



**UNIVERSIDADE FEDERAL DA GRANDE DOURADOS**  
**Faculdade de Engenharia**  
**Engenharia Civil - FAEN**

**John Vitor Halancaster de Oliveira Reitter**

**Uso da luminotécnica para aprimorar a qualidade visual de um ambiente:  
Estudo de caso em uma livraria na cidade de Dourados - MS**

**Dourados - MS**  
**2021**

**John Vitor Halancaster de Oliveira Reitter**

**Uso da luminotécnica para aprimorar a qualidade visual de um ambiente:  
Estudo de caso em uma livraria na cidade de Dourados – MS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Banca Examinadora da Universidade Federal da Grande Dourados, como pré-requisito para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil, sob a orientação do Profº Dr. Agleison Ramos Omido com área de concentração 3.01.00.00-3 – Engenharia Civil.

**Dourados - MS  
2021**



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO  
FUNDAÇÃO UNIVERSIDADE FEDERAL DA GRANDE DOURADOS

**ANEXO H – ATA DE DEFESA DO TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO**

Às 08:00 horas do dia 22 de novembro de 2021, realizou-se no(a) **ambiente virtual meet.google.com/vzc-ftgs-vjw** a defesa pública do Trabalho de Conclusão de Curso em Engenharia Civil, intitulado **“Uso da luminotécnica para aprimorar a qualidade visual de um ambiente: Estudo de caso em uma livraria na cidade de Dourados - MS”** de autoria do discente **John Vitor Halancaster de Oliveira Reitter**, como requisito para a aprovação no componente curricular Trabalho de Conclusão de Curso II.

Após a defesa e posterior arguição, a banca examinadora concluiu que o Trabalho apresentado deve ser:

( X ) Aprovado

( ) Reprovado

O discente declara ciência de que a sua aprovação está condicionada à entrega da versão final (encadernada, corrigida e assinada) do Trabalho de Conclusão de Curso, nos termos em que especifica o regulamento do componente curricular, em anexo ao Projeto Pedagógico do Curso de Engenharia Civil da UFGD. O orientador se responsabilizará pela verificação e aprovação das correções do manuscrito feitas pelo discente para a elaboração da versão final.

**OBSERVAÇÕES ADICIONAIS**

**DISCENTE**

Nome: John Vitor Halancaster de Oliveira Reitter

Assinatura:

**BANCA EXAMINADORA**

Orientador: Agleison Ramos Omido

Assinatura:

Membro: Silvia de Toledo Gomes

Assinatura:

Membro: Édipo Sabião Sanches

Assinatura:

## **Uso da luminotécnica para aprimorar a qualidade visual de um ambiente: Estudo de caso em uma livraria na cidade de Dourados - MS**

John Vitor Halancaster de Oliveira Reitter<sup>1</sup>; Agleison Ramos Omido<sup>2</sup>  
Johnreitter@gmail.com<sup>1</sup>; agleisonomido@ufgd.edu.br<sup>2</sup>;

### **RESUMO**

O projeto luminotécnico comercial é imprescindível para o sucesso de um empreendimento comercial. Esse fato se dá por questões funcionais de qualidade visual. O conforto gerado por uma boa iluminação contribui para criar uma atmosfera que induz o cliente a consumir e proporciona uma experiência mais agradável. Partindo dessa constatada importância, o presente trabalho realizou um estudo de caso referente a Livraria Dourados Sebo com o objetivo de verificar se o ambiente atende aos requisitos de iluminação. Neste estudo foi realizado o levantamento das dimensões do local e das condições de iluminamento com o auxílio do aparelho luxímetro. As análises demonstraram que o ambiente não atende às exigências de iluminação mínima recomendada por norma. Assim, para correção, foi realizado o dimensionamento luminotécnico por meio do método analítico e do software SoftLux 2.2<sup>®</sup>. Ambos indicaram a necessidade da instalação de 26 luminárias do tipo TBS050 2XTL-D32W/840 EB CH para atender à iluminação média de 500 lux, recomendada pela norma para a edificação estudada.

**Palavras-chave:** Luminotécnica; Conforto ambiental; SoftLux 2.2.

### **ABSTRACT**

The commercial lighting project is essential for the success of a commercial enterprise. This fact is due to functional reasons of visual quality. The comfort generated by good lighting contributes to creating an atmosphere that induces the customer to consume and provides a more pleasant experience. Based on this importance, the present work carried out a case study referring to Livraria Dourados Sebo in order to verify if the environment meets the lighting requirements. In this study, a survey of the dimensions of the site and lighting conditions was carried out with the aid of a luxmeter device. The analyzes showed that the environment does not meet the minimum lighting requirements recommended by the standard. Thus, for correction, the luminotechnical dimensioning was performed using the analytical method and SoftLux 2.2<sup>®</sup> software. Both indicated the need to install 26 type TBS050 2XTL-D32W/840 EB CH luminaires to meet the average lighting of 500 lux, recommended by the standard for the studied building.

**Keywords:** Lighting Project; Environmental comfort; SoftLux 2.2.

## **1 INTRODUÇÃO**

A iluminação adequada de determinado recinto é fundamental o bem estar físico, mental e emocional dos usuários desse ambiente, como relata Giaretta (2014). O fator bem estar físico se refere à função da luz de possibilitar a realização de atividades por meio do fornecimento de informações visuais. Já o fator mental e emocional, nomeado de fator estético, se relacionam às sensações geradas a partir de cenários criados pela iluminação (SILVA, 2009).

Baumer (2004) recomenda a utilização de iluminação natural quando possível, isto é, a solar, pois essa resolve os problemas de conforto ambiental nas mais diversas

atividades de trabalho. No entanto, havendo a impossibilidade de prover iluminação natural recorre-se à artificial, em que, por meio da norma NBR 5413, Iluminância de interiores, se estabelece os valores de iluminância média mínimas em serviço para iluminação artificial em interiores (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1992, p 01).

Para o caso de iluminação comercial é importante considerar também um terceiro fator, o econômico. A Redução de cargas e a menor manutenção do sistema luminotécnico diminuem o custo, sem, todavia, comprometer o fator físico e estético (SILVA, 2009). Dessa maneira, a iluminação inadequada de um ambiente comercial pode afetar negativamente os frequentadores (clientes e funcionários), além de desperdiçar energia elétrica aumentando consideravelmente o valor da fatura no final do mês.

