

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO CIÊNCIA E  
TECNOLOGIA DE SANTA CATARINA  
CÂMPUS DE JOINVILLE  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELÉTRICA

AMANDA RODRIGUES DOS SANTOS

**LUMINOTÉCNICA EDUCACIONAL COM NEUROLIGHTING: ESTUDO PARA  
AMBIENTES DE ENSINOS MAIS SAUDÁVEIS.**

JOINVILLE

2025

AMANDA RODRIGUES DOS SANTOS

**LUMINOTÉCNICA EDUCACIONAL COM NEUROLIGHTING: ESTUDO PARA  
AMBIENTES DE ENSINOS MAIS SAUDÁVEIS.**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Departamento de Engenharia Elétrica de Joinville do Instituto Federal de Santa Catarina, para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Elétrica.

Orientadora: M.e Prof.<sup>a</sup> Joice Luiz Jeronimo

JOINVILLE

2025

Rodrigues dos Santos, Amanda.

Luminotécnica educacional com neurolighting: estudo para ambientes de ensinos mais saudáveis. – Joinville, SC, 2025.

146 p.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia de Santa Catarina, Curso de Bacharelado em Engenharia Elétrica, Joinville, 2025.

Orientadora: Prof. Me. Joice Luiz Jeronimo.

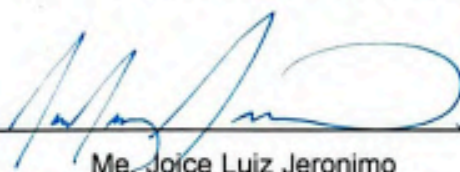
1. Iluminação educacional. 2. Luminotécnica. 3. Neurolighting. I. Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia de Santa Catarina. II. Título.

AMANDA RODRIGUES DOS SANTOS

**LUMINOTÉCNICA EDUCACIONAL COM NEUROLIGHTING: ESTUDO PARA  
AMBIENTES DE ENSINOS MAIS SAUDÁVEIS.**

Monografia apresentada ao curso de Engenharia Elétrica do Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia de Santa Catarina, para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Elétrica.

Joinville, 11 de dezembro de 2025.



Me. Joice Luiz Jeronimo

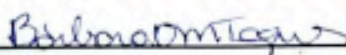
Orientador

Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia de Santa Catarina



Dr. Ana Barbara Knolseisen Sambaqui

Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia de Santa Catarina



Dr. Barbara Ogliari Martins Taques

Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia de Santa Catarina



Dr. Roberta Briesemeister

Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia de Santa Catarina

Dedico este trabalho, com todo meu amor e gratidão, à minha família. E, em especial, ao meu marido, que esteve ao meu lado em todos os momentos, oferecendo amor, incentivo, paciência e força, sendo a peça fundamental na realização deste ciclo.

## **AGRADECIMENTOS**

Tenho muito a agradecer. Primeiramente, a Deus, por sempre me fortalecer e me guiar durante essa longa jornada, desde 2020. Sua presença foi essencial para que eu não desistisse nem desanimasse, mesmo quando tudo parecia estar dando errado.

À minha família, que sempre esteve ao meu lado, e, principalmente, ao meu marido, que caminhou comigo em todos os momentos, me apoiando, me ajudando e me motivando. Sou imensamente grata pela sua vida e por tudo que faz por mim. Aos professores, minha gratidão por todo o conhecimento compartilhado e pela contribuição na minha formação.

Agradeço também aos meus amigos, que fizeram parte dessa jornada. Meu carinho e gratidão á todos.

A cada pessoa que, de alguma forma, fez parte dessa história, meu sincero obrigada!

“A educação é a arma mais poderosa que  
você pode usar para mudar o mundo.”

Nelson Mandela.

## RESUMO

Este trabalho desenvolve um estudo de projeto luminotécnico voltado para ambientes educacionais, com base em princípios da neurociência e na abordagem do *Neurolighting*. A pesquisa parte da compreensão de que a iluminação influencia diretamente aspectos cognitivos, emocionais e físicos dos usuários, especialmente no contexto escolar. O projeto foi elaborado a partir de revisão bibliográfica, normas técnicas e parâmetros neurocientíficos, sendo realizada uma modelagem arquitetônica feita no *SketchUp* e simulações realizadas no *DIALux*. O estudo foi aplicado em uma sala de aula padrão no Bloco 6 e em uma sala de atendimento especial, ambas no Instituto Federal de Santa Catarina, câmpus Joinville, e buscou analisar as variáveis da luz, como temperatura de cor, intensidade e uniformidade, focando na atenção, bem-estar e desempenho dos estudantes. Os resultados demonstram que a aplicação de sistema de iluminação com controle de dimerização e ajustes de temperatura de cor, respeitando o ritmo circadiano, contribui para a criação de um ambiente mais saudável e benéfico ao processo de ensino-aprendizagem e que a interação entre tecnologia, ciência e bem estar deve ser considerada como diretriz essencial no planejamento de espaços escolares.

Palavras-chave: Iluminação educacional; Neurociência; Neurolighting; Luminotécnica; Ritmo circadiano.

## **ABSTRACT**

This work develops a lighting design study for educational environments, based on neuroscience principles and the Neurolighting approach. The research is based on the understanding that lighting directly influences cognitive, emotional and physical aspects of users, especially in the school context. The project was based on a literature review, technical standards and neuroscientific parameters, such as architectural modeling done in SketchUp and simulations carried out in DIALux. The study was applied to a standard classroom and a special care room at the Federal Institute of Santa Catarina, Joinville campus. The aim was to analyze light variables such as color temperature, intensity and uniformity, focusing on student attention, well-being and performance. The results show that the application of a lighting system with dimming control and color temperature adjustments, respecting the circadian rhythm, contributes to creating a healthier and more beneficial environment for the teaching-learning process. The conclusion is that the interaction between technology, science and well-being should be considered an essential guideline when planning school spaces.

Keywords: Educational lighting; Neuroscience; Neurolighting; Lighting technology; Circadian rhythm.

## LISTA DE IMAGENS

Figura 1 – Espectro eletromagnético.....	19
Figura 2 – Exemplo do fluxo luminoso de uma lâmpada.....	20
Figura 3 – Exemplo da intensidade luminosa de uma lâmpada.....	22
Figura 4 – Exemplo de Iluminância.....	23
Figura 5 – Comparativo entre os Conceitos.....	23
Figura 6 – Exemplo de Luminância.....	24
Figura 7 – Exemplo de Refletância.....	25
Figura 8 – Exemplo de Refletância.....	26
Figura 9 – Temperatura de cor.....	27
Figura 10 – Diferentes temperatura de cor ao longo do dia.....	27
Figura 11 – Valores de iluminância de acordo com ambiente, tarefa ou atividade.....	29
Figura 12 - Valores de iluminância no entorno imediato.....	30
Figura 13 – Exemplos dos limites máximos de UGR.....	31
Figura 14– Classificação de cor da lâmpada.....	32
Figura 15 – Locus ceruleus.....	35
Figura 16 – Curva de Variação dos níveis de Cortisol e Melatonina.....	37
Figura 17 – Ciclo circadiano em 24h.....	39
Figura 18 – Vista composta dos tipos de iluminação aplicados no ambiente.....	41
Figura 19 – Vista composta dos tipos de iluminação aplicados no ambiente.....	42
Figura 20 – Modelo conceitual SIN.....	43
Figura 21 – Sala 620.....	47
Figura 22 – Sala de Atendimento Especial (AE).....	48
Figura 23 – Luminaria Taschibra.....	49
Figura 24 – Pontos de medição de níveis de Iluminação sala 620.....	50
Figura 25 – Pontos de medição de níveis de Iluminação sala AE.....	50
Figura 26 – Níveis de Iluminação existente - Sala AE.....	51
Figura 27 – Níveis de Iluminação existente - Sala 620.....	51
Figura 28 – Sala 620 em vista 2D.....	52
Figura 29 – Sala 620 em vista 3D.....	53
Figura 30 – Sala AE em vista 2D.....	54
Figura 31 – Sala de AE em vista 3D.....	54
Figura 32 – Iluminação existente - Sala 620.....	55
Figura 33 – Iluminação simulada existente - Sala 620.....	56
Figura 34 – Dados da simulada existente - Sala 620.....	57
Figura 35 – Isolinhhas simulada existente - Sala 620.....	58
Figura 36 – Isolinhhas simulada existente - Sala 620.....	59
Figura 37 – Ofuscamento existente - Sala 620.....	60
Figura 38 – Índice de Ofuscamento (UGR) existente – Sala 620.....	61
Figura 39 – Iluminação existente - Sala AE.....	62
Figura 40 – Iluminação simulada existente - Sala AE.....	63
Figura 41 – Dados da simulada existente geral - Sala AE.....	64
Figura 42 – Dados da simulada existente sob a mesa - Sala AE.....	64

Figura 43 – Isolinhas simulada existente - Sala AE.....	65
Figura 44 – Isolinhas simulada existente - Sala AE.....	66
Figura 45 – Ofuscamento existente - Sala AE.....	67
Figura 46 – Índice de Ofuscamento (UGR) existente – Sala AE.....	68
Figura 47 – Comparação da iluminância – Sala AE x Simulado.....	69
Figura 48 – Luminária EAA02-S.....	71
Figura 49 – Projeto DIALux – Sala 620.....	73
Figura 50 – Iluminação simulada proposta - Sala 620.....	74
Figura 51 – Dados da simulação proposta - Sala 620.....	75
Figura 52 – Isolinhas simulada proposta - Sala 620.....	76
Figura 53 – Isolinhas com cores simuladas - Sala 620.....	78
Figura 54 – Ofuscamento simulado proposto - Sala 620.....	79
Figura 55 – Dados da simulação proposta - Ofuscamento Sala 620.....	80
Figura 56 – Iluminação simulada proposta - Sala AE.....	81
Figura 57 – Dados da simulação proposta - Sala AE - Geral.....	82
Figura 58 – Dados da simulação proposta - Sala AE - Mesa de trabalho.....	82
Figura 59 – Isolinhas simulada proposta - Sala AE.....	83
Figura 60 – Isolinhas com cores simuladas - Sala AE.....	84
Figura 61 – Ofuscamento simulado proposto - Sala AE.....	85
Figura 62 – Dados da simulação proposta - Ofuscamento Sala AE.....	85
Figura 63 – Sensor Apollo TW.....	87
Figura 64 – Pré-set do ciclo circadiano apollo TW.....	88
Figura 65 – Comparação Pré-set do ciclo circadiano apollo TW.....	88
Figura 66 – Pré-set Dimmer Suave -.....	89
Figura 67 – Controle Zeus.....	90
Figura 68 – Montagem das luminárias - Sala AE.....	92
Figura 69 – Quadro Elétrico - circuito sala AE.....	93
Figura 70 – Esquema de ligação elétrico.....	94
Figura 71 – Pontos de medição sala AE - Depois.....	97
Figura 72 – Esquema de ligação elétrico.....	98
Figura 73 – Níveis de Iluminação Dialux x Medidos - Depois sala AE.....	100
Figura 74 – Cena 1.....	101
Figura 75 – Cena 2.....	102
Figura 76 – Cena 3.....	103
Figura 77 – Cena 4.....	104
Figura 78 – Cena 5.....	105
Figura 79 – Cursos dos Participantes.....	106
Figura 80 – Função dos participantes.....	107
Figura 81 – Turno dos participantes.....	107
Figura 82 – Resultados sobre Intensidade Luminosa.....	108
Figura 83 – Resultados sobre Uniformidade.....	109
Figura 84 – Resultados dos reflexos.....	110
Figura 85 – Resultados do Sistema de Iluminação (Tunable White).....	110

## LISTA DE TABELAS

Tabela 01 - Especificações Técnicas de Luminária.....	66
Tabela 02 – Cenas configuradas no Sistema Apollo TW.....	80
Tabela 03 – Quadro de materiais utilizados.....	85
Tabela 04 – Custo dos materiais utilizados.....	86

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
AE	Atendimento Especial
CAR	Cortisol Awakening Response
CCT	Correlato de Temperatura de Cor
CEPSH	Comitê de Ética em Pesquisa com Seres Humanos
CIE	Comissão Internacional de Iluminação
DIALux	Software de Simulação luminotécnica
HCL	Human Centric Lighting
IFSC	Instituto Federal de Santa Catarina
IRC	Índice de Reprodução de Cor
ISO	International Organization for Standardization
LED	Light Emitting Diode
NBR	Norma da Associação Brasileira de Normas Técnicas
NSQ	Núcleo Supraquiasmático
SIN	Naturalidade, Individualidade, Estimulação
UGR	Índice de ofuscamento

## SUMÁRIO

<b>1 Introdução.....</b>	<b>15</b>
1.1 Contextualização do tema.....	15
1.2 Justificativa.....	16
1.3 Objetivos.....	17
1.4 Objetivos Específicos.....	17
1.5 Metodologia.....	18
<b>2 Fundamentação Teórica.....</b>	<b>19</b>
2.1 Conceitos Luminotécnicos.....	19
2.1.1 Luz.....	19
2.1.2 Fluxo Luminoso.....	20
2.1.2. Intensidade Luminosa.....	21
2.1.3. Iluminância.....	22
2.1.4. Luminância.....	23
2.1.5. Refletância.....	24
2.1.6. Índice de reprodução de cor (IRC).....	25
2.1.7. Temperatura de cor (TCC).....	26
2.2 Norma ABNT NBR ISO/CIE 8995-1.....	28
2.2.1. Definições.....	28
2.3 Critérios do projeto de Iluminação.....	28
2.3.1. Iluminância.....	29
2.3.2. Iluminância no entorno imediato.....	29
2.3.3. Uniformidade.....	30
2.3.4. Ofuscamento.....	30
2.3.5. Direcionalidade.....	31
2.3.6. Iluminação direcional de tarefas visuais.....	31
2.3.7. Aspectos e Reprodução de cor.....	31
2.4 Iluminação centrada no ser humano (Human Centric Lighting).....	33
2.4.1 A luz e o cérebro: contribuições da neurociência para ambientes educacionais.....	34
2.4.2 Neurolighting na prática: neurobiológicos da luz.....	36
2.4.3 Ciclo Circadiano.....	38
2.5 Estudos de Caso e Pesquisas Relacionadas.....	40
<b>3 Metodologia do Projeto Luminotécnico.....</b>	<b>45</b>
3.1 Revisão bibliográfica.....	45
3.2 Procedimentos Iniciais.....	45
3.3 Características dos ambientes Estudados.....	46
3.4 Levantamento dos dados nos ambientes existentes.....	49
3.5 Simulação Computacional - Existente.....	52

