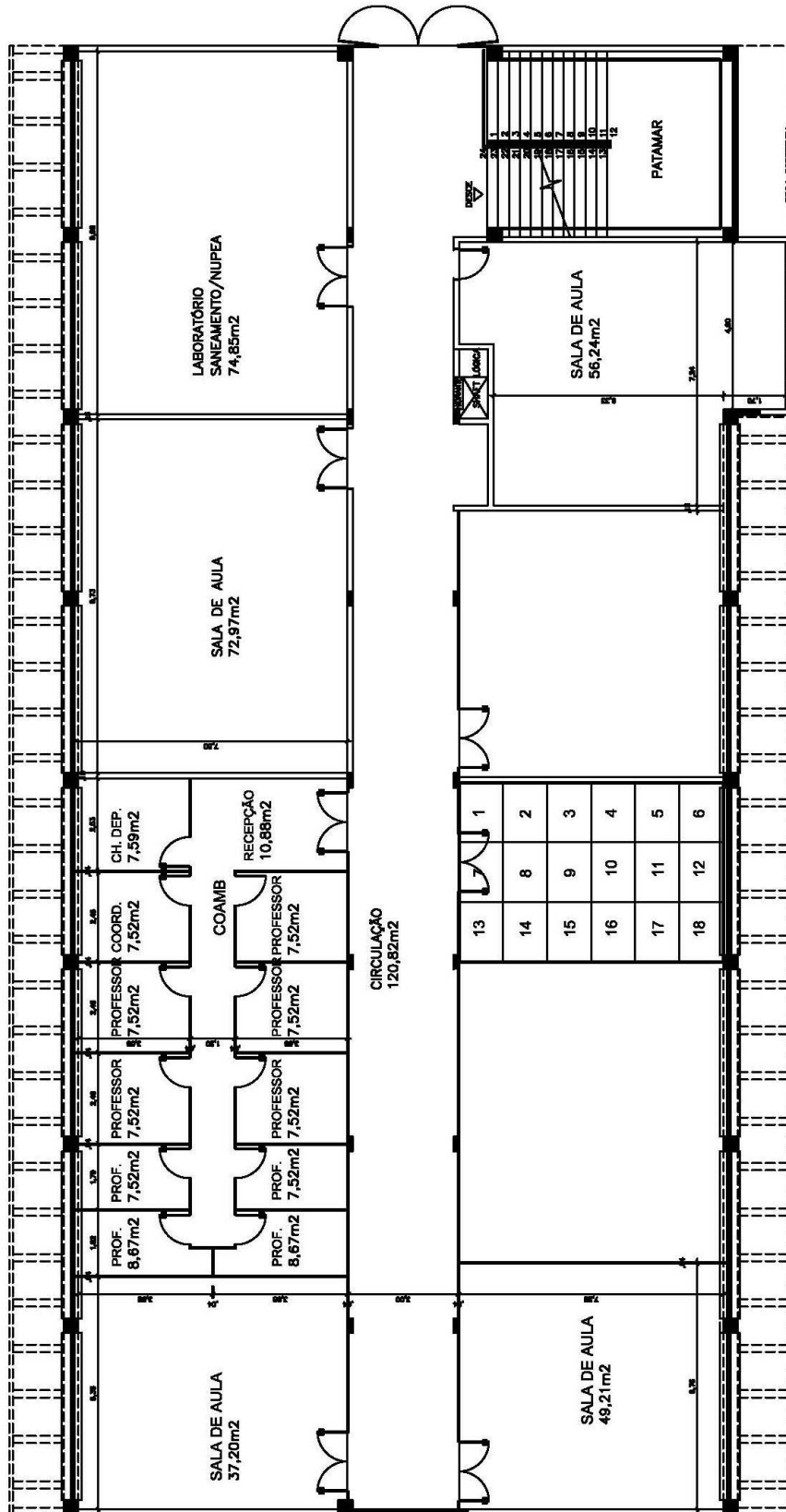
ANEXO B



PLANTA PAVIMENTO SUPERIOR - BLOCO F

ESCALA 1:100

ANEXO C



PLANTA PAVIMENTO SUPERIOR - BLOCO F

ESCALA 1:100