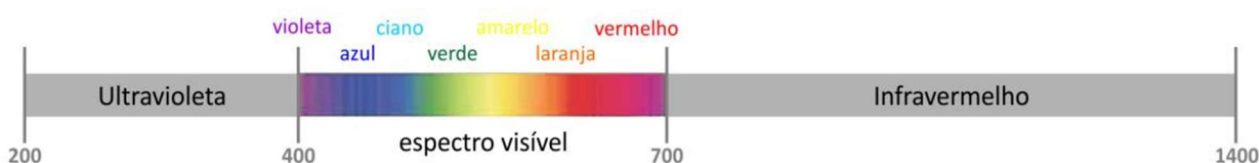
Portanto, o objetivo deste trabalho é, através do dimensionamento pelo método dos Lúmens e com os resultados obtidos por meio do software SoftLux 2.2<sup>®</sup>, determinar o iluminamento ideal (de projeto) para a Livraria Dourados Sebo e compará-lo ao real obtido através de medição *in loco* com luxímetro, propondo melhorias qualitativas e quantitativas.

## 2 CONCEITOS LUMINOTÉCNICOS (NISKIER, 2008)

### 2.1 A Luz

A luz é energia radiante com propriedades ondulatórias e corpusculares. No que se refere à sua característica ondulatória, a luz emite ondas eletromagnéticas divididas em várias faixas de espectro com diferentes comprimentos de onda. Na Figura 1 é possível observar essa divisão, em que a luz é desdobrada nas cores espectrais fundamentais.

Figura 1 – Divisão do espectro eletromagnético por comprimento de onda ( $\lambda$ ) em nanômetros.



Fonte: Nakayama (2007).

Como demonstrado, o olho humano é capaz de discernir radiações eletromagnéticas situadas no intervalo de 400 a 700 nm. Acima de 700 nm tem-se o infravermelho e abaixo de 400 nm o ultravioleta.

### 2.2 Fluxo luminoso ( $\Phi$ )

É a potência total emitida por uma fonte de luz e capaz de produzir uma sensação de luminosidade através do estímulo da retina ocular. Sua unidade de medida é o lúmen (lm). O fluxo luminoso emitido por uma lâmpada dividido pela potência consumida resulta na sua eficiência luminosa, no Quadro 1 tem-se esses valores para diferentes tipos de lâmpadas.

Quadro 1 – Exemplos de eficiência luminosa

Lâmpada	Potência (W)	Fluxo luminoso (lm)	Eficiência (lm/W)
Incandescente	100	1 380	13,8
Fluorescente	40	3 000	75,0
Multivapores metálicos	2 000	190 000	95,0

Fonte: NISKIER (2008).

### 2.3 Iluminância (E)

Também chamada de iluminamento, é a luz que uma lâmpada irradia relacionada à superfície a qual incide. Sua unidade de medida é o lux ( $lx=lm/m^2$ ). No quadro 2 são apresentados os valores aproximados para diversos cenários de iluminação.

Quadro 2 –Exemplos de iluminância

Dia ensolarado de verão em local aberto	≈	100 000 lx
Dia encoberto de verão	≈	20 000 lx
Dia escuro de inverno	≈	3 000 lx
Boa iluminação de trabalho interno	≈	1 000 lx
Boa iluminação de rua	≈	20–40 lx
Noite de lua cheia	≈	0,25 lx
Luz de estrelas	≈	0,01 lx

Fonte: NISKIER (2008).

Esses valores podem ser obtidos através do uso de um equipamento chamado luxímetro, que mede em lux (lx) a iluminância que incide em determinado local. Seu funcionamento ocorre pela captação da incidência luminosa através do sensor de luminosidade acoplado ao equipamento, em que, após ligado e calibrado o zero de referência, aparecerá a informação da Iluminância medida no display de cristal líquido (LCD) do aparelho.

A NBR 5413:1992 define os níveis constantes de iluminância por classes de tarefas visuais. Baseado na norma o Quadro 3 representa esses dados.

Quadro 3 – Iluminâncias por classe de tarefas visuais

Faixa	Iluminância (lux)	Tipo de atividade
A Iluminação geral para áreas usadas ininterruptamente ou com tarefas visuais simples	20 30 50	Áreas públicas com arredores escuros.
	50 75 100	Orientação simples para permanência curta.
	100 150 200	Recintos não usados para trabalho contínuo, depósitos.
	200 300 500	Tarefas com requisitos visuais limitados, trabalho bruto de maquinaria, auditórios.
B Iluminação geral para área de trabalho	500 750 1 000	Tarefas com requisitos visuais normais, trabalho médio de maquinaria, escritórios.
	1 000 1 500 2 000	Tarefas com requisitos especiais, gravação manual, inspeção, indústria de roupas.
C Iluminação adicional para tarefas visuais difíceis	2 000 3 000 5 000	Tarefas visuais exatas e prolongadas, eletrônica de tamanho pequeno etc.
	5 000 7 500 10 000	Tarefas visuais muito exatas, montagem de microeletrônica.
	10 000 15 000 20 000	Tarefas visuais muito especiais, cirurgia.

Fonte: NISKIER (2008).

No quadro nota-se que são fornecidos três valores de iluminação por tipo de atividade, eles representam a iluminação conveniente (superior, média ou inferior) e para determina-la é recomendável considerar os fatores expressos pela Tabela 4, que relaciona idade do observador, velocidade e precisão da tarefa realizada e refletância do fundo da tarefa.

Quadro 4 – Fatores determinantes da iluminação adequada

Característica da tarefa e do observador	Peso P		
	-1	0	+1
Idade dos ocupantes	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 %

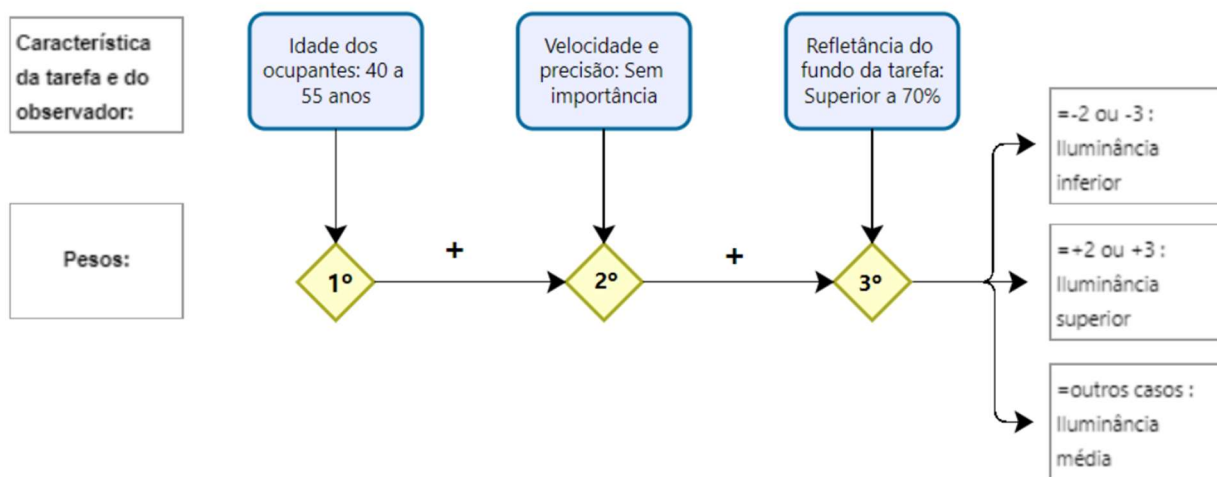
Fonte: NISKIER (2008).