3.5.1 Sala 620 - Situação Existente.....	55
3.5.2 Sala atendimento especial - Situação Existente.....	62
3.5.3 Análise dos Dados: Simulado x Real.....	68
3.6 Proposta de projeto Luminotécnico.....	69
3.6.1 Especificações Técnicas da Luminária - EAA02-S.....	72
3.6.1 Proposta Luminotécnico - Sala 620.....	73
3.6.2 Proposta Luminotécnico - Sala AE.....	81
3.7 Automação.....	86
3.7.1 Controladores Apollo no Sistema de Automação Luminotécnica do Projeto.....	86
3.7.2 Controle Zeus.....	90
3.7.3 Criação de Cenários.....	91
3.8 Aplicação do projeto Luminotécnico na Sala de Atendimento Especial (AE):.....	92
3.8.1 Montagem do projeto Luminotécnico:.....	92
3.8.2 Esquema de ligação Apollo TW x Luminárias.....	94
3.8.3 Materiais utilizados.....	96
3.8.4 Orçamento dos Materiais utilizados.....	97
3.8.5 Análise da iluminação.....	98
3.8.6 Análise da iluminação x Simulado - Depois.....	100
3.8.7 Iluminação - Cenas existentes.....	101
<b>4 Resultados das Avaliações.....</b>	<b>107</b>
4.1 Participantes.....	107
4.2 Intensidade e Uniformidade da Iluminação.....	109
4.3 Conforto Visual.....	110
4.3 Síntese de Resultados.....	112
<b>5 Conclusão.....</b>	<b>113</b>
<b>6 Trabalhos Futuros.....</b>	<b>114</b>
REFERÊNCIAS.....	115
APÊNDICE A – SIMULAÇÃO LUMINOTÉCNICA - SALA AE ANTES.....	120
APÊNDICE B – SIMULAÇÃO LUMINOTÉCNICA - SALA 620 ANTES.....	124
APÊNDICE C – SIMULAÇÃO LUMINOTÉCNICA - SALA AE DEPOIS.....	128
APÊNDICE D – SIMULAÇÃO LUMINOTÉCNICA - SALA 620 DEPOIS.....	132
ANEXO A – CATÁLOGO TÉCNICO EAA02-S.....	136
ANEXO B – CATÁLOGO TÉCNICO APOLLO TW.....	137
ANEXO C – CATÁLOGO TÉCNICO LUMINARIA.....	138
ANEXO D – RELATÓRIO DE CRIAÇÃO DE CENÁRIOS.....	139
ANEXO E – ORÇAMENTO LUMICENTER - SEM DESCONTO.....	141
ANEXO F – ORÇAMENTO LUMICENTER - COM DESCONTO.....	144

## 1 Introdução

Este trabalho apresenta o desenvolvimento de pesquisas sobre o tema de Neuroiluminação (*Neurolighting*) com o objetivo inicial de compreender esse conceito emergente e sua importância para ambientes educacionais.

Em um segundo momento, a pesquisa se concentra na aplicação prática de um projeto de iluminação no ambiente escolar do Instituto Federal de Santa Catarina (IFSC), buscando integrar princípios de iluminação neural em espaços educacionais.

### 1.1 Contextualização do tema

Atualmente, a maior parte do nosso tempo fica nos ambientes fechados, como nossas casas, locais de trabalho, academias e restaurantes. Estudos mostram que as pessoas passam, na média, 90% do tempo em ambientes fechados (Koi Comunicação, 2018). Nesse contexto, a iluminação deixa de ter apenas uma função estética e passa a desempenhar um papel fundamental no bem-estar, no desempenho cognitivo e na saúde física e mental das pessoas.

No ambiente educacional, esse aspecto tornou-se ainda mais relevante, uma vez que a escola exerce uma função essencial na sociedade, contribuindo para a formação de futuros cidadãos por meio do processo de ensino e aprendizagem, necessitando de uma estrutura adequada para esta contribuição. Pois, a luz é um dos principais sincronizadores do ciclo circadiano, diretamente relacionado à regulação hormonal, à concentração e ao desempenho cognitivo, o que evidencia a importância de ambientes escolares bem iluminados. As escolas públicas do Brasil, em sua grande maioria, não apresentam a estrutura física necessária, considerada básica para educar. Isso acontece principalmente naquelas de ensino fundamental, onde começa a relação aluno e ambiente escolar. Estudos jornalísticos com base em análise técnica de pesquisadores indicam que apenas cerca de 0,6% das escolas brasileiras têm infraestrutura considerada como “avançada” (UBES, 2013).

Com os avanços da neurociência aplicada à arquitetura e uma compreensão maior sobre como os espaços físicos estão relacionados à saúde mental, como emoções e o comportamento, surge o conceito de Neuroiluminação (*Neurolighting*). Esse conceito estuda a relação direta entre a luz e o ser humano, analisando

características da iluminação como: intensidade, temperatura de cor e dinâmica, e como elas impactam as funções biológicas, emocionais e cognitivas. Segundo Foster (2020), a exposição à luz inadequada pode gerar desregulação do ciclo biológico, afetando diretamente o humor, a produtividade e o desenvolvimento cognitivo.

Pesquisas desenvolvidas pelo *Light and Health Research Center*, nos Estados Unidos, reforçam que uma iluminação adequada contribui para a melhoria do estado de alerta, da disposição, da qualidade do sono e do desempenho em tarefas cognitivas. Esses estudos mostram que a luz pode ser uma ferramenta poderosa não apenas para promover o conforto visual, mas também para ajudar nas funções biológicas e mentais.

Diante desse cenário, os projetos luminotécnicos destinados a ambientes educacionais precisam ir além do simples atendimento às normas técnicas. É necessário considerar fatores que promovam não só conforto visual, mas também bem-estar, saúde e estímulo cognitivo. A aplicação dos princípios da neurociência na iluminação destes espaços contribui significativamente para a qualidade de vida dos estudantes, podendo aumentar a capacidade de foco, reduzir o cansaço visual, regular o ciclo circadiano e, conseqüentemente, potencializar o processo de aprendizagem.

Além disso, vivemos em uma era em que se confirma cada vez mais a importância de projetos que colocam o ser humano como peça central — o chamado design centrado no usuário. Como destaca o *International WELL Building Institute* certificando que todos os espaços promovam a saúde e bem estar.

Dessa forma, compreender e aplicar os conceitos de neuroiluminação em ambientes educacionais é um caminho essencial para tornar as escolas não apenas espaços de transmissão de conhecimento, mas ambientes saudáveis, acolhedores e estimulantes, alinhados às necessidades biológicas e cognitivas dos estudantes. Essa visão representa um avanço significativo na maneira de como projetar, considerando a ciência como aliada no desenvolvimento de espaços transformadores.

## 1.2 Justificativa

Este estudo se justifica pela crescente demanda por ambientes de educação cada vez mais eficazes, elevados e em sintonia com as necessidades humanas. A iluminação não afeta apenas aquilo que conseguimos ver, como a visibilidade, mas também impacta no bem-estar físico, emocional e cognitivo das pessoas, particularmente em contextos escolares.

Com o avanço da neurociência surgem ideias como a neuroiluminação, que analisa a influência da luz nos ritmos biológicos, no humor, na atenção e na eficiência produtiva. Esta estratégia, quando empregada no contexto educacional, pode trazer melhorias notáveis na qualidade de ensino, no rendimento dos estudantes e na criação de um ambiente mais saudável e receptivo.

Embora tenha havido progresso, ainda se observa uma escassez na implementação desses conceitos em projetos luminotécnicos no ambiente educacional, que frequentemente priorizam aspectos normativos e econômicos, negligenciando a saúde, o conforto e o bem-estar.

Portanto, este estudo é significativo não só pela contribuição acadêmica e científica, mas também pela chance de provocar um impacto prático no campo de projetos de iluminação, auxiliando na preparação de profissionais mais conscientes e aptos a oferecer soluções que combinam técnica, bem-estar e neurociência aplicada. Ademais, atende ao interesse de ampliar os conhecimentos em projetos de iluminação humanizados.

## 1.3 Objetivos

Este trabalho tem como objetivo geral apresentar um projeto luminotécnico para um ambiente educacional, fundamentado nos conceitos de *neurolighting*, alinhando a técnica com o bem-estar físico, cognitivo e emocional dos usuários em sala de aula. Para isso, serão abordados os princípios básicos da iluminação, os parâmetros técnicos, as influências neurobiológicas da luz e a aplicação prática desses conhecimentos na elaboração de um projeto eficiente e humanizado.

#### 1.4 Objetivos Específicos

Para alcançar o objetivo geral o trabalho apresenta os seguintes objetivos específicos:

- I. Desenvolver e implementar um projeto luminotécnico educacional com foco em *Neurolighting* em uma sala de Atendimento Especial (AE) em uma sala comum no IFSC;
- II. Compreender as principais normas de iluminação para diferentes tipos de ambientes e parâmetros neurocientíficos;
- III. Seguir os critérios de acordo com a Norma ABNT NBR ISO/CIE 8995-1;
- IV. Realizar o projeto arquitetônico da sala de aula com *Software sketchup*;
- V. Projetar a iluminação através do *Software Dialux*;
- VI. Implementar projeto na sala de aula escolhida do IFSC;
- VII. Analisar resultados antes x depois da implementação.

#### 1.5 Metodologia

Este trabalho caracteriza-se como um estudo, com abordagem que visa compreender e aplicar conceitos científicos no desenvolvimento de um projeto luminotécnico educacional baseado nos princípios da neurociência, especialmente na neuroiluminação (*Neurolighting*).

A pesquisa foi desenvolvida por meio de levantamento bibliográfico e documental, utilizando artigos científicos, normas técnicas e materiais na área de iluminação.

Além disso, o estudo é aplicado em um ambiente educacional, considerando dimensões características funcionais e as necessidades dos usuários, para uma simulação e desenvolvimento de um projeto luminotécnico.

O trabalho avançou em etapas específicas, que incluem: levantamento de dados, análise do espaço, definição dos critérios técnicos e neurocientíficos, elaboração do projeto luminotécnico, e por fim, análise dos resultados.

## 2 Fundamentação Teórica

### 2.1 Conceitos Luminotécnicos

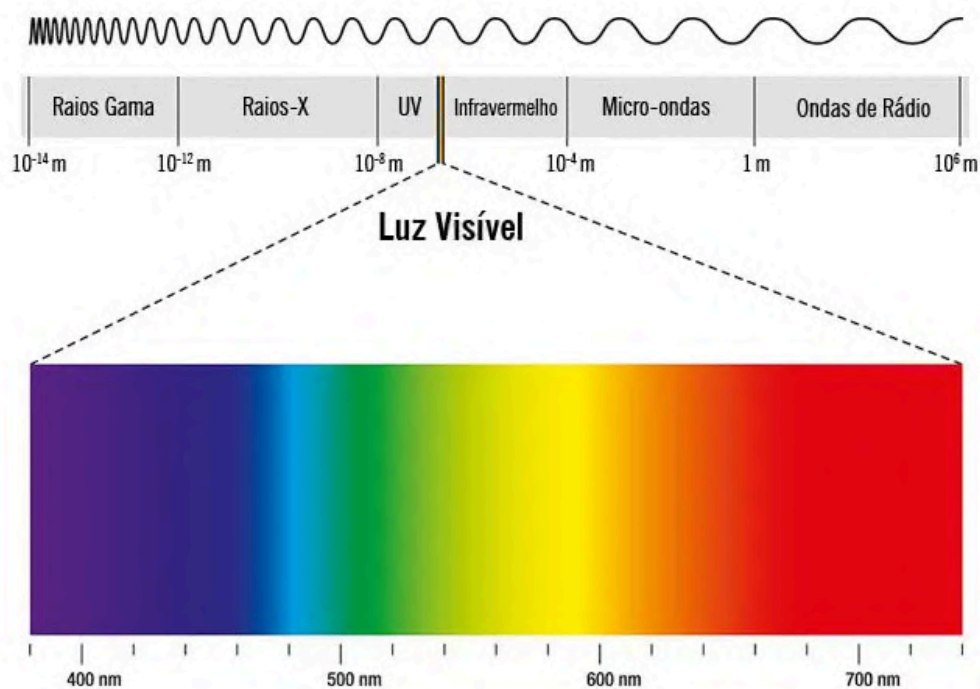
A seguir, são apresentadas as principais definições e conceitos utilizados na luminotécnica, que servem de base para o desenvolvimento de projetos de iluminação.

#### 2.1.1 Luz

No ponto de vista científico, a luz é uma forma de radiação eletromagnética cuja faixa de frequência que se propaga é perceptível ao olho humano.

A faixa de radiação eletromagnética que o olho humano consegue perceber é denominado de espectro visível, as ondas que compõem esse espectro possuem comprimentos de ondas situados aproximadamente entre 400 nanômetros (nm) e 700 nanômetros (nm). A figura 1, ilustra o espectro eletromagnético, destacando a faixa correspondente a luz visível.

Figura 1 – Espectro eletromagnético

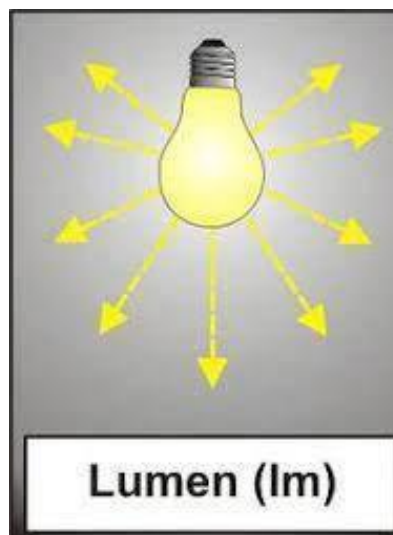


Fonte: Toda Matéria (s.d.).

### 2.1.2 Fluxo Luminoso

A energia luminosa de uma fonte é percebida pelo olho humano como o fluxo luminoso que sai de um ângulo sólido de 1 esferorradiano, por uma fonte puntiforme de intensidade constante e igual a 1 candela (cd), em todas as direções. Assim, considerada uma esfera de 1 metro de raio, cujo ângulo sólido ( $\omega$ ) abrange uma área de  $1\text{m}^2$  na superfície conhecida como esferorradiano, o fluxo luminoso que sai deste ângulo sólido corresponde exatamente a 1 lúmen (lm). A figura 2 ilustra o fluxo luminoso de uma lâmpada.

Figura 2 – Exemplo do fluxo luminoso de uma lâmpada.



Fonte: Ribeiro Júnior, R. – Aula 18 (UFPR).

O fluxo luminoso ( $\Phi$ ) é calculado pela seguinte expressão:

$$\Phi = E \cdot S / O \cdot d$$

Sendo esses parâmetros acima:

S = Área do local em  $\text{m}^2$ .

E = Iluminância em lux.

O = Coeficiente de utilização.

d = Fator de depreciação e refletâncias do teto e paredes.