A partir disso, o procedimento consiste em, considerando os sinais, somar os pesos referentes a cada um dos três fatores presentes no Quadro e o resultado dessa soma determinará a escolha da iluminância superior, inferior ou média no Quadro 3 de iluminância por tipo de atividade. Os valores possíveis para a soma são:

- Iluminância inferior: -2 ou -3
- Iluminância superior: +2 ou +3
- Iluminância média: outros casos

Para melhor entendimento a Figura 2 representa por meio de um Fluxograma a aplicação desse processo.

Figura 2 – Fluxograma referente ao cálculo dos pesos para iluminação conveniente.



Fonte: Autoria própria (2021).

Além disso, a norma também fornece alternativamente uma extensa tabela com diversas iluminâncias por tipo de atividade (valores médios em serviço). Por conveniência, foi feito um corte dessa referida tabela na linha a qual se refere a Bibliotecas, seção que mais se aproxima ao caso estudado nesse trabalho. A Figura 3 apresenta essa informação.



Figura 3 – Iluminância por tipo de atividade para bibliotecas

Bibliotecas	• sala de leitura	300 - 500 - 750
-------------	-------------------	-----------------

Fonte: NISKIER (2008).

## 2.4 O projeto luminotécnico

Um projeto luminotécnico realizado corretamente permite tornar o objeto de consumo mais desejável, demarca o direcionamento dos fluxos no interior da loja e torna o processo de compra extremamente prazeroso. Dessa maneira, a iluminação deve ser utilizada não só para exercício de atividades (como reposição de livros e limpeza do local) mas também como coadjuvante da estratégia de vendas (CHOU, 2007)

Assim sendo, para se obter uma iluminação artificial adequada ao comércio se faz imprescindível a realização de um projeto luminotécnico, definindo-se o nível de iluminância no local de acordo com a utilização do ambiente, levando em conta não apenas aspectos quantitativos, mas também qualitativos, de modo a criar uma iluminação que responda a todos os requisitos que o usuário exige do espaço iluminado (RODRIGUES, 2002).

Atualmente, com o avanço da tecnologia, surgiram diversos softwares que auxiliam nos cálculos luminotécnicos, fornecendo resultados muito próximos daqueles obtidos analiticamente, havendo opções de programas pagos e gratuitos no mercado. No caso do presente estudo utilizou-se o software gratuito SoftLux 2.2<sup>®</sup> desenvolvido pela empresa ITAIM.

## 2 METODOLOGIA

### 2.1 A LIVRARIA

#### 2.1.1 Localização

A livraria está localizada na Avenida Joaquim Teixeira Alves, número 1301, na região central da cidade de Dourados no estado do Mato Grosso do Sul, com coordenadas de latitude -22.229199664608405 e longitude -54.815133904096506 , na figura 4 a seguir

é possível ver sua localização obtida via GoogleMaps.

Figura 4 – Localização da livraria



Fonte: GoogleMaps (2021).

A cidade de Dourados – MS se encontra a 231 quilômetros da capital Campo Grande, e possui temperatura média que atinge valores máximos em dezembro e em janeiro. Enquanto que por outro lado, as menores temperaturas ocorrem nos meses de inverno (junho a agosto) e, principalmente, em junho e julho. A insolação durante os meses de verão (trimestre dezembro-janeiro-fevereiro) apresenta valores entre 6,8 e 7,3 horas, ao passo que os meses de inverno (trimestre junho-julho-agosto) apresentam insolação com valores entre 6,2 e 7,3 horas. Portanto, em termos de valores absolutos, a insolação praticamente não possui diferença sazonal (FIETZ;FISCH, 2008).

### 2.1.2 Características e Dimensões

Sua fachada é composta por uma entrada com porta de vidro de correr de 2 folhas revestidas com uma película de Insufilm. A Figura 5 representa uma fotografia tirada em período diurno da parte frontal da livraria, a qual possui apenas pavimento térreo.