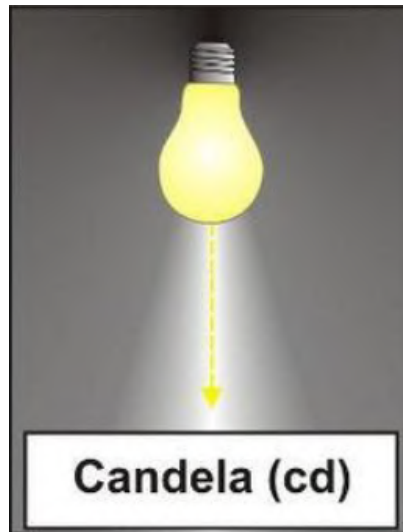
O fator de “d” representa a influência da depreciação do sistema de iluminação ao longo do tempo e das reflexões do teto e das paredes no desempenho luminoso do ambiente. Com o uso contínuo, as lâmpadas perdem eficiência luminosa devido ao envelhecimento, ao acúmulo de poeira e a redução do rendimento das luminárias, o que provoca a diminuição do fluxo luminoso efetivamente disponível. Além disso, as cores e os materiais das superfícies internas interferem diretamente na quantidade de luz refletida: superfícies claras possuem maior refletância e contribui para melhor aproveitamento da luz, enquanto superfícies escuras absorvem mais luz, exigindo maior fluxo luminoso. Assim, o fator d corrige o cálculo do fluxo luminoso para garantir que o nível de iluminância projetado seja mantido ao longo do tempo e em função das características do ambiente.

#### 2.1.2. Intensidade Luminosa

É caracterizada pela potência emitida por uma fonte de luz numa direção específica. Conforme mostrado na figura 3, o fluxo de luz que se propaga em um sentido, representado por I.

Portanto, a intensidade luminosa diz respeito à intensidade da luz que é projetada em um objeto em uma direção específica. Para luminárias ou lâmpadas com feixe de luz específico, a intensidade luminosa é afetada pelo ângulo de abertura do feixe da fonte luminosa. Assim, a intensidade da luz aumenta conforme o ângulo de abertura diminui.

Figura 3 – Exemplo da intensidade luminosa de uma lâmpada.



Fonte: Ribeiro Júnior, R. – Aula 18 (UFPR).

### 2.1.3. Iluminância

É uma medida de luminosidade que representa a relação entre a quantidade de luz e o fluxo luminoso, incidindo de maneira perpendicular a uma região, é determinado pela seguinte fórmula:

$$E = \Phi/S$$

Sendo esses parâmetros acima:

$E$  = Iluminância [lux].

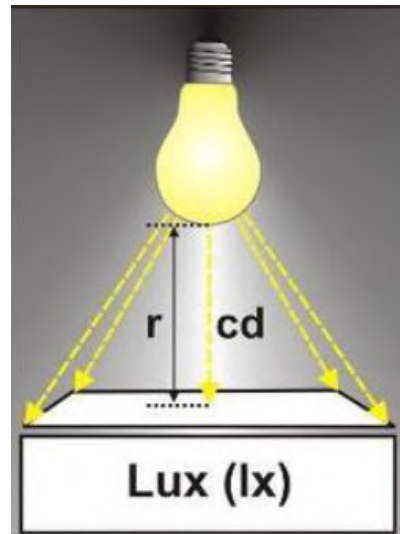
$\Phi$  = Fluxo luminoso [lm].

$S$  = Área do local [m<sup>2</sup>].

Esta fórmula representa a iluminação de uma área de 1m<sup>2</sup>. Obtém um fluxo de luz de uma fonte puntiforme localizada a 1 metro de distância na direção perpendicular, cuja intensidade é de 1 lúmen, distribuído uniformemente por metro quadrado.

Portanto, o lux é a sua unidade, e o instrumento que mede essa medida é o luxímetro. Assim, o termo iluminância se refere à medida da quantidade de luz que um objeto emite em uma área específica de superfície, como pode ser observado na figura 4.

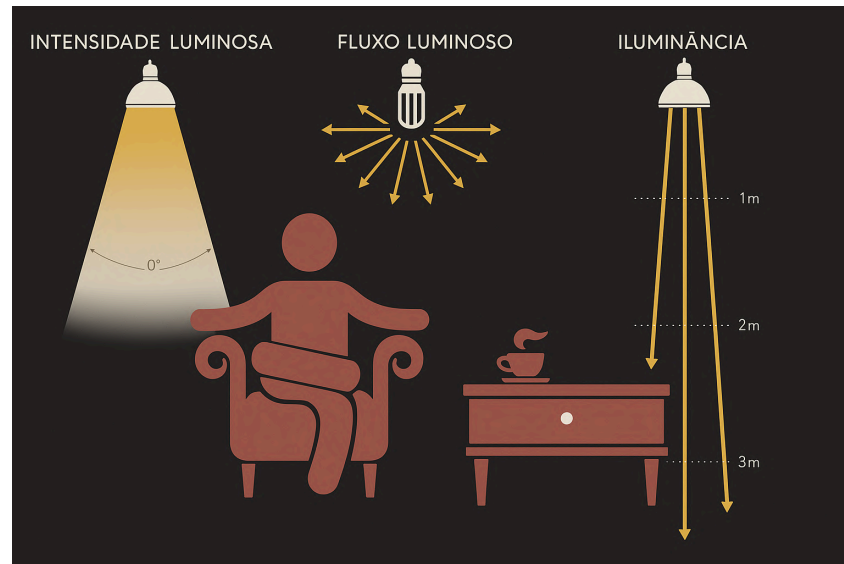
Figura 4 – Exemplo de Iluminância.



Fonte: Ribeiro Júnior, R. – Aula 18 (UFPR).

A figura 5, abaixo, fornece um comparativo visual entre os três conceitos de luminotécnica abordados: fluxo luminoso ( $\Phi$ ), intensidade luminosa ( $I$ ) e iluminância ( $E$ ).

Figura 5 – Comparativo entre os Conceitos



Fonte: Ribeiro Júnior, R. – Aula 18 (UFPR).

#### 2.1.4. Luminância

É a relação entre a intensidade luminosa em candelas e a superfície em metros quadrados, calculada pela fórmula:

$$L = I/S$$

Sendo os parâmetros:

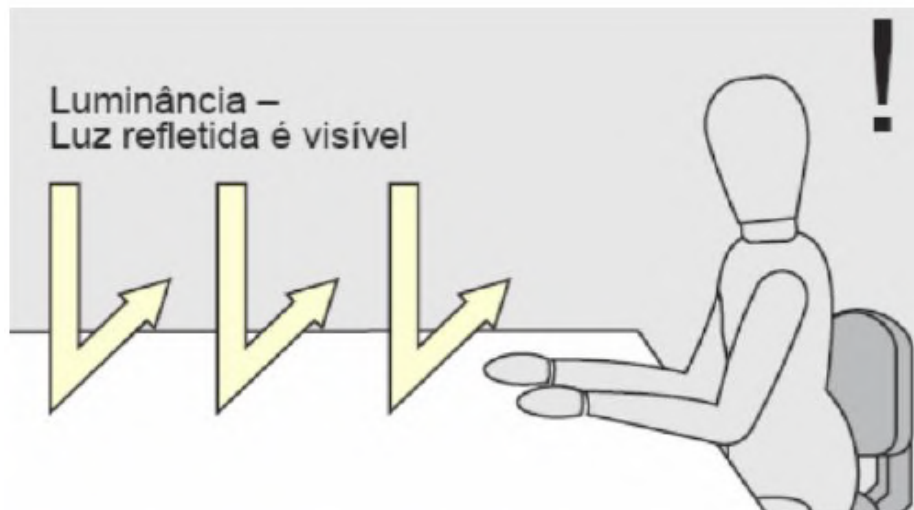
E = Luminância, medida em candela por m<sup>2</sup> [cd/m<sup>2</sup>]

I = Intensidade Luminosa, medida em candela [cd]

S = Área do local [m<sup>2</sup>].

Análise da quantidade de luz emitida que atravessa ou é refletida por uma superfície específica com um ângulo específico. Portanto, a luminância indica o brilho da luz refletida por uma superfície, como mostrado na figura 6.

Figura 6 – Exemplo de Luminância.



Fonte: Ribeiro Júnior, R. – Aula 18 (UFPR).

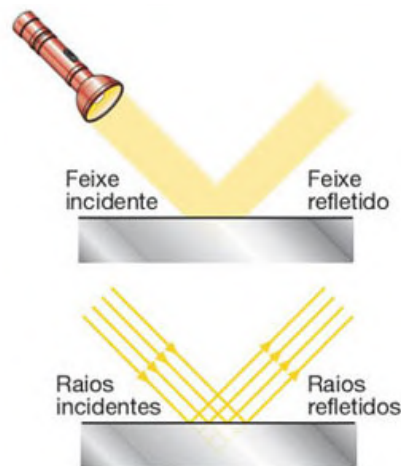
### 2.1.5. Refletância

É o porcentual de luz que uma superfície reflete. Se trata do cálculo da densidade.

A intensidade da luz é refletida por uma superfície visível em uma direção específica, ou seja, a refletância é a relação entre a luz emitida e seu reflexo no meio, que pode variar de acordo com o tipo de luz emitida conforme o fluxo de luz, sendo a unidade de candela por metro quadrado ( $\text{cd}/\text{m}^2$ ).

A figura 7 exemplifica o conceito de refletância em uma superfície.

Figura 7 – Exemplo de Refletância

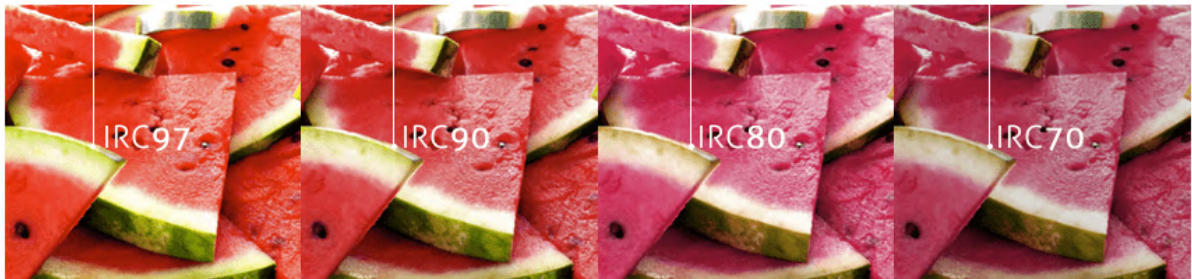


Fonte: Explicatorium (s.d.)

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

O índice de reprodução de cor, se refere à capacidade de uma fonte luminosa em reproduzir as cores dos objetos de forma fiel, aproximando-se das cores que eles apresentam sob a luz natural. As lâmpadas são divididas de acordo com esse índice de reprodução de cor, variando em IRC 60|70|80|90 e até 100. Quanto mais próximo do 100 mais fidedignas serão as cores dos objetos que está sendo iluminado. Na figura 8, mostra que quanto maior o IRC de uma lâmpada, mais natural é a cor do objeto iluminado.

Figura 8 – Exemplo de Refletância



Fonte: CA-2 (s.d.).

### 2.1.7. Temperatura de cor (TCC)

A temperatura de cor não é relacionada ao calor físico emitido pela luz, mas sim à tonalidade que ela aparenta ter. O termo surgiu através de um experimento de William Thomson (Lord Kelvin), no século XIX, que observou como um “corpo negro”<sup>1</sup> aquecido passava a emitir luz visível conforme a temperatura de cor aumentava. O processo originou a escala Kelvin (K), que associa cada tonalidade luminosa a uma determinada temperatura. No contexto geral, quanto maior a temperatura de cor, mais azulada e fria parece ser a luz e quanto menor, mais amarelada e quente é sua aparência, como mostra a figura 9.

<sup>1</sup>Na física, um corpo negro é um objeto hipotético que absorve toda a radiação eletromagnética que nele incide: nenhuma luz o atravessa e nem é refletida.

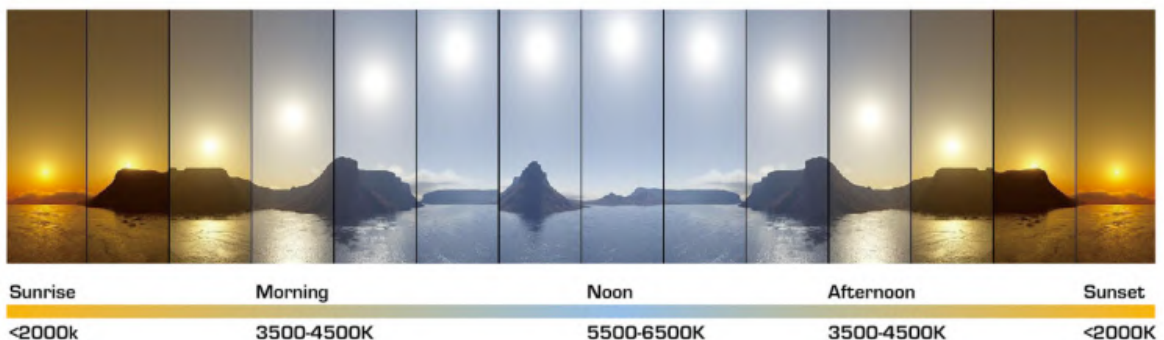
Figura 9 – Temperatura de cor



Fonte: HDA Iluminação LED, 2020.

A luz solar serve como referência para a iluminação artificial, sendo que sua temperatura de cor varia ao longo do dia conforme a posição do sol e outros fatores como poeira, gases e poluentes. No início da manhã, por exemplo, essa temperatura varia entre 2400K a 2700K, alcança cerca de 5000K ao meio-dia e volta apresentar tons mais quentes e amarelados ao entardecer, conforme mostra a figura 10.

Figura 10 – Diferentes temperatura de cor ao longo do dia



Fonte: PAULO, (s.d.).

## 2.2 Norma ABNT NBR ISO/CIE 8995-1

### 2.2.1. Definições

A norma estabelece definições para os seguintes termos abaixo:

- Tarefa Visual: elementos visuais de uma tarefa a ser realizada;
- Área da Tarefa: parte da área de um determinado local de trabalho no qual a tarefa está sendo realizada;
- Iluminância mantida: valor mínimo de iluminância média para cada tipo de tarefa;
- Índice de ofuscamento unificado (UGR): definição da CIE para o nível de desconforto por ofuscamento, possuindo um valor máximo permitido para um projeto para uma determinada instalação de iluminação;
- Plano de Trabalho: superfície definida como plano de trabalho.

### 2.3 Critérios do projeto de Iluminação

Uma boa iluminação para um local de trabalho, vai além de apenas fornecer uma boa visualização da tarefa que está sendo executada, é essencial que as tarefas sejam realizadas facilmente e com conforto, a fim de satisfazer isto, é necessário destacar alguns parâmetros que corroboram para isso, tais como:

- Distribuição da iluminância;
- luminância;
- Ofuscamento;
- Direcionalidade da luz;
- Aparência da cor da luz e superfícies;
- Cintilação;
- Luz natural;
- Manutenção.

Em relação à iluminação, o desconforto causado pelo ofuscamento e a reprodução de cores serão definidos de acordo com as atividades. Neste estudo serão focadas na área educacional.

### 2.3.1. Iluminância

A distribuição de luz nas áreas de trabalho e no entorno imediato tem um efeito na maneira como o usuário percebe e executa a tarefa visual de maneira ágil, segura e confortável. Em locais onde a área específica não é conhecida, a área onde a tarefa pode acontecer é vista como a área de trabalho.