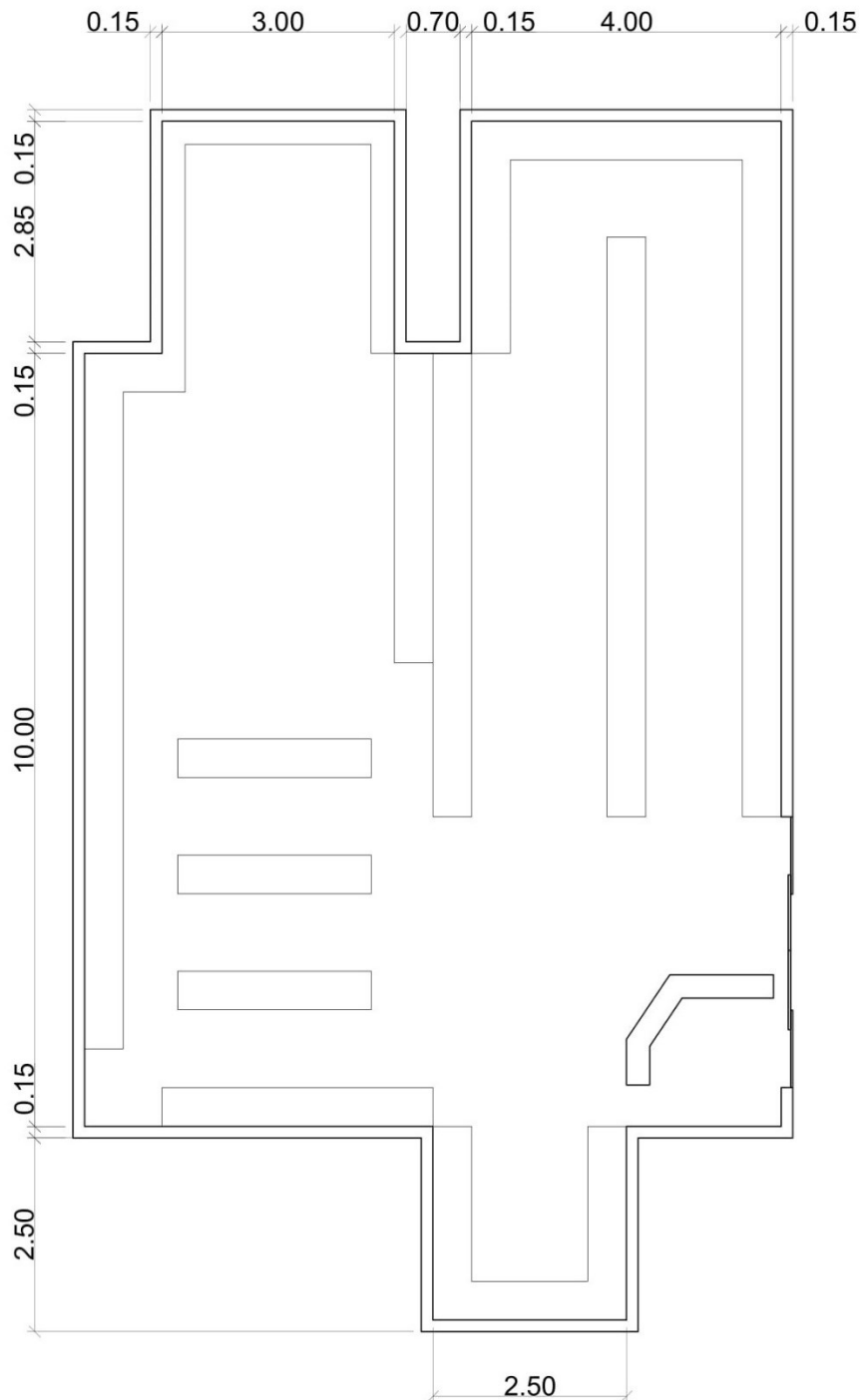
Figura 5 – Fachada



Fonte: Autoria própria (2021).

Para a medição in loco dos ambientes da livraria, utilizou-se trena tradicional e a laser. Após a obtenção das medidas foi digitalizado para o software AutoCad 2013 versão estudante a planta baixa presente na Figura 6.

Figura 6 – Planta baixa da livraria



Fonte: Autoria própria (2021)

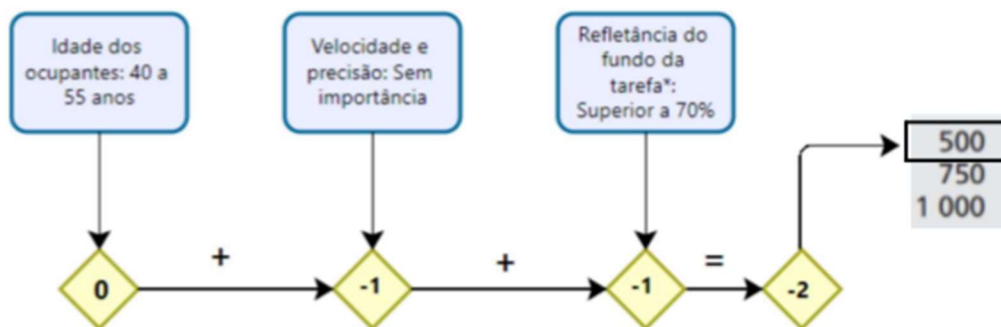
Em seu interior, as paredes são brancas assim como o teto. Com uma área de 116 m<sup>2</sup>, possui pé direito de 3,5 metros, enquanto que as estantes de livros possuem altura padrão de 2,4 metros.

### 2.1.3 Definição do iluminamento ideal

Como apontado há duas maneiras de definir o iluminamento ideal de um ambiente: por classe de tarefas visuais ou por tipo de atividade.

A livraria pode ser considerada no Quadro 3 de iluminância por classe de tarefas visuais, na linha “iluminação geral para área de trabalho” como “tarefas com requisitos visuais normais, trabalho médio de maquinaria, escritórios”. Sendo assim, aplicando o processo representado pelo fluxograma na Figura 7, obtemos a iluminância mínima de 500 lux.

Figura 7 – Fluxograma



Fonte: Autoria própria (2021).

\*Dado obtido da Tabela 7 de Refletância: teto e paredes brancas.

Pelo método por tipo de atividade (Figura 3), nota-se que a NBR 5413:1992 também recomenda, como iluminância média, a quantia de 500 lux, consolidando, portanto, esse valor como sendo o ideal para a livraria.

### 2.1.4 Condições de iluminamento

A livraria não possui janelas, portanto sua única fonte de iluminação natural se dá pela entrada principal. Em sua iluminação artificial usa-se lâmpadas incandescentes alternadas de lâmpadas fluorescentes espirais. Para o caso do presente trabalho utilizou-se o Luxímetro digital portátil de modelo THAL-300, confeccionado pela empresa INSTRUTHERM e adquirido pela Faculdade de Engenharia da UFGD.

O processo de medição foi efetuado com base na norma técnica NBR 15215-4/2005, a qual determina:

- Equipamento de medida deve ser um luxímetro;
- Colocar o sensor do luxímetro em paralelo com a superfície;
- Evitar sombras;
- Expor a fotocélula aproximadamente 5 minutos antes da primeira medição;
- Medir iluminâncias na área central de desenvolvimento da atividade visual;
- Quando não houver um plano de trabalho específico realizar as medições 75 cm acima do piso;
- O ambiente interno deve ser medido em áreas iguais, com formato próximo ou igual a um quadrado, a iluminância  $E$  é medida no interior de cada área;
- A iluminância média  $E_m$  é dada pela média aritmética de todos os  $n$  pontos medidos.

Como recomenda a norma, para determinar o número mínimo de pontos necessários para a verificação do nível de iluminamento com erro inferior a 10% deve-se determinar o Índice do Local ( $K$ ) pela Equação 1 e recorrer ao Quadro 5.

$$K = \frac{C.L}{H_m.(C+L)} \quad \text{Equação (1)}$$

Sendo:

- $L$  = largura do ambiente, em metros;
- $C$  = comprimento do ambiente, em metros;
- $H_m$  = altura do topo da esquadria (fonte de entrada de luz natural), em metros;