Os parâmetros para o ambiente na sala de aula podem ser interpretados como a área de trabalho, considerando a quantidade e a disposição das mesas dos estudantes e docentes. Conforme especificado na norma ABNT NBR ISO/CIE 8995-1, os valores de iluminação são definidos, conforme na figura 11. A iluminação mínima necessária para atividades em sala de aula é de 500 lux.

Figura 11 – Valores de iluminância de acordo com ambiente, tarefa ou atividade.

Tipo de ambiente, tarefa ou atividade	$\bar{E}_m$ lux	$UGR_L$	$R_a$	Observações
<b>28. Construções educacionais</b>				
Brinquedoteca	300	19	80	
Berçário	300	19	80	
Sala dos profissionais do berçário	300	19	80	
Salas de aula, salas de aulas particulares	300	19	80	Recomenda-se que a iluminação seja controlável.
Salas de aulas noturnas, classes e educação de adultos	500	19	80	

Fonte: Adaptado de ABNT NBR ISO/CIE 8995-1.

### 2.3.2. Iluminância no entorno imediato

A iluminância no entorno imediato está relacionada com a área da tarefa, e condiz com uma boa distribuição da luminância no campo de visão. Modificações drásticas da mesma, podem levar a esforço visual estressante e desconforto.

Portanto, a norma estabelece que a iluminância pode ser mais baixa que na área da tarefa, mas não pode ser inferior aos valores estabelecidos na figura 12.

Figura 12 - Valores de iluminância no entorno imediato.

Iluminância da tarefa lux	Iluminância do entorno imediato lux
≥ 750	500
500	300
300	200
≤ 200	Mesma iluminância da área de tarefa

Fonte: Adaptado de ABNT NBR ISO/CIE 8995-1.

### 2.3.3. Uniformidade

A iluminância deve se alterar gradualmente. A área de trabalho deve ser bem iluminada e, se possível, de forma uniforme. De acordo com a Norma ABNT NBR ISO/CIE 8995-1, a uniformidade da iluminância na tarefa não pode ser menor que 0,7 e a uniformidade da iluminância no entorno imediato não pode ser inferior a 0,5. Esta uniformidade pode ser calculada da seguinte forma:

$$U = E_{mín}/E_{méd} \text{ (lux)}$$

Sendo esses parâmetros:

U = Uniformidade do ambiente;

$E_{mín}$  = Iluminância mínima do ambiente;

$E_{méd}$  = Iluminância média do ambiente.

### 2.3.4. Ofuscamento

Existem dois tipos de ofuscamento, provocados por áreas luminosas no campo de visão, que podem provocar tanto um ofuscamento desconfortável quanto um ofuscamento inabilitador. Ambos podem provocar fadiga, incômodo e até acidentes.

O fenômeno de ofuscamento inabilitador é comumente visto na iluminação externa, porém também pode surgir em fontes luminosas fortes, como uma janela em um ambiente com pouca luz.

O ofuscamento desconfortável, no interior de locais de trabalho, geralmente surgem a partir de luzes intensas ou janelas. Se os limites para o ofuscamento desconfortável forem atendidos, o ofuscamento inabilitador não será um problema.

A norma recomenda que em ambiente escolar o índice de ofuscamento não seja excedido maior ou igual a 19, conforme mostrado na figura 13.

Figura 13 – Exemplos dos limites máximos de UGR

Desenho técnico	$\leq 16$
Leitura, escrita, salas de aula, computação, inspeções	$\leq 19$
Trabalho em indústria, exposições, recepção	$\leq 22$
Trabalho bruto, escadas	$\leq 25$
Corredores	$\leq 28$

Fonte: Adaptado de ABNT NBR ISO/CIE 8995-1.

### 2.3.5. Direcionalidade

A luz direcional tem o intuito de realçar objetos, texturas e melhorar a aparência das pessoas em um ambiente. Ou seja, ela aumenta a visibilidade, permitindo que as atividades sejam realizadas com mais facilidade e conforto.

### 2.3.6. Iluminação direcional de tarefas visuais

A iluminação direcional é importante, pois facilita a tarefa visual e oferece melhor visibilidade para a execução de atividades.

### 2.3.7. Aspectos e Reprodução de cor

A lâmpada é caracterizada por dois atributos principais:

1. A aparência da cor: se refere à tonalidade da luz que ela emite, podendo ser descrita como sua temperatura de cor, mencionado na figura 14.

Normalmente as lâmpadas podem ser divididas em três grupos, conforme a aparência de cor está mostrado na figura 14.

Figura 14– Classificação de cor da lâmpada

Aparência da cor	Temperatura de cor correlata
quente	abaixo de 3 300 K
intermediária	3 300 K a 5 300 K
fria	acima de 5 300 K

Fonte: ABNT NBR ISO/CIE 8995-1.

2. Índice de Reprodução de Cor (IRC): corresponde à capacidade da lâmpada de reprodução de cor, afetando diretamente a percepção visual.

É importante salientar que os objetos não possuem uma cor definida. A aparência que conseguimos visualizar é o resultado da interação entre a luz que incide sobre o objeto e a forma que ela reflete. A seguir é apresentado um demonstrativo de como diferentes temperaturas de cor podem alterar a percepção visual.

O índice de reprodução de cor, também denominado Ra, é um parâmetro indicado pela norma ABNT NBR ISO/CIE 8995-1. A norma recomenda que não sejam utilizadas lâmpadas com IRC inferiores a 80 em ambientes internos onde haja permanência prolongada de pessoas ou realização de atividades de trabalho. Em sala de aula, o valor mínimo recomendado de IRC é 80, a fim de garantir uma reprodução fiel das cores e ajudar no conforto visual.

## 2.4 Iluminação centrada no ser humano (*Human Centric Lighting*)

A iluminação centrada no ser humano, conhecida como *Human Centric Lighting* (HCL), representa uma abordagem contemporânea no *design* luminotécnico, cujo foco vai além da visibilidade e funcionalidade.

Seu propósito é alinhar a luz artificial às necessidades biológicas, emocionais e cognitivas do ser humano, promovendo saúde, bem-estar e desempenho de forma integrada como os ritmos circadianos naturais.

Com o passar do tempo e a evolução dos estudos sobre o bem-estar humano, comprovou-se que a função da luz artificial deve ir muito além de simplesmente nos ajudar a enxergar.

No passado, nossos corpos eram acostumados a acordar com o sol, trabalhar ao ar livre e dormir quando o sol se punha. Atualmente, isso já não está mais em harmonia, pois passamos a maior parte do nosso dia em lugares fechados. Neste contexto, uma fonte de luz constante ao longo do dia não é compatível com a necessidade do nosso organismo. Assim, o conceito HCL surge como resposta a este desafio, oferecendo condições de iluminação artificial em harmonia com o ciclo biológico humano, que permitem variação de temperatura de cor, intensidade e duração da luz conforme o período do dia.

Nos ambientes educacionais, os benefícios da iluminação centrada no ser humano são amplamente comprovados. Temperatura de cor, aliadas ao controle de intensidade, podem melhorar o desempenho, a atenção, o humor e o conforto visual, além de reduzir a fadiga e erros.

A HCL também se relaciona com os princípios de *Neurolighting*, ciência que estuda como a luz influencia o estado físico e emocional. Fatores como Índice de reprodução de cor (IRC), controle de ofuscamento unificado (UGR) são essenciais para garantir o conforto visual em longos períodos de permanência em ambientes fechados.

Na prática, a iluminação centrada no ser humano representa não apenas uma evolução técnica, mas uma mudança cultural na forma que projetamos e vivenciamos os ambientes iluminados. Ela busca restabelecer uma relação saudável entre o ser humano e a luz, resgatando a importância da natureza no nosso

cotidiano, aproximando a qualidade da luz natural por meio de soluções tecnológicas inteligentes.

#### 2.4.1 A luz e o cérebro: contribuições da neurociência para ambientes educacionais

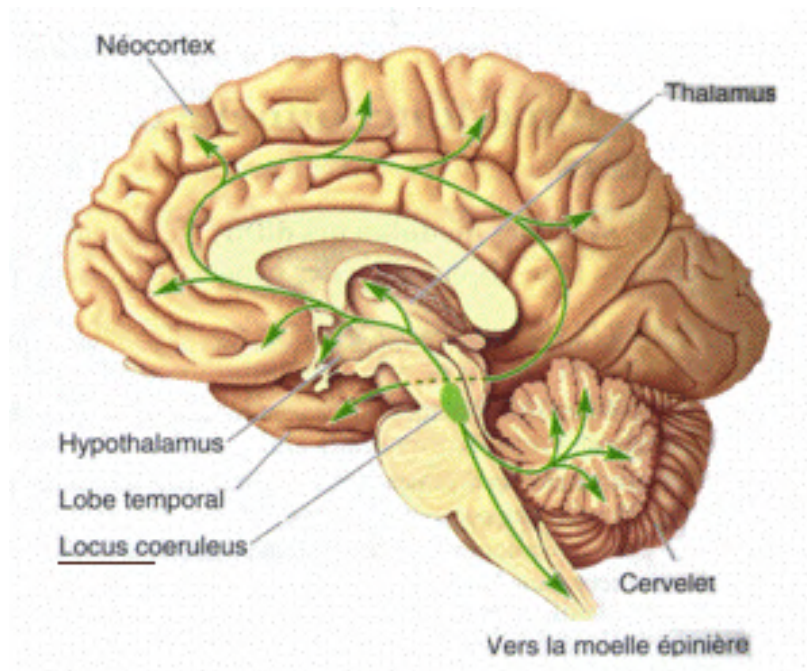
O sistema nervoso possui diversas estruturas que dependem de processos cognitivos para execução de tarefas no nosso dia-a-dia. O sucesso nas atividades depende quanto esses processos funcionam de maneira equilibrada e integrada. Entre eles, a atenção, memória e funções executivas, que são essenciais para realização de qualquer tarefa.

Durante o nosso dia, chegam diversas informações em nosso sistema nervoso por meio de receptores sensoriais periféricos, que captam estímulos do ambiente e transmitem de uma célula para outra, até alcançar regiões específicas do cérebro responsável pelo processamento dessas informações.

Entretanto, nem tudo que chega é processado. Isso ocorre porque o cérebro possui mecanismo de filtragem que permite focar apenas no que é relevante. Este mecanismo de selecionar as informações ocorre através do fenômeno da atenção. Os autores Guerra e Cosenza (2011) alertam que o foco atencional não ocorre apenas em situações extrínsecas, mas também intrínsecas, ou seja, em situações interiores do nosso organismo, por exemplo nossos pensamentos.

A filtragem das informações ocorre ao longo de cadeiras neurais, o nível de vigilância é regulado pelo *locus ceruleus*, localizado no mesencéfalo onde o principal neurotransmissor produzido nesta região é noradrenalina, que é responsável pela regulação da pressão arterial, humor e atenção. A figura 15, mostra a localização do *Locus ceruleus*.

Figura 15 – Locus ceruleus



Fonte: wikipedia, 2010.

No entanto, estados de alerta excessivos podem prejudicar, comprometendo a atenção e o processamento cognitivo. Por exemplo, pessoas que sofrem com ansiedade ou esquizofrenia podem apresentar desequilíbrio de atenção e distorcem a forma como as informações são recebidas.

Quando se aborda atenção, é importante compreender os circuitos neurais que a controlam: o circuito de regulação de vigilância, o orientador e o executivo.

O circuito de vigilância pode ser atividade de duas formas: “de baixo para cima”, chamado de atenção reflexa, que é desencadeada por estímulos externos inesperados ou por necessidades internas do corpo, como fome e sede e de “cima para baixo”, conhecido como atenção voluntária, quando o indivíduo tem o foco em alguma função ou tarefa específica (Diamond, 2013; Guerra & Cosenza, 2011)

O circuito orientador, localizado no lobo parietal, nos permite uma redistribuição do foco atencional de um estímulo para outro, ajustando a percepção e facilitando a detecção de informações relevantes. Já o circuito executivo, é associado ao córtex pré-frontal, promovendo a manutenção do foco e inibe estímulos distratores, sendo essencial para realização de tarefas complexas e para o controle cognitivo em ambientes educacionais.

A compreensão desses circuitos é muito importante para o planejamento de ambientes escolares, uma vez que fatores físicos, como a iluminação, podem influenciar diretamente a atenção e o desempenho cognitivo.

A luz atua como um sincronizador externo do ritmo circadiano, ajustando a liberação de hormônios como cortisol, dopamina e serotonina, que influenciam na atenção, humor e motivação, e a melatonina, que regula o sono.

Dessa forma, a integração da neurociência como o design de ambientes e a iluminação permitem aos educadores e projetistas criar espaços que potencializam a atenção, a memória e o aprendizado, considerando fatores neurobiológicos e emocionais. A luz deixa de ser apenas um elemento funcional e sim um instrumento ativo na regulação de processos cognitivos e emocionais, reforçando o conceito de ambientes educacionais mais saudáveis e eficientes. (Gazzaniga, Ivry & Mangun, 2019).

#### 2.4.2 *Neurolighting* na prática: neurobiológicos da luz.

A luz não é apenas um estímulo visual, ela funciona como um sinal biológico fundamental para o nosso organismo, regulando diversos processos fisiológicos e comportamentais. A exposição à luz influencia o ritmo circadiano, sono, hormônio e neurotransmissores, afetando diretamente funções como atenção, vigília, aprendizado e humor.

No contexto do *neurolighting*, o objetivo é apoiar as funções essenciais, como atenção, vigília e aprendizado. Para isso, é importante compreender as variáveis neurobiológicas que a luz modula. Entre as variáveis estão a melatonina, o cortisol, a dopamina e a serotonina, substâncias que desempenham papéis importantes para a regulação do sono, estresse, motivação e do humor, sendo diretamente influenciadas pela luz ambiental.