Quadro 5 – Quantidade mínima de pontos a serem medidos

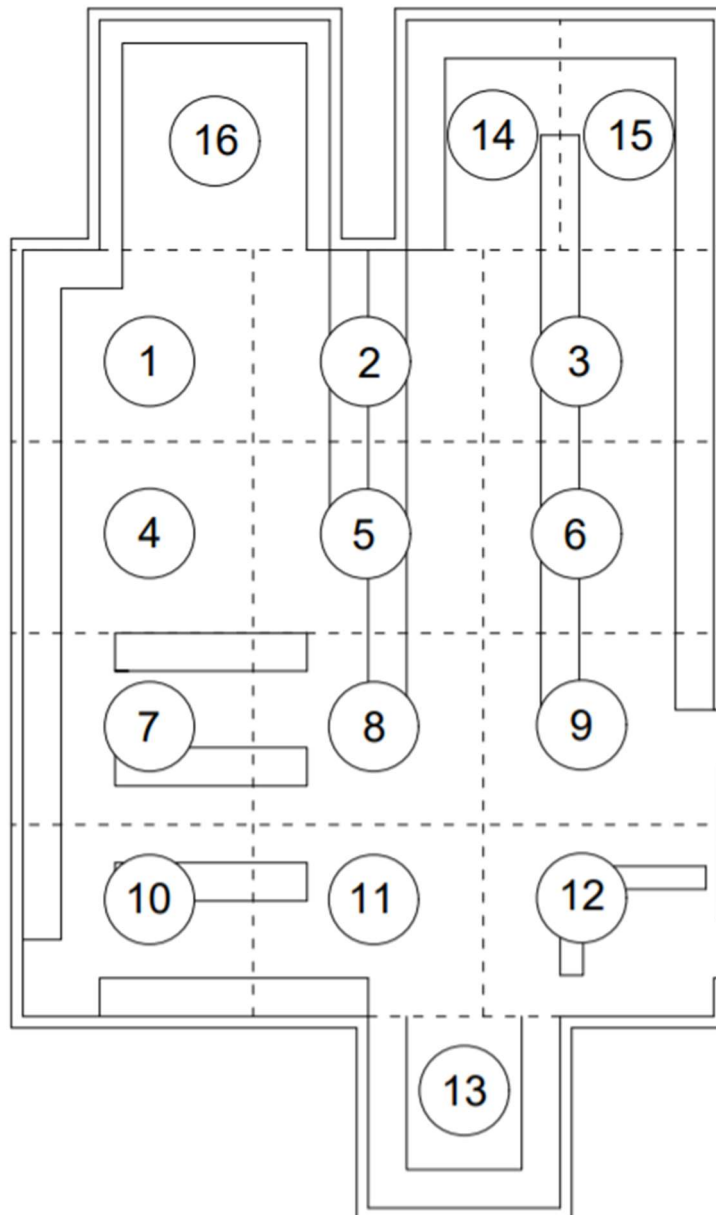
$K$	Nº de Pontos
$K < 1$	9
$1 \leq K < 2$	16
$2 \leq K < 3$	25
$K \geq 3$	36

Fonte: Adaptado de NBR 15125-4 (2021)

De posse dos valores de planta e sabendo que a altura da esquadria de entrada para o estabelecimento, que é a única fonte de luz natural já que não há janelas, é de 2,5 m, a Equação 1 fornece  $K = 1,89$ .

Portanto, a planta foi dividida em 16 retângulos como mostra a Figura 8.

Figura 8 – Malha dos pontos de medição na planta baixa.



## 2.2 Dimensionamento Analítico

### 2.2.1 Dimensionamento pelo Método dos Lumens (ou método da General Electric)

O método dos Lumens, aprovado pela IES - Illuminating Engineering Society (NISKIER, 2008), consiste na determinação do fluxo luminoso total necessário para atender ao nível de iluminação adequado para a atividade a ser executada no ambiente. O valor desse fluxo é obtido através da Equação 2 (FERREIRA, 2010):

$$\Phi = \frac{S \cdot E_m}{u \cdot d} \quad \text{Equação (2)}$$

Em que:

- $\Phi$  = fluxo total, em lumens;
- $S$  = área do recinto, em m<sup>2</sup>;
- $E_m$  = nível de iluminância ideal, definido em 2.1.2;
- $u$  = fator de utilização ou coeficiente de utilização;
- $d$  = fator de depreciação e refletâncias dos tetos e paredes;

O **fator de utilização  $u$** , sempre menor que 1, consiste no valor resultante da razão entre o fluxo utilizado e o fluxo luminoso emitido pelas lâmpadas. O coeficiente de utilização depende (NISKIER, 2008):

1.º) Da distribuição e da absorção de luz, efetuadas pelos aparelhos de iluminação, isto é, a escolha da luminária. Para o caso da livraria, dentre as diversas opções, optou-se pelo aparelho que comporta duas lâmpadas fluorescentes de 32W, luminária simples. A escolha da luminária aparece designada pelo número 10 na Tabela 8. Dentre as alternativas do mercado para luminárias comerciais temos, por exemplo, a TBS050 2XTL-D32W/840 EB CH fabricada pela Philips e demonstrada na Figura 9:

Figura 9 – TBS050



Fonte: Catálogo Luminárias Indoor Philips (2021)

2.º) Das dimensões do compartimento, representado por meio do coeficiente denominado índice do local. O Quadro 6 fornece esse índice que é representado por uma letra de A a J e depende de fatores como a distância do foco luminoso ao chão e as dimensões em planta.

Quadro 6 – Índice do local

Distância do chão ao foco luminoso, em metros												
Para iluminação direta e semidireta		2,15 a 2,30	2,45 a 2,60	2,75 a 2,90	3,00 a 3,50	3,70 a 4,10	4,30 a 5,00	5,20 a 6,00	6,40 a 7,30	7,60 a 9,00	9,50 a 11,00	11,30 a 15,00
Largura do local (metros)	Comp. do local (metros)	Índice do local										
	9,00-13,00	C	D	D	E	F	G	H	I	J	J	
9,00 (8,25-10,00)	13,00-18,30	C	C	D	D	F	F	H	H	I	J	
	18,30-27,50	B	C	C	D	E	F	G	H	I	J	J
	27,50-43,00	B	C	C	D	E	E	F	G	H	I	J
	43,00-55,00	B	C	C	D	E	E	F	G	H	I	J
	55,00 ou mais	B	C	C	D	E	E	F	G	H	I	J

Fonte: Adaptado de NISKIER (2008).

A livraria cuja largura é 9 m, comprimento 10 m e distância do chão ao foco luminoso de 3 m (pé direito de 3,5m subtraído de 0,5m do tarugamento) forneceu pelo Quadro o índice de local E.

3.º) Das cores da parede e do teto, caracterizado pelo **fator de reflexão**, representado no Quadro 7. No presente trabalho, a livraria possui teto e paredes na cor branca, portanto suas refletâncias são, respectivamente, 75% e 50%.

Quadro 7 – Refletância de teto e paredes

Teto branco	75 %
Teto claro	50 %
Paredes brancas	50 %
Paredes claras	30 %
Paredes medianamente claras	10 %

Fonte: NISKIER (2008).

Após a obtenção dessas três informações o Quadro 8 abaixo nos fornece o fator de utilização a ser considerado, que para o caso do presente trabalho resultou em  $u=0,56$ .

Quadro 8 – Determinação do fator de utilização e depreciação.

Luminária		Teto	75 %			50 %			Descrição	
Fator de depreciação	Tipo	Paredes	30 %	10 %	50 %	30 %	10 %			
		Índice do local	Coeficientes de utilização							
⑩          $d = 0,75$		↑	J	0,29	0,24	0,20	0,28	0,23	0,19	Luminária comercial          Espaçamento máximo entre aparelhos = altura de montagem × 1,0
			I	0,36	0,30	0,26	0,34	0,30	0,26	
			H	0,41	0,36	0,32	0,40	0,35	0,31	
			G	0,46	0,41	0,37	0,45	0,40	0,36	
			F	0,50	0,46	0,44	0,48	0,44	0,40	
			E	0,56	0,51	0,47	0,53	0,49	0,46	
			D	0,59	0,55	0,52	0,56	0,53	0,51	
			C	0,62	0,58	0,55	0,59	0,55	0,52	
	B	0,65	0,62	0,59	0,61	0,59	0,56			
	A	0,66	0,64	0,61	0,63	0,61	0,59			



Fonte: Adaptado de NISKIER (2008).

O **fator de depreciação  $d$**  representa a diminuição do fluxo emitido com o decorrer do uso devido a passagem da vida útil das lâmpadas, poeira e sujeira que se depositam no aparelho e diminuição do poder refletor das paredes devido ao seu escurecimento gradativo. Esse fator é obtido também por meio do Quadro 8, e para o nosso caso forneceu  $d=0,75$ .

O fluxo luminoso total do aparelho  $\phi$ , composto de duas lâmpadas fluorescentes de 32W que emitem 2700 lumens cada (PHILIPS, 2021), é, portanto, de 5400 lumens. Esse valor nos permite calcular número de luminárias  $N$ , representado pela Equação 3.

$$N = \frac{\phi}{\varphi} \quad \text{Equação (3)}$$

Sendo:

- $\phi$  = fluxo total, em lumens;
- $\varphi$  = fluxo luminoso total do aparelho, em lumens;

### 2.3 Dimensionamento pelo software SoftLux 2.2<sup>®</sup>

Os dados de entrada para o software começam com as dimensões do ambiente e o SoftLux 2.2<sup>®</sup> realiza cálculos apenas para ambientes retangulares. No caso da livraria, como pode-se perceber na Figura 6, a planta não é totalmente retangular. Dessa maneira, dividiu-se a planta em 4 ambientes conjugados, que, utilizando como referência a subdivisão da planta presente na Figura 8, podem ser entendidos como:

- Ambiente 1: zonas de 1 a 12
- Ambiente 2: zona 13
- Ambiente 3: zonas 14 e 15
- Ambiente 4: zona 16

## 3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

As medições foram realizadas com o equipamento luxímetro, e os resultados das medições efetuadas em cada área de estudo foram organizados na Tabela 1. A média aritmética dos valores a seguir nos forneceu  $E_m = 103$  lux, valor que corresponde a 20,6% do valor ideal recomendado por norma ( $E_m = 500$  lux).

Tabela 1 – Tabela da iluminância medida em cada ponto da malha.

Ponto	Iluminância (E)
1	27
2	57
3	60
4	78
5	70
6	120
7	46
8	100
9	220
10	50
11	110
12	200
13	40
14	60
15	50
16	52

Fonte: Autoria própria (2021)

No dimensionamento analítico, substituindo na Equação 02 as variáveis já obtidas, temos como fluxo total:

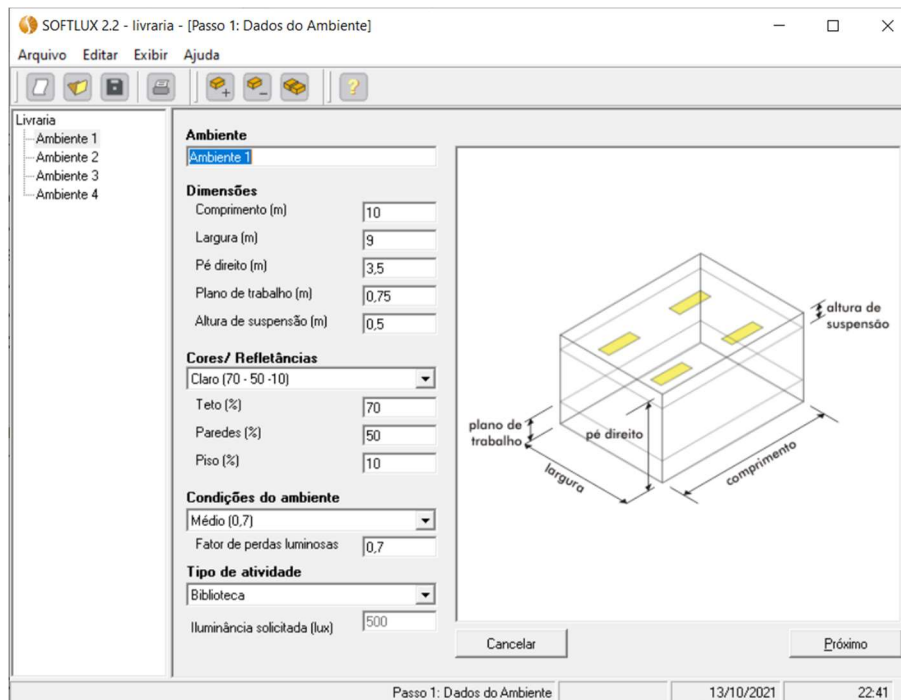
$$\Phi = 138095 \text{ lumens}$$

E através da Equação 03 temos que o número de luminárias N:

$$N = 25,5 \rightarrow 26 \text{ Luminárias.}$$

Após a definição dos ambientes o primeiro passo é executado preenchendo os dados solicitados, como mostra a Figura 10.

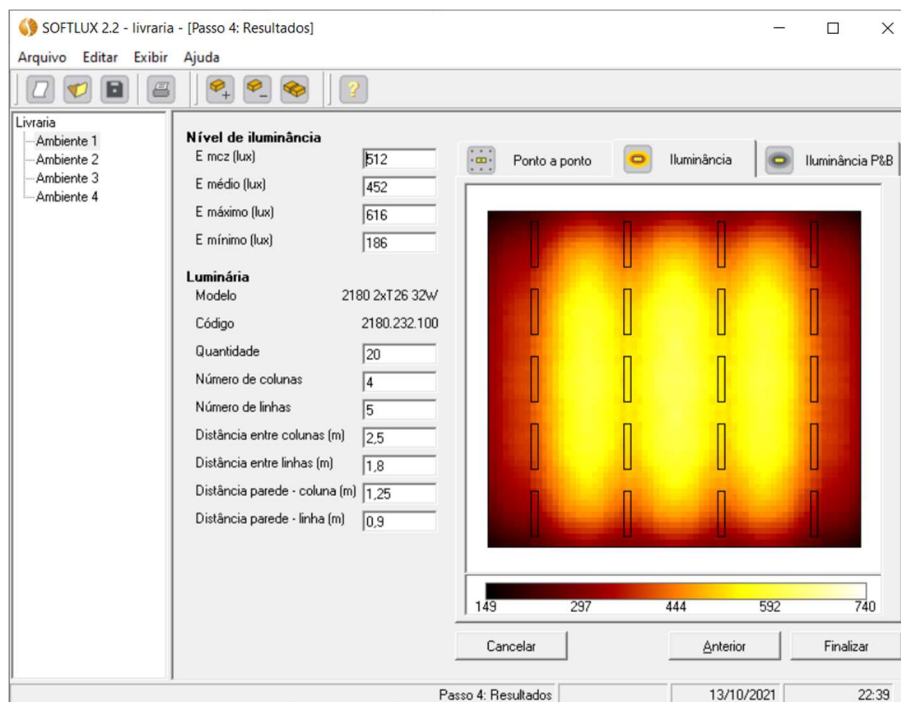
Figura 10 – Preenchimento dos dados do ambiente 1.