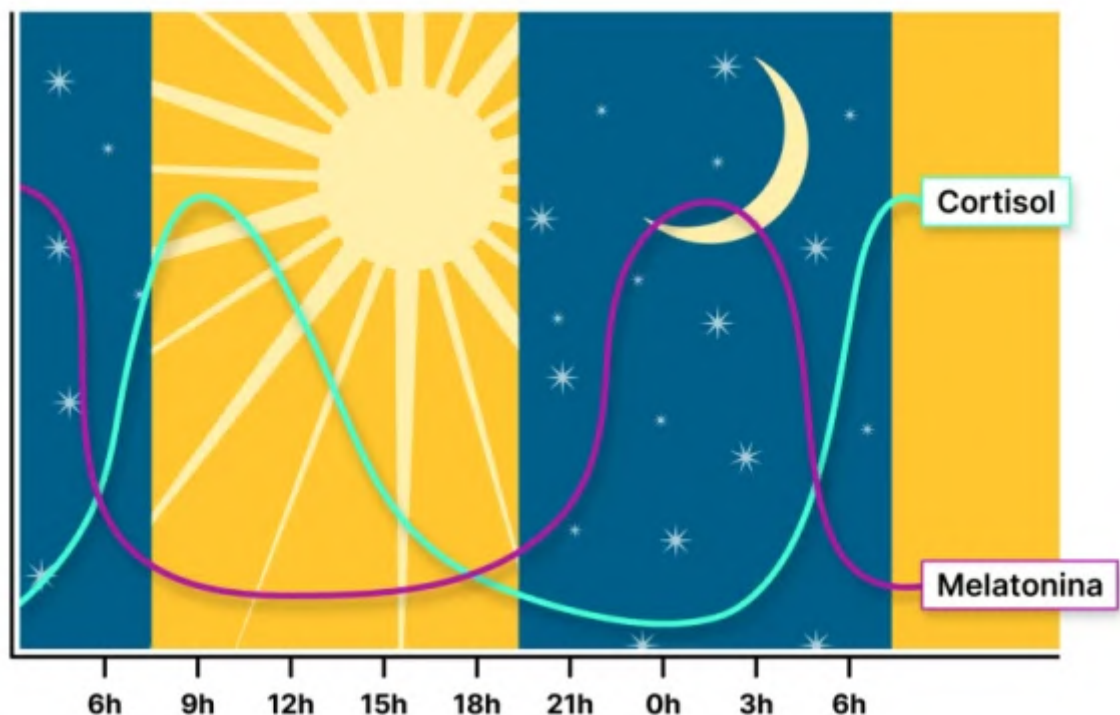
Principais Variáveis Neurobiológicas influenciada pela luz:

- Melatonina: conhecida como o “hormônio do sono”, a melatonina é produzida pela glândula pineal em resposta à escuridão, sinalizando o corpo que está na hora de dormir. a exposição à luz, principalmente à luz azul, prejudica sua produção, afetando o início e a qualidade do sono.

- Cortisol: esse hormônio do estresse segue o ritmo circadiano, possui níveis altos pela manhã para promover o despertar e mais baixos pela noite para facilitar o sono.

A figura 16 abaixo, mostra a curva de variação dos níveis do cortisol e melatonina ao longo do dia.

Figura 16 – Curva de Variação dos níveis de Cortisol e Melatonina.



Fonte: integrativa, 2024.

- Dopamina: está relacionada com a motivação e o prazer. Esse hormônio, influenciado pela luz, pode afetar nosso humor e a capacidade de concentração. A exposição do corpo à luz durante o dia, pode aumentar os níveis, melhorando o estado de alerta e disposição.
- Serotonina: é um neurotransmissor envolvido na regulação do humor e sono. A exposição do corpo à luz natural durante o dia, por aumentar sua produção, contribui para um melhor estado emocional e sono saudáveis, conhecido como hormônio da felicidade.

Compreender essas interações é essencial para o desenvolvimento de ambientes com iluminação mais saudáveis e que possam contribuir para o desempenho humano.

#### 2.4.3 Ciclo Circadiano

O ciclo circadiano é um ritmo biológico que regula diversas funções fisiológicas do corpo do ser humano em um período aproximado de 24 horas. Regulado pela exposição à luz, esse ciclo influencia diretamente a qualidade do sono, o estado de alerta, a temperatura corporal, o metabolismo, o humor e até mesmo a produção de hormônios essenciais como a melatonina e cortisol. Essa oscilação natural é controlada por um núcleo específico no cérebro denominado como núcleo supraquiasmático (NSQ), localizado no hipotálamo, que atua como um “relógio biológico mestre” no nosso corpo.

A luz é o principal sincronizador externo do ciclo circadiano. Durante o dia, a luz natural com espectro mais frio, rico em luz azul, estimula o corpo, promovendo a liberação de cortisol, associada à atenção, memória e disposição. Estudos revelam que a exposição à luz azul, com comprimento até 470nm, nas primeiras horas do dia, intensifica a Resposta de Despertar do Cortisol (CAR- *Cortisol Awakening Response*).

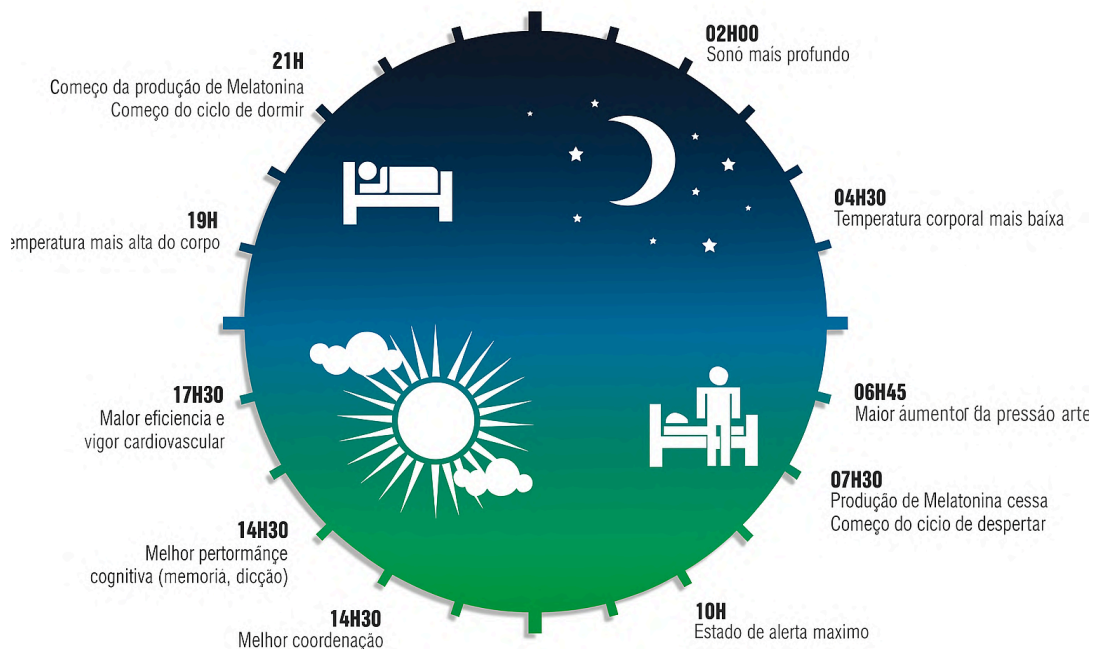
À medida que o dia avança, a redução da luz natural e o predomínio de temperaturas de cor mais quentes favorecem a liberação de melatonina, o indutor hormonal do sono, sinalizando ao corpo que está na hora de descansar. Ou seja, a luz e a escuridão fazem o controle da produção de hormônio: a dopamina, que proporciona o prazer, alertar o progresso motor; a serotonina, para regular os impulsos e o desejo por carboidratos; e o cortisol, que prepara para lidar ao estresse; e à noite, a melatonina, que possibilita um sono tranquilo e despertar com disposição.

No entanto, a sociedade moderna, caracterizada por uma rotina em ambientes fechados e longos períodos expostos à luz artificial, alterou essa relação natural com a luz artificial. Essa desregulação do ciclo circadiano tem sido associada a diversos problemas de saúde, como distúrbios do sono, fadiga crônica, irritabilidade, ansiedade, redução do desempenho cognitivo.

Em ambientes educacionais, esses impactos tornam ainda mais significativos, crianças e adolescentes possuem maior sensibilidade à luz e são profundamente influenciados pelas condições do ambiente em que estão inseridos. A maior qualidade da iluminação escolar pode comprometer a concentração e afetar o rendimento escolar. Estudos apontam que a exposição à luz adequada durante os períodos corretos do dia pode aumentar o estado de alerta, melhorar o humor e favorecer a assimilação do conteúdo, otimizando o processo de aprendizagem.

Portanto, compreender a importância do ciclo circadiano no projeto luminotécnico é essencial para o desenvolvimento de ambientes elevados, especialmente em espaços onde as pessoas passam longos períodos, como escolas, trabalho e residências. O projeto de iluminação deve melhorar e valorizar a luz como um fator biológico e emocional, para contribuir com o equilíbrio entre saúde, produtividade e qualidade de vida. A figura 17 demonstra o ciclo circadiano no período de 24h.

Figura 17 – Ciclo circadiano em 24h.



Fonte: David H. Bosboom, (s.d.).

## 2.5 Estudos de Caso e Pesquisas Relacionadas

Diversos estudos nacionais e internacionais têm demonstrado a importância da iluminação adequada em ambientes educacionais, não apenas para garantir o conforto visual, mas também promover o bem-estar físico, cognitivo e emocional dos estudantes, confirmando que a luz é um fator essencial para a aprendizagem.

- 1º ESTUDO:

Título : Aproveitando a cor da iluminação, temperatura e luminosidade para melhorar a aprendizagem em sala de aula.

Autores: Michael Seth Mott ; Teresa R. Thomas e Jodie L. Burnette.

Ano: 2013

Um estudo conduzido por Seth Mott, Thomas e Burnette, 2013 na Universidade de Mississippi, nos Estados Unidos, investigaram os efeitos da iluminação dinâmica (*Philips Corporation*) em salas de aula primárias, envolveram 150 estudantes, comparando grupos expostos à luz adaptativa e grupos com iluminação convencional, ajustando intensidade e temperatura de cor ao longo do dia. A figura 18 demonstra a Sra. Theresa Thomas e uma visão composta dos tipos de iluminação

Figura 18 – Vista composta dos tipos de iluminação aplicados no ambiente

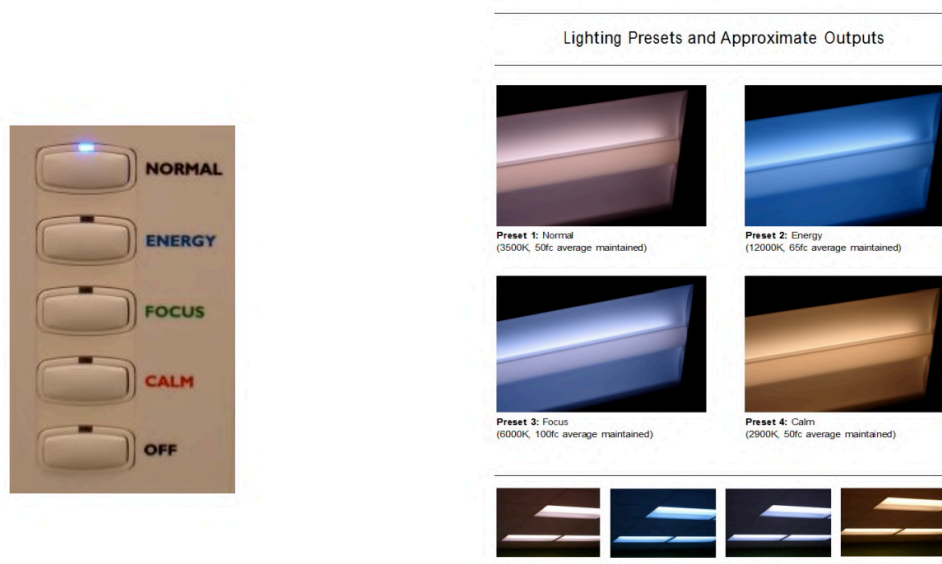


Fonte: Seth Mott, Thomas & Burnette, 2013.

Os resultados indicaram aumento médio de 36% na velocidade de leitura e 28% na precisão em matemática, associado à estimulação de vias não visuais da retina por comprimento de onda azul, melhorando a atenção, memória e o engajamento da turma.

Mott, Thomas e Burnette realizaram o estudo de caso em uma turma de 3ª série, utilizando quatro modos de luz : Foco, Energia, Calma e Normal. A figura 19 apresenta uma vista composta destes modos de iluminação.

Figura 19 – Vista composta dos tipos de iluminação aplicados no ambiente



Fonte: Seth Mott, Thomas & Burnette, 2013.

Foi registrado diariamente observações feitas pela professora sobre o comportamento, atenção, produtividade e envolvimento dos alunos. A análise qualitativa dos diários permitiu uma identificação de padrões claros de resposta dos indivíduos e coletivas à iluminação. Um exemplo, um aluno inquieto “Aluno A” mostrou mais foco e participação em atividades sob o Modo Energia, completando tarefas com menos distrações, Outra aluna, normalmente mais lenta e facilmente dispersa, “Aluno B”, apresentou aumento na produtividade quando a luz estava no modo Focus. O modo Calma ajudava os grupos dos alunos a colaborar e manter atenção durante atividades coletivas ou momentos de transição, enquanto o modo Normal era para atividades regulares, sem impacto obtido no desempenho.

A professora relatou que os alunos perceberam os modos Energia e Calma, mas não o Foco, que silenciosamente favorecia mais concentração. Os resultados obtidos evidenciam que a seleção estratégica de modos de iluminação combinada com a observação contínua do comportamento do indivíduo, pode aprimorar o aprendizado, a motivação e a participação; isso realça que a iluminação adaptativa incorporada com o planejamento pedagógico é uma ferramenta eficaz no âmbito acadêmico.

- 2º ESTUDO:

Título : Impacto do Design da Sala de Aula na Aprendizagem dos Alunos

Autores: Barrett, Peter, Davies, Fay, Zhang, Yufan and Barrett, Lucinda

Ano: 2015

O estudo realizou uma análise para investigar como o design físico das salas de aula influenciam o desempenho acadêmico dos alunos de ensino primário no Reino Unido. A pesquisa envolveu 153 salas de aula em 27 escolas, com participação de 3.766 alunos. O objetivo do experimento foi identificar quais características ambientais impactam na aprendizagem, utilizando um modelo conceitual denominado SIN(Naturalidade, Individualidade, Estimulação), representado na figura 20.

Figura 20 – Modelo conceitual SIN



Fonte: BARRETT, P. et al, 2014.

Os pesquisadores coletaram dados sobre dez parâmetros de design: luz, temperatura, pertencimento, qualidade de ar, flexibilidade, complexidade, cor, escolha, conexão e estímulo. Essas variáveis foram avaliadas em cada sala de aula e correlacionadas com o progresso acadêmico dos alunos em leitura, matemática e ciências. Posteriormente houve análise estatística por meio de uma modelagem multinível, utilizando software MLwiN, permitindo isolar o impacto das características ambientais sobre o desempenho estudantil.

A análise revelou que o design da sala de aula explica 16% de variação no progresso acadêmico dos alunos. Dentro desse contexto, sete parâmetros de design se destacavam: luz, temperatura, qualidade de ar, propriedade, flexibilidade, complexidade e cor. A luz natural e artificial equilibradas, com alto índice de reprodução de cor (IRC) e controle de ofuscamento (UGR), demonstrou ter um impacto significativo no desempenho dos estudantes. Além disso, fatores como a flexibilidade do *layout* da sala e sensação de pertencimento também foram identificados como influentes.

Os resultados sugeriram que o design físico das salas de aula podem ter impacto específico na aprendizagem dos alunos. A pesquisa destaca a importância de considerar aspectos como iluminação adequada, ventilação, e flexibilidade no uso do espaço para criar estímulos visuais e criar ambientes de aprendizagem mais eficazes.

### **3 Metodologia do Projeto Luminotécnico**

De modo geral, o trabalho se desenvolveu a partir do embasamento teórico, seguido do conhecimento do objeto de estudo e coleta de dados.