Fonte: SoftLux 2.2® (2021).

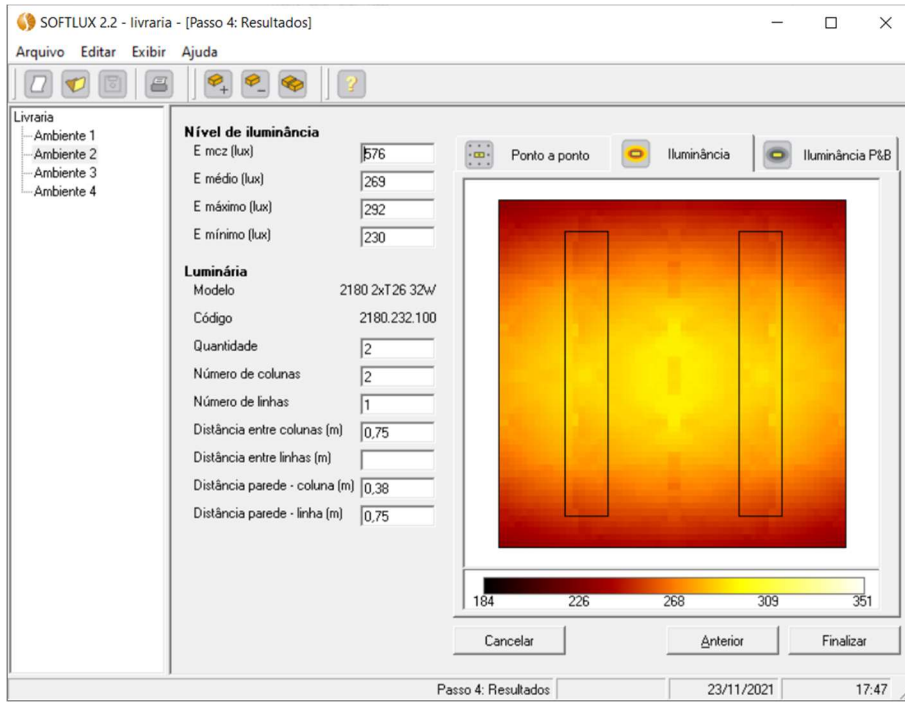
Na seção “Próximo” adicionamos a opção da luminária já escolhida durante o dimensionamento analítico, e por fim o software gera um resumo do dimensionamento para o ambiente, como é possível ver na Figura 11, 12,13 e 14.

Figura 11 – Resultados para o ambiente 1.



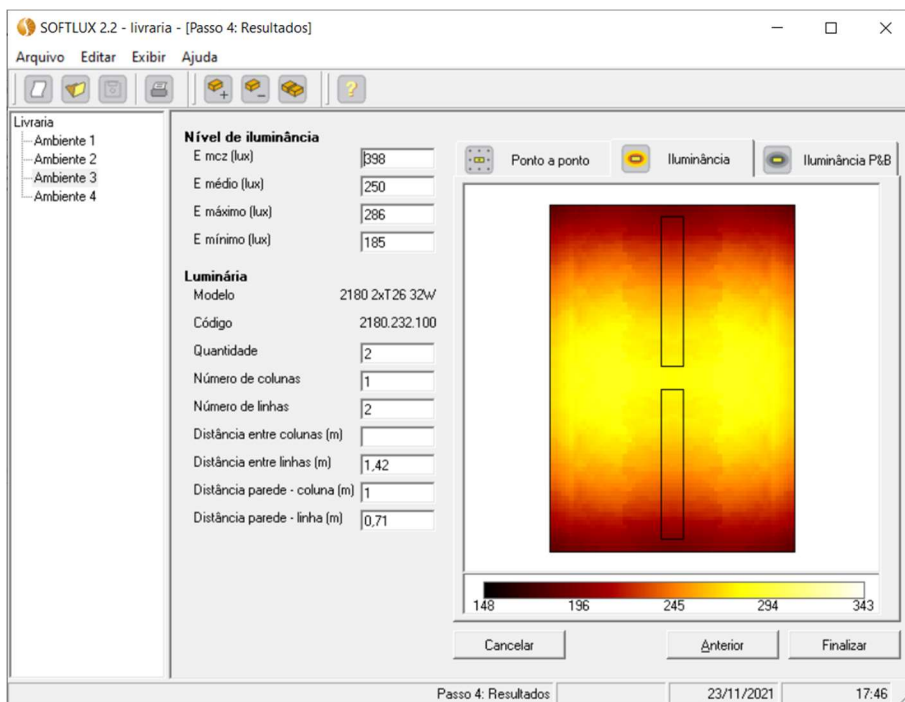
Fonte: SoftLux 2.2® (2021).

Figura 12 – Resultados para o ambiente 2.



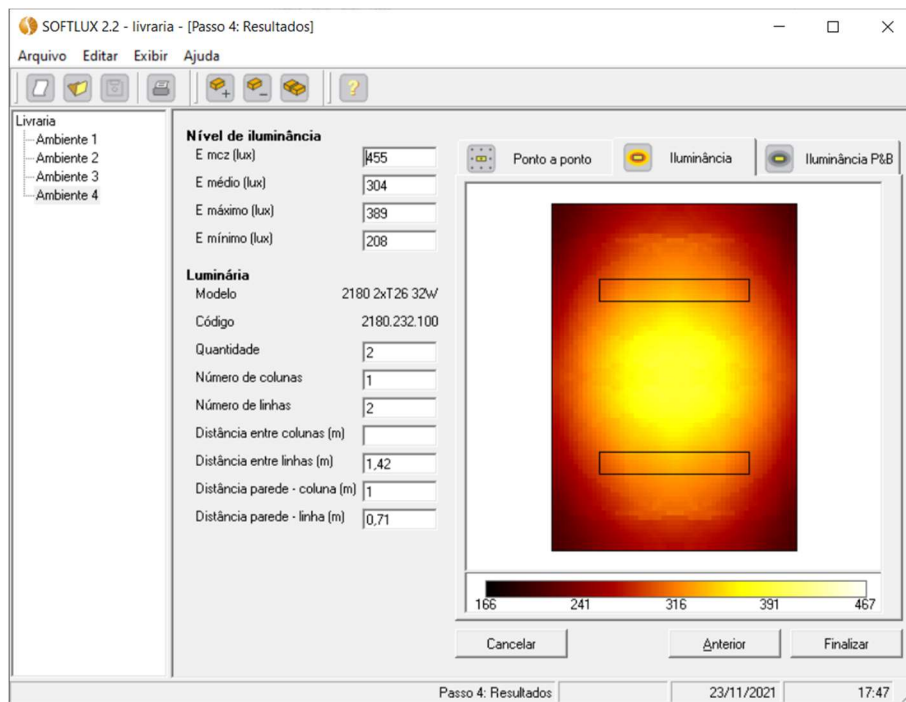
Fonte: SoftLux 2.2® (2021).