#### **3.1 Revisão bibliográfica**

Inicialmente foi realizada a pesquisa bibliográfica, através da qual buscou compreender os parâmetros que determinavam a qualidade e os requisitos necessários para a iluminação em ambiente escolar. As principais fontes foram trabalhos e artigos científicos.

Normativos que estabelecem parâmetros luminotécnicos foram consultados, como a ABNT NBR ISO/CIE 8995-1:2013 que normatiza a iluminação de ambientes de trabalho.

#### **3.2 Procedimentos Iniciais**

A pesquisa bibliográfica foi seguida por uma etapa preliminar, composta de solicitação de submissão do projeto para o Comitê de Ética em Pesquisa com Seres Humanos (CEPSH), mediante a solicitação de autorização para coleta de dados e análise das salas de aula. O CEPSH tem como função avaliar pesquisas que envolvem a participação de pessoas, por meio de entrevistas, observações ou outras formas de interação, para garantir o respeito aos direitos dos participantes ao longo do processo de construção do estudo.

Após a aprovação ética e institucional, foram realizadas visitas técnicas aos ambientes de estudo, com o objetivo de compreender o uso do espaço e as condições existentes. Nesta etapa permitiu uma compreensão do contexto educacional e das condições da luminotécnica existente, para realizar o desenvolvimento das etapas posteriores. Além disso, foi realizado o levantamento luminotécnico para a futura comparação com as normativas ABNT NBR ISO/CIE 8995-1:2013, especialmente no que se refere aos níveis de iluminância e conforto visual dos usuários.

### 3.3 Características dos ambientes Estudados

A partir do conhecimento prévio do ambiente educacional, foi elaborado o levantamento preliminar do espaço de estudo. Essa etapa teve início com a observação dos ambientes e de seus respectivos sistemas de iluminação, identificando quantidade, tipo e a disposição das luminárias, e também as aberturas e superfícies refletoras que compõem o local e acabam influenciando as atividades visuais ali exibidas.

Com o objetivo de obter informações relevantes para as análises posteriores, foram realizados registros fotográficos, observações arquitetônicas e anotações em campo, utilizando de trena, luxímetro e câmera de smartphone como instrumento de apoio. Abaixo, apresentam-se os registros e o levantamento de dados referentes à da Sala 620 e da Sala de Atendimento Especial.

- SALA 620:

A sala 620 (Figura 21), é uma sala de aula padrão, situada no bloco 6 do Instituto Federal de Santa Catarina - Câmpus Joinville. A coleta de informações foi realizada no dia 28 de abril de 2025, no período Vespertino. A sala tem geometria retangular, com 8,60m de largura e 8,95 m de comprimento, totalizando 77,07m<sup>2</sup> e um pé direito de 3,00m. Com capacidade para aproximadamente 36 alunos, as carteiras de cores verde e creme estão distribuídas em 6 fileiras. As paredes são brancas com uma faixa cinza e verde, o teto e piso também na cor branca, as esquadrias são cinza e vidro com película refletiva. O ambiente dispõe de 12 luminárias, cada uma com duas lâmpadas tubulares de marca Taschibra, ordenadas em 3 fileiras.

Figura 21 – Sala 620.



Fonte: Autoria Própria, 2025.

- SALA DE ATENDIMENTO ESPECIAL:

A Sala de atendimento especial (Figura 22) também possui uma geometria retangular, com 4,55m de largura e 4,87m de comprimento, totalizando 22,16m<sup>2</sup> e pé direito de 3,00m. Com capacidade para aproximadamente 5 alunos, a mesa na cor cinza centralizada na sala, as paredes, teto e piso é semelhante ao da sala 620, conforme especificado acima. O ambiente possui apenas a disposição de duas luminárias.

Figura 22 – Sala de Atendimento Especial (AE)



Fonte: Autoria Própria, 2025.

Abaixo a especificação da luminária utilizada nos dois ambientes descritos:

Modelo: Taschibra Tubo LED 40

Potência: 20,5 W

Temperatura de Cor: 6500k

Frequência: 50/60 Hz

Fluxo Luminoso: 1850 lm

Figura 23 – Luminaria Taschibra



Fonte: Taschibra, (s.d.).

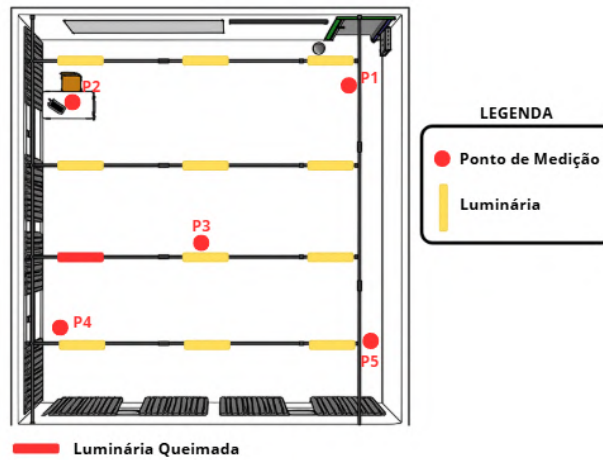
### 3.4 Levantamento dos dados nos ambientes existentes

Com o levantamento das características dos ambientes, foi iniciada a medição dos níveis de iluminância em pontos específicos das salas de estudo. As medições foram realizadas no plano de trabalho a 0,80m do piso e abrangendo os turnos matutino, vespertino e noturno, pois ambas as salas estudadas possuem atividades em todos os períodos. Esse procedimento permitiu registrar as condições reais de iluminação nos diferentes momentos do dia, fornecendo dados essenciais para etapas subsequentes de análise luminotécnica.

- SALA 620 E ATENDIMENTO ESPECIAL:

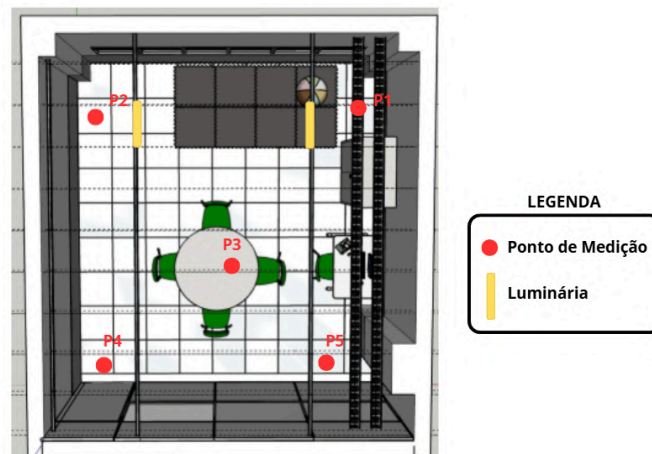
De acordo com as diretrizes estabelecidas pela NBR ISO/CIE 8995-1:2013, foram realizadas bases de níveis de iluminância em 5 pontos distintos no ambientes, conforme apresentado nas Figura 24 e 25.

Figura 24 – Pontos de medição de níveis de Iluminação sala 620



Fonte: Autoria Própria, 2025.

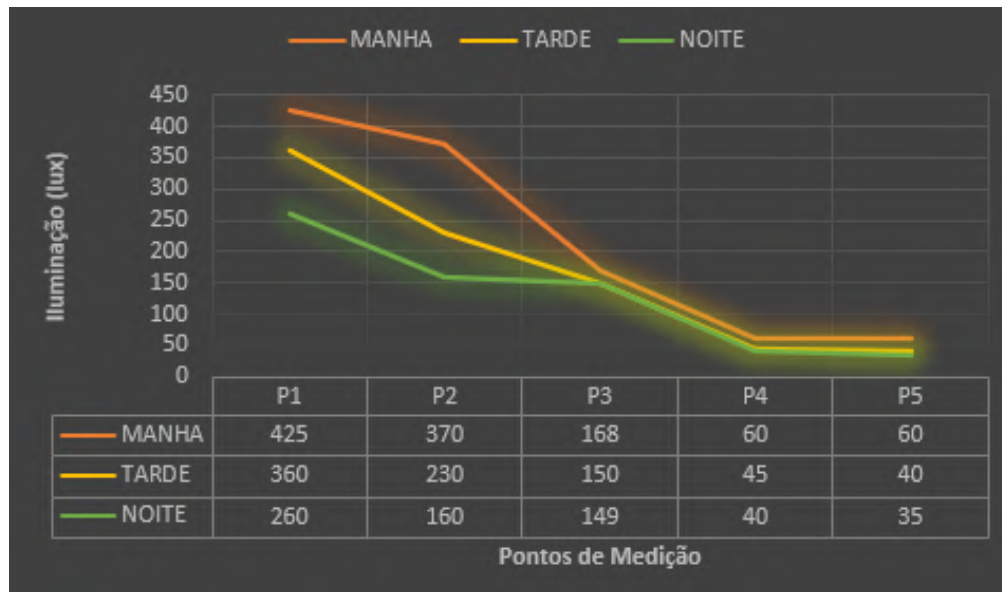
Figura 25 – Pontos de medição de níveis de Iluminação sala AE.



Fonte: Autoria Própria, 2025.

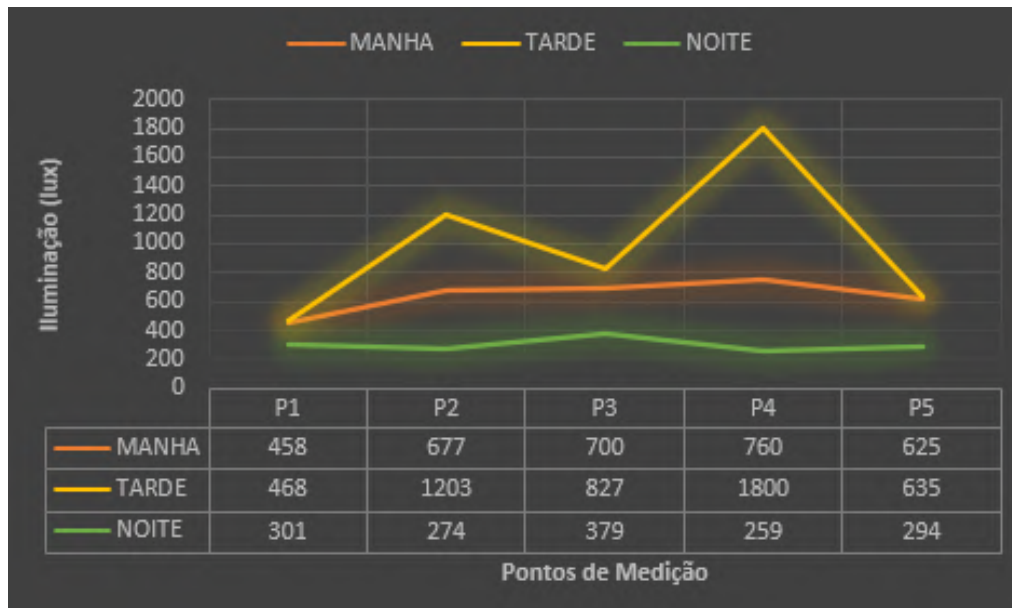
Para uma melhor visualização dos resultados obtidos, os níveis de iluminância medidos em cada ponto da sala foram organizados em um gráfico, apresentado abaixo. Nas Figuras 26 e 27, o gráfico ilustra as variações da iluminância ao longo do turnos matutino, vespertino e noturno, permitindo uma análise didática do desempenho dos sistema de iluminação existente

Figura 26 – Níveis de Iluminação existente - Sala AE.



Fonte: Autoria Própria, 2025.

Figura 27 – Níveis de Iluminação existente - Sala 620.



Fonte: Autoria Própria, 2025.

Verifica-se que a iluminância medida na sala de aula AE está abaixo do nível recomendado pela NBR ISO/CIE 8995-1:2013, a qual estabelece 500 lux para salas de aula utilizadas no período noturno e para ambientes destinados à educação de adultos. No caso da sala 620, observa-se que a iluminação atinge o valor recomendado de 500 lux, durante os períodos matutino e vespertino, devido a

contribuição da iluminação natural. Entretanto, no período noturno, a iluminância não alcança o nível mínimo estabelecido pela norma.

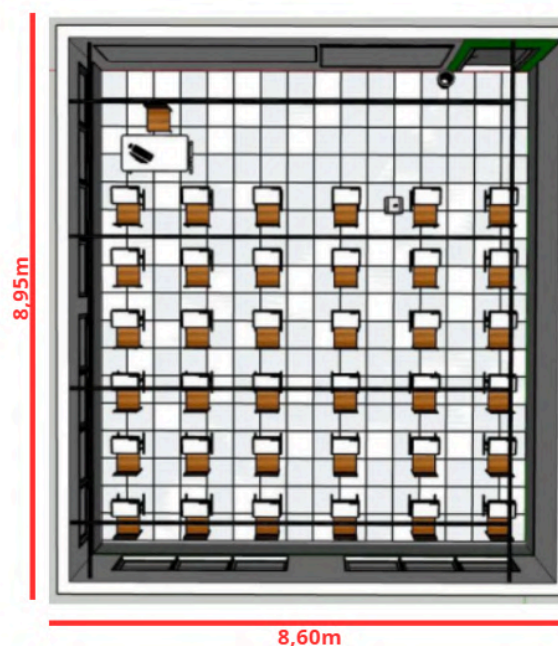
### 3.5 Simulação Computacional - Existente

Considerando as características arquitetônicas das salas estudadas e a ferramenta do *software Sketchup* para desenvolvimento arquitetônico e DIALux Evo 7.1, em conjunto com os parâmetros da NBR ISO/CIE 8995-1:2013, foi desenvolvido o projeto luminotécnico com objetivo de comparar os valores medidos no ambiente real com os resultados obtidos por simulação. Além disso, avaliar o índice de ofuscamento e reprodução de cor, uma vez que não tem equipamento capaz de medir diretamente.

As simulações demonstraram uma representação das características construtivas levantadas. Nesta etapa, foram consideradas dimensões das salas, o posicionamento das luminárias e suas características físicas e os tipos de luminárias utilizadas.

Na figura 28 apresenta a planta baixa da sala 620, em vista superior (2D), evidenciando a organização espacial do ambiente.

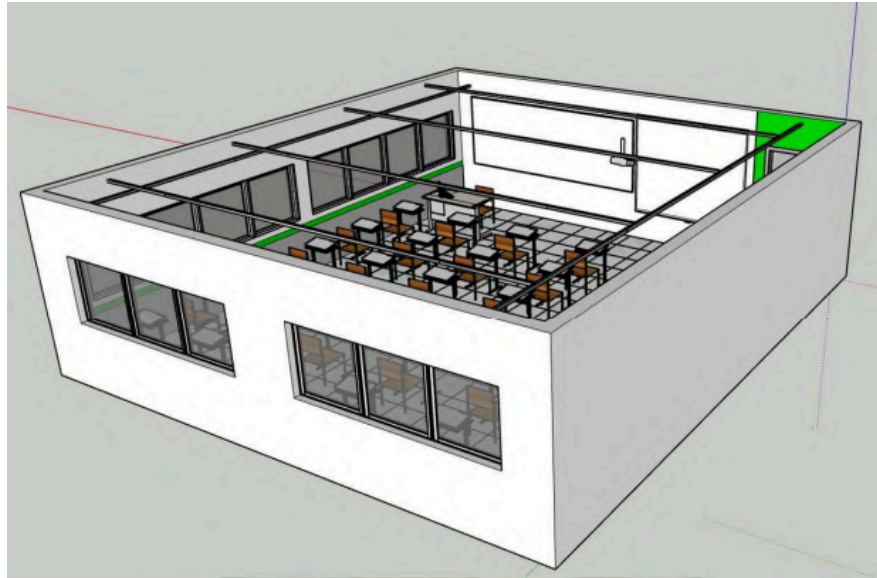
Figura 28 – Sala 620 em vista 2D



Fonte: Autoria Própria, 2025.

E na figura 29 mostra a sala 620 vista tridimensional (3D), proporcionando uma percepção volumétrica do ambiente.

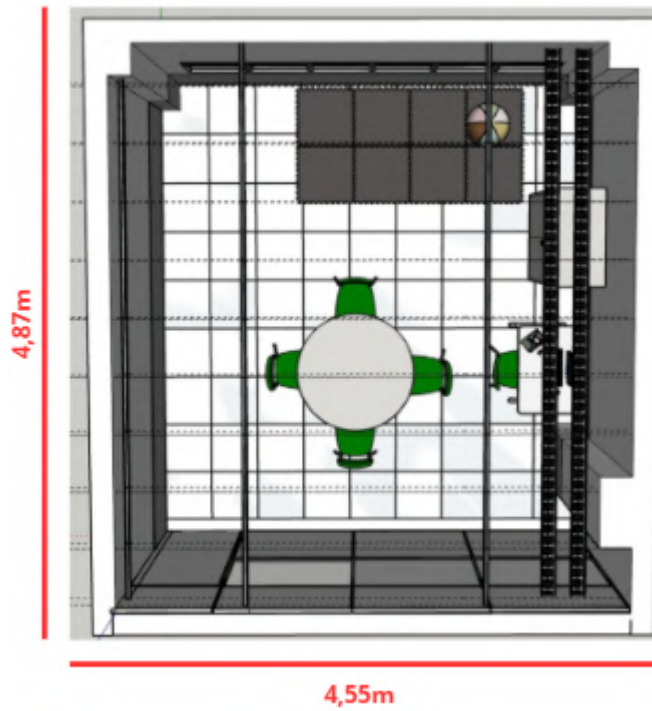
Figura 29 – Sala 620 em vista 3D.



Fonte: Autoria Própria, 2025.

Na figura 30 apresenta a planta baixa da sala AE, em vista superior (2D), evidenciando a organização espacial do ambiente.

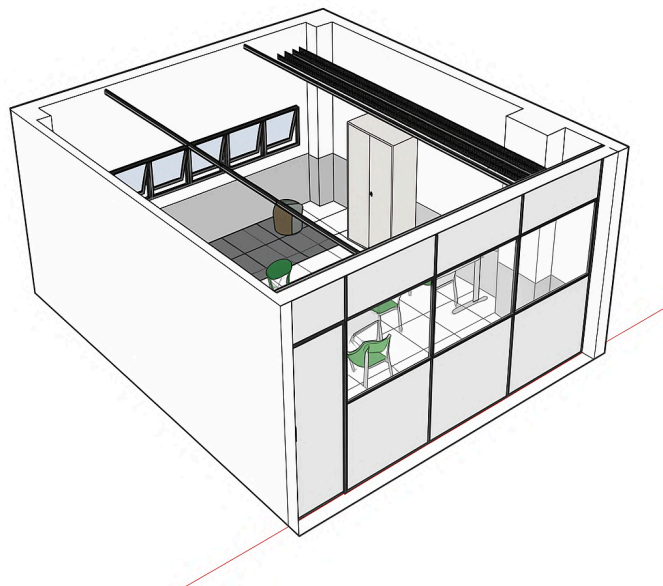
Figura 30 – Sala AE em vista 2D



Fonte: Autoria Própria, 2025.

E na figura 31 mostra a sala AE vista tridimensional (3D), proporcionando uma percepção volumétrica do ambiente.

Figura 31 – Sala de AE em vista 3D.



Fonte: Autoria Própria, 2025.

Foram realizadas análises de índice de iluminação, ofuscamento e índice de reprodução de cor na sala 620 e na sala de atendimento especial, com o objetivo de avaliar as condições de iluminação existentes, verificando sua conformidade com os critérios estabelecidos pela norma.

Para a simulação do DIALux Evo, o objeto de cálculo, se deu na altura 0,80m do piso, altura correspondente ao plano de trabalho (carteira escolar), conforme recomendação a NBR ISO/CIE 8995-1 2013. Já para verificação do índice de ofuscamento (UGR), os cálculos foram realizados na altura de 1,20m, representando a linha dos olhos de um observador sentado na sala de aula. Uma análise moderna um ângulo de 180°, abrangendo o campo visual equivalente ao giro natural da cabeça para ambos os lados.

### 3.5.1 Sala 620 - Situação Existente

A Figura 32 mostra a iluminação existente na sala 620.

Figura 32 – Iluminação existente - Sala 620

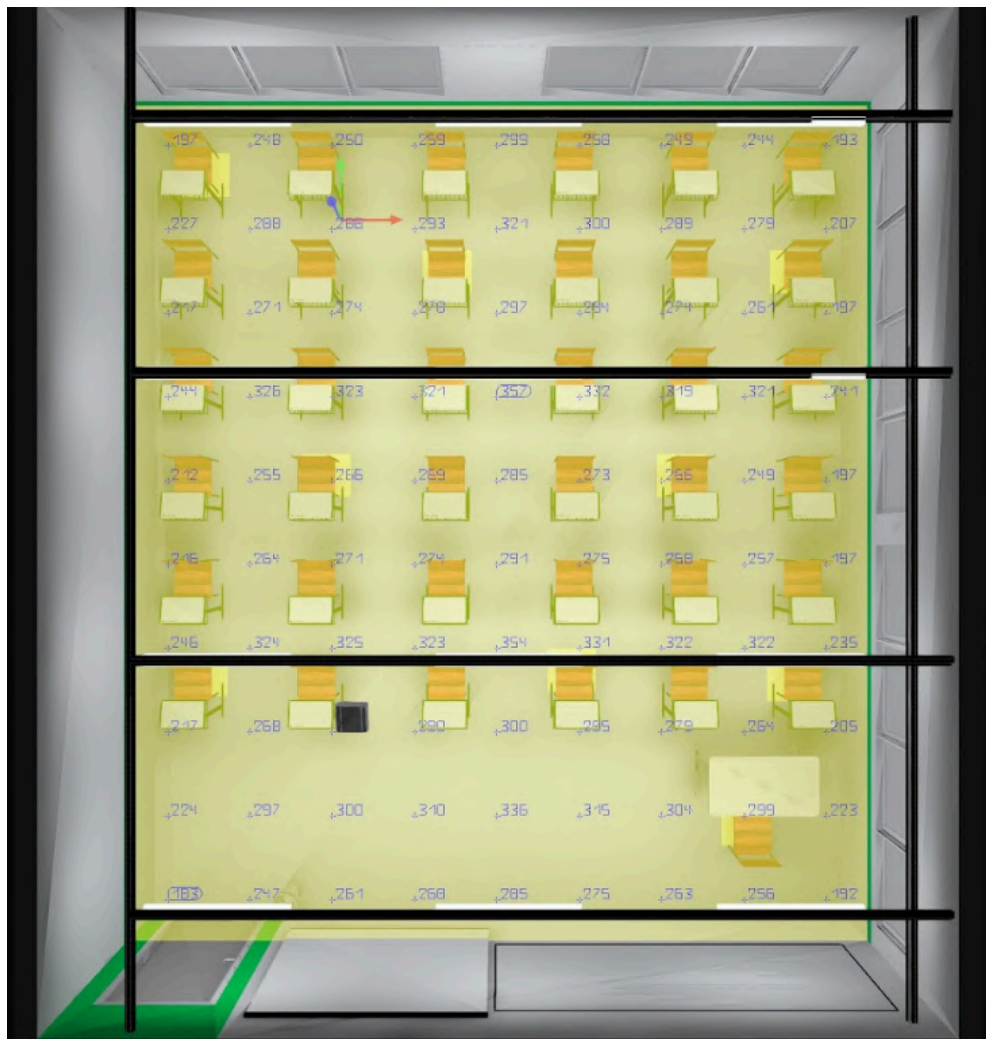


Fonte: Autoria Própria, 2025.

- Mapa de Iluminância (Lux):

A Figura 33 apresenta mapa da iluminação da sala 620, obtido por meio da simulação computacional da iluminação artificial existente. O mapa representa a distribuição dos níveis de iluminância sobre o plano de trabalho, correspondente à altura das mesas dos alunos.

Figura 33 – Iluminação simulada existente - Sala 620.



Fonte: Autoria Própria, 2025.

Na Figura 34 apresenta dados quantitativos obtidos a partir da simulação luminotécnica da iluminação existente da Sala AE.

Figura 34 – Dados da simulada existente - Sala 620.



Superfície de cálculo		(Potência luminosa perpendicular)	
	Real	Nominal	
Médio	271 lx	-	
◀ Min 1/1 ▶	183 lx	-	
◀ Máx 1/1 ▶	357 lx	-	
Mín/Médio	0.68	-	
Mín/ Máx	0.51	-	

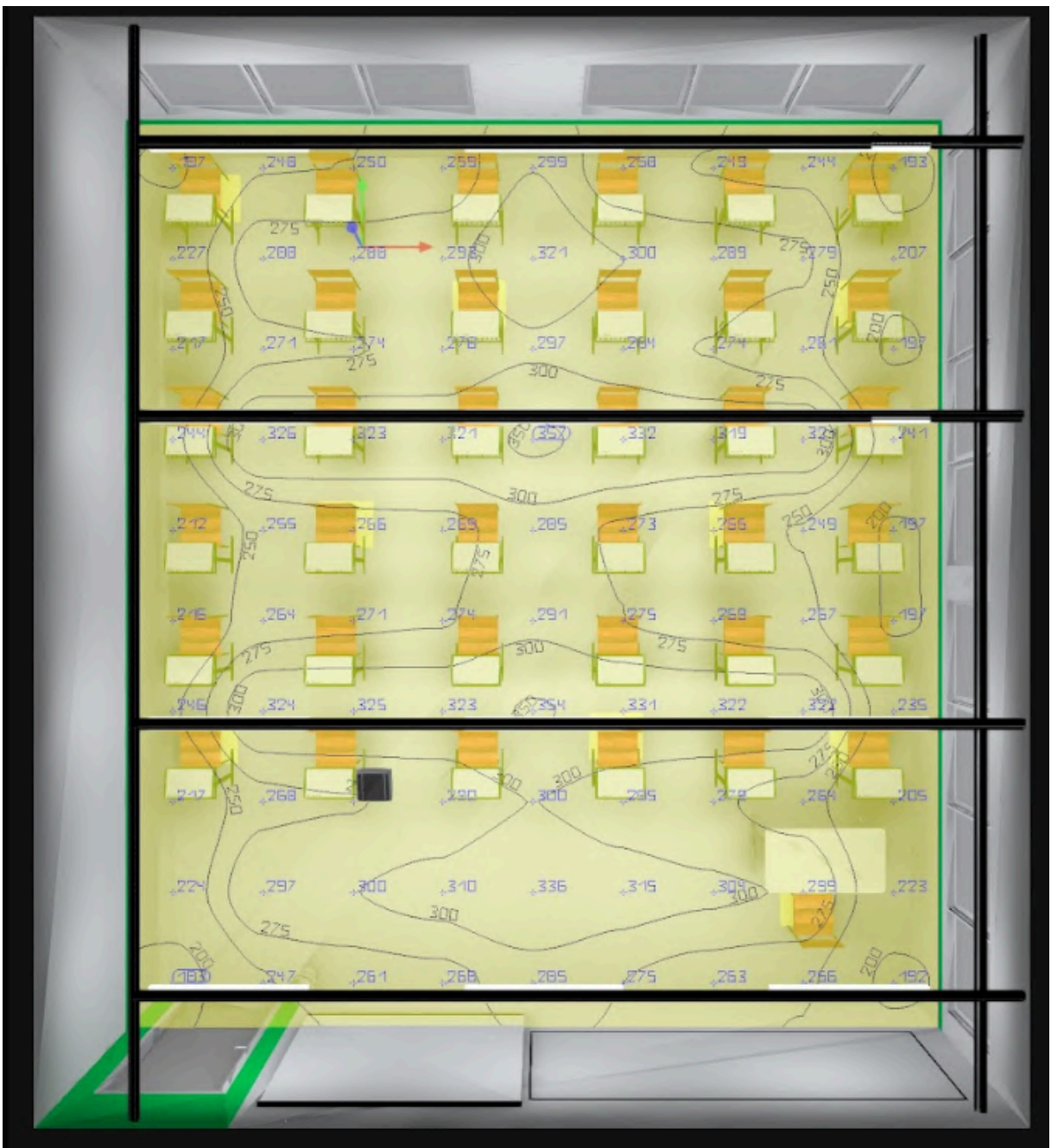
Parâmetros	
Altura	0.800 m

Fonte: Simulação Dialux, 2025.

- Isolinas (Lux):

Na figura 35 apresenta as isolinas de iluminância referentes a simulação da iluminação artificial existentes na sala 620. As isolinas conectam pontos que possuem iguais níveis de iluminância, permitindo uma análise mais detalhada da uniformidade e da distribuição da luz no ambiente.