Figura 13 – Resultados para o ambiente 3.



Fonte: SoftLux 2.2® (2021).

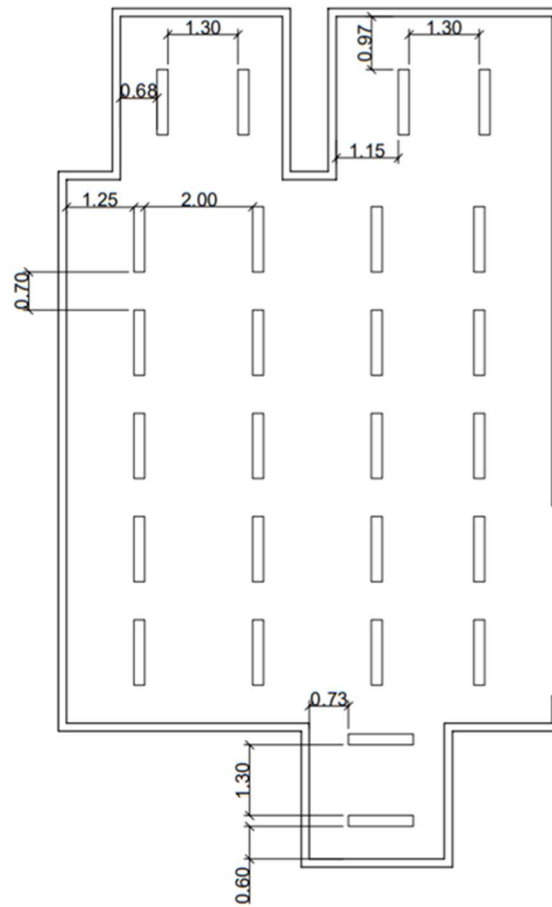
Figura 14 – Resultados para o ambiente 4.



Fonte: SoftLux 2.2<sup>®</sup> (2021).

Portanto, os valores de ambos métodos, analítico e pelo software, convergem para 26 luminárias. A Figura 15 apresenta uma sugestão de distribuição conveniente dessas 26 luminárias comerciais, considerando a posição das prateleiras dispostas no espaço do ambiente.

Figura 15 – Sugestão de distribuição das luminárias.



Fonte: Autoria própria (2021).

#### 4 CONCLUSÃO

A livraria apresentou condições de iluminação que não atendem as recomendações da norma, o valor real medido corresponde a 20,6% da iluminação ideal. Diante disso, a execução do projeto luminotécnico permitiu obter a quantidade e o modelo das luminárias necessárias para atender à média de 500 lux. O dimensionamento resultou em 26 luminárias do tipo TBS050 2XTL-D32W/840 EB CH, sendo recomendado por este trabalho o modelo fabricado pela empresa Philips.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Norma. 5413**: iluminância de interiores. Rio de Janeiro, 1992. Disponível em: <<http://ftp.demec.ufpr.br/disciplinas/TM802/NBR5413.pdf>> Acesso em: 23 set. 2021

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Norma. 15215-4**: iluminância de interiores. Rio de Janeiro, 2005. Disponível em: <[https://labeee.ufsc.br/sites/default/files/projetos/normalizacao/Iluminacao\\_parte4\\_AGO2003.pdf](https://labeee.ufsc.br/sites/default/files/projetos/normalizacao/Iluminacao_parte4_AGO2003.pdf)> Acesso em: 23 set. 2021

BAUMER, M. R. **Higiene do Trabalho Luminotécnica**. 2004. Universidade do Estado de Santa Catarina, Departamento de Engenharia Elétrica – DEE. Disponível em: <[http://arquivos.portaldaindustria.com.br/app/conteudo\\_18/2014/04/22/6281/Manual\\_Iluminacao.pdf](http://arquivos.portaldaindustria.com.br/app/conteudo_18/2014/04/22/6281/Manual_Iluminacao.pdf)>. Acesso em: 12 de set. 2021.

CHOU, Ivone. Iluminação de espaços comerciais. **Revista Lume Arquitetura**, São Paulo, n. 24, p. 54-57, fev./mar. 2007. Disponível em: <[http://www.lumearquitetura.com.br/pdf/ed24/ed\\_24\\_Ponto.pdf](http://www.lumearquitetura.com.br/pdf/ed24/ed_24_Ponto.pdf)> Acesso em: 28 set. 2021.

FERREIRA, Rodrigo Arruda Felício. **Manual de Luminotécnica**. Juiz de Fora, 2010. Disponível em: <<http://www.ufjf.br/ramoieeee/files/2010/08/ManualLuminotecnica.pdf>> Acesso em: 12 set. 2021

FIETZ, C. R.; FISCH, G.F. **O clima da região de Dourados, MS**. Dourados, 2008. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Disponível em: <<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/37989/1/DOC200892.pdf>> Acesso em: 23 out. 2021

GIARETA, Vanessa R. **Avaliação do nível de iluminância em posto de trabalho estudo de caso indústria têxtil**. 2014. 47 f. Monografia (Especialização em Engenharia de Segurança do Trabalho) – Departamento de Construção Civil, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2014. Disponível em: <[http://repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/3544/1/CT\\_CEEST\\_XXVIII\\_2014\\_32.pdf](http://repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/3544/1/CT_CEEST_XXVIII_2014_32.pdf)>. Acesso em: 08 set. 2021.

NAKAYAMA, Midori. Mecanismos da visão e influências da luz. **Revista Lume Arquitetura**, São Paulo, n. 28, out./nov. 2007. Disponível em: <<http://www.lumearquitetura.com.br/pdf/ed28/ed28-Aula-Rapida-Luz-visao-e-saude-Mecanismos-da-visao-e-influencias-da-luz.pdf>> Acesso em: 19 out. 2021

NISKIER, J. MACINTYRE, A. J. **Instalações Elétricas**. 5. ed. LTC, Rio de Janeiro, 2008.

PHILIPS. **Catálogo Luminárias Indoor**. 2021. Disponível em: <<https://www.helenge.com.br/uploads/b1c4294b1409946a923e9e602ea70e95.pdf>> Acesso em: 11 out. 2021.

RODRIGUES, P. **Manual de Iluminação Eficiente**. 1 ed. Procel, 2002.

SILVA, Mauri Luiz da. **Iluminação: Simplificando o Projeto**. Rio de Janeiro: Editora Ciência Moderna, 2009.