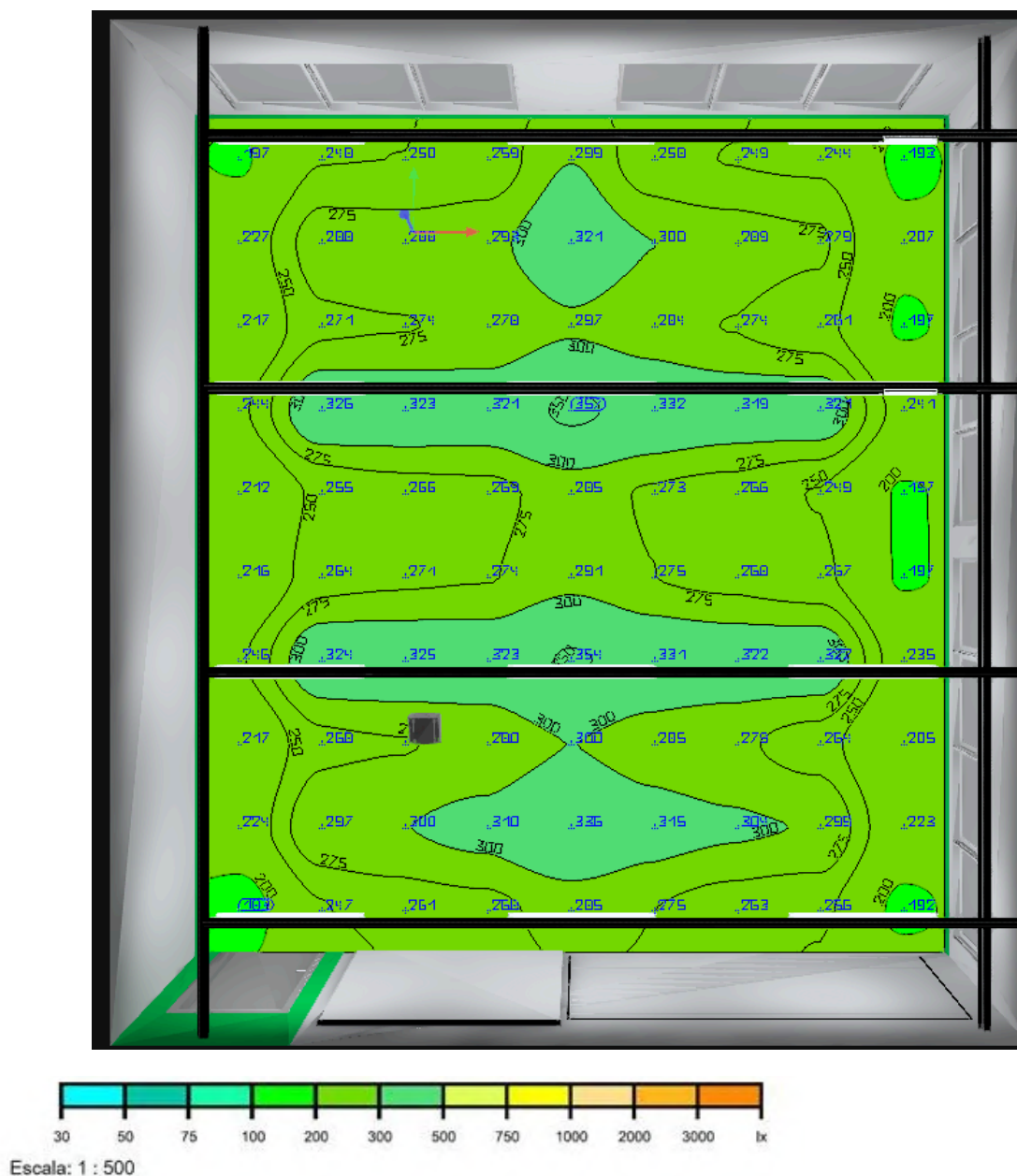
Figura 35 – Isolinas simulada existente - Sala 620.



- Isolinhas Cores (Lux):

A Figura 36 apresenta as isolinhas de iluminância em cores, resultantes da simulação da iluminação artificial existente na Sala 620. Diferentemente da representação anterior em linhas, esta figura utiliza uma escala cromática para facilitar a visualização da distribuição dos níveis de iluminância no ambiente, conforme a legenda apresentada na parte inferior da imagem.

Figura 36 – Isolinhas simulada existente - Sala 620.

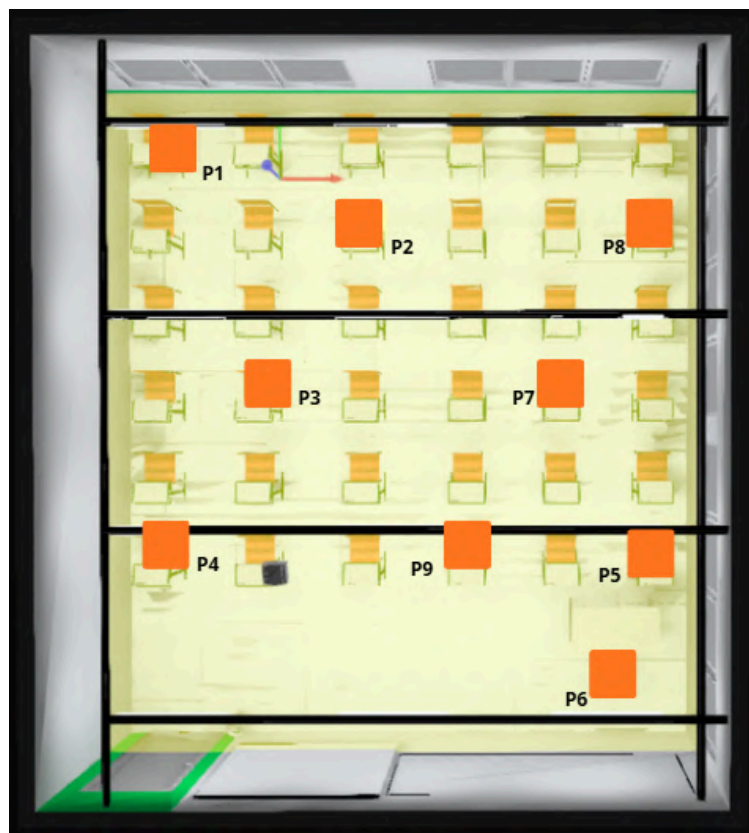


Fonte: Autoria Própria, 2025.

- Índice de Ofuscamento (UGR):

Na Figura 37, mostra a planta da sala com a disposição do mobiliário e das luminárias. Os pontos de medição (P1 a P9) estão destacados em laranja, indicando os locais onde o UGR foi avaliado. As faixas horizontais representam as zonas de análise visual dentro do ambiente, permitindo identificar onde o ofuscamento pode ser mais percebido pelos usuários.

Figura 37 – Ofuscamento existente - Sala 620.



Fonte: Autoria Própria, 2025.

A figura 38, apresenta um gráfico com os valores de UGR medidos em cada ponto (P1 a P9).

- A linha contínua indica o UGR em cada ponto.
- A linha tracejada representa a média dos valores (aprox. 22,6).

Os resultados variam aproximadamente entre 21 e 24,2, mostrando que

alguns pontos apresentam ofuscamento mais elevado, enquanto outros estão abaixo da média.

Figura 38 – Índice de Ofuscamento (UGR) existente – Sala 620.



Fonte: Autoria Própria, 2025.

### 3.5.2 Sala atendimento especial - Situação Existente

A Figura 39 mostra a iluminação existente na sala AE.

Figura 39 – Iluminação existente - Sala AE.

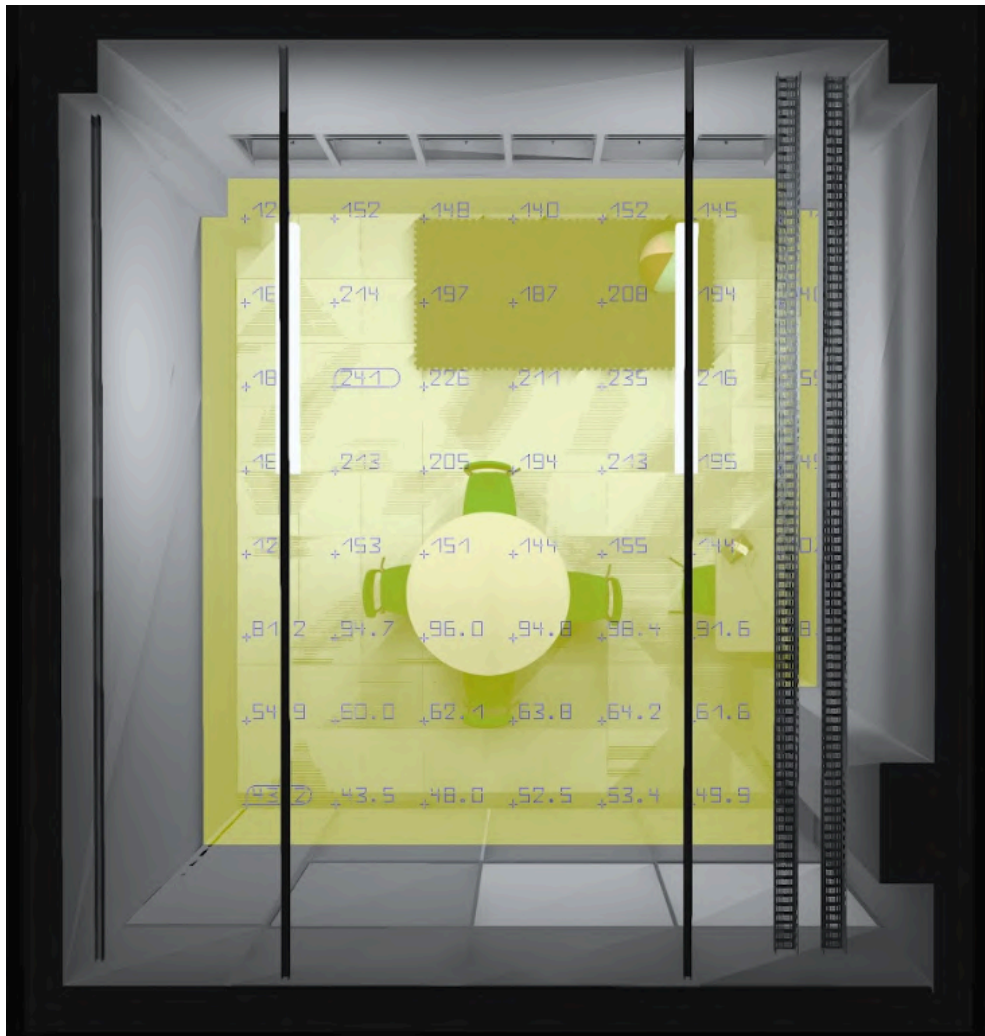


Fonte: Autoria Própria, 2025.

- Mapa de Iluminância (Lux):

A Figura 40 apresenta o mapa de iluminância (lux) referente à iluminação simulada existente da Sala AE. Observa-se a distribuição dos níveis de iluminância ao longo de todo o ambiente.

Figura 40 – Iluminação simulada existente - Sala AE.



Fonte: Autoria Própria, 2025.

A Figura 41 apresenta os dados gerais da simulação da iluminação existente da Sala AE, obtidos por meio do software DIALux. Observa-se que a iluminância média no plano de cálculo é de aproximadamente 135 lux e índice de uniformidade igual a 0,32.

Figura 41 – Dados da simulada existente geral - Sala AE.

Superfície de cálculo		(Potência luminosa perpendicular)	
	Real	Nominal	
Médio	135 lx	-	
◀ Min 1/1 ▶	42.6 lx	-	
◀ Máx 1/1 ▶	242 lx	-	
Mín/Médio	0.32	-	
Mín/ Máx	0.18	-	
<b>Parâmetros</b>			
Altura	0.800 m		

Fonte: Simulação Dialux, 2025.

A Figura 42 apresenta os dados da simulação da iluminação existente sob a mesa da Sala AE. Nesse caso, a iluminância média registrada é de aproximadamente 121 lux e índice de uniformidade igual a 0,69.

Figura 42 – Dados da simulada existente sob a mesa - Sala AE.

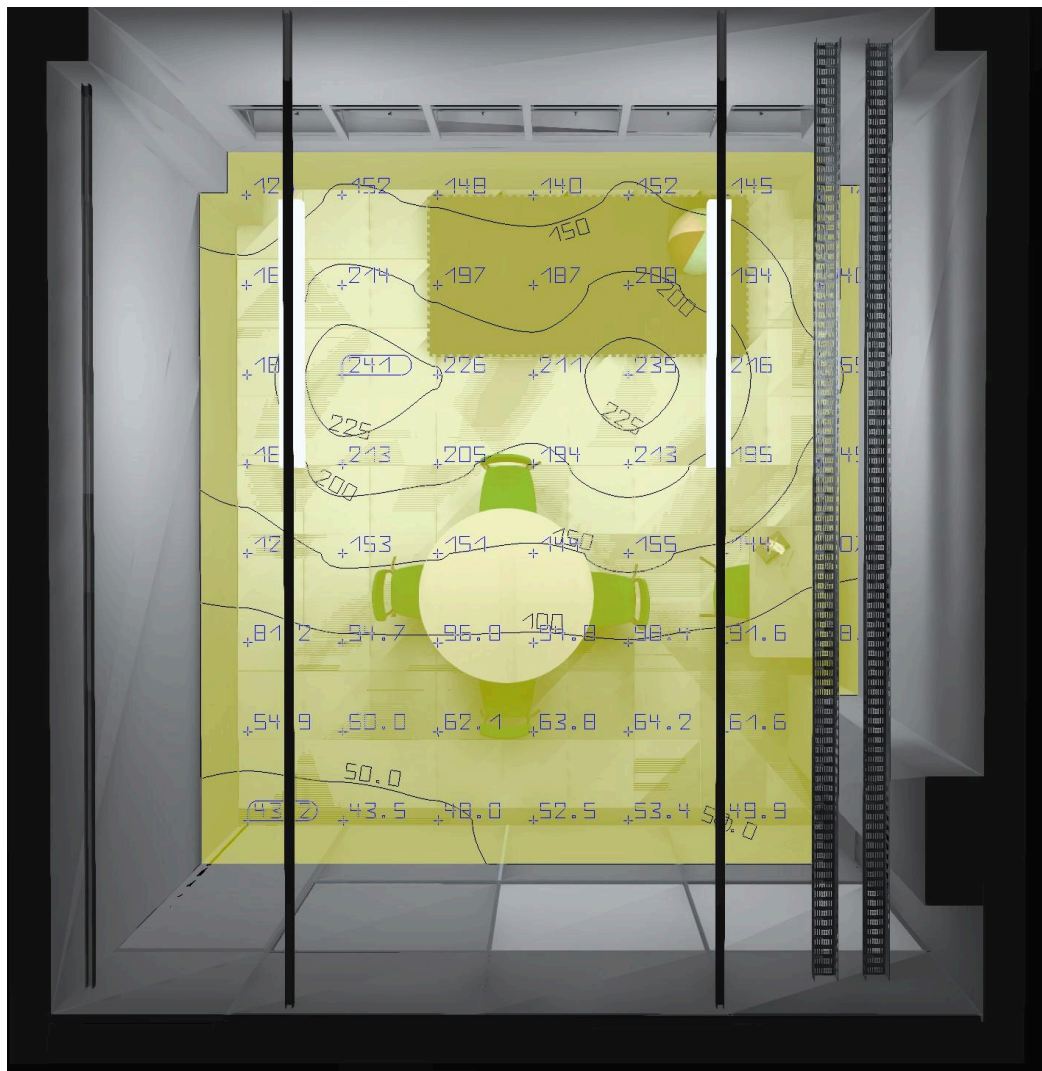
Superfície de cálculo		(Potência luminosa perpendicular)	
	Real	Nominal	
Médio	121 lx	-	
◀ Min 1/1 ▶	83.2 lx	-	
◀ Máx 1/1 ▶	163 lx	-	
Mín/Médio	0.69	-	
Mín/ Máx	0.51	-	
<b>Parâmetros</b>			
Altura	0.800 m		

Fonte: Simulação Dialux, 2025.

- Isolinhas (Lux):

A Figura 43 apresenta o mapa de isolinhas de iluminância (lux) da Sala AE, obtido por meio de simulação computacional da iluminação existente. As isolinhas representam regiões com valores iguais de iluminância, permitindo a visualização da distribuição da luz no ambiente analisado.

Figura 43 – Isolinhas simulada existente - Sala AE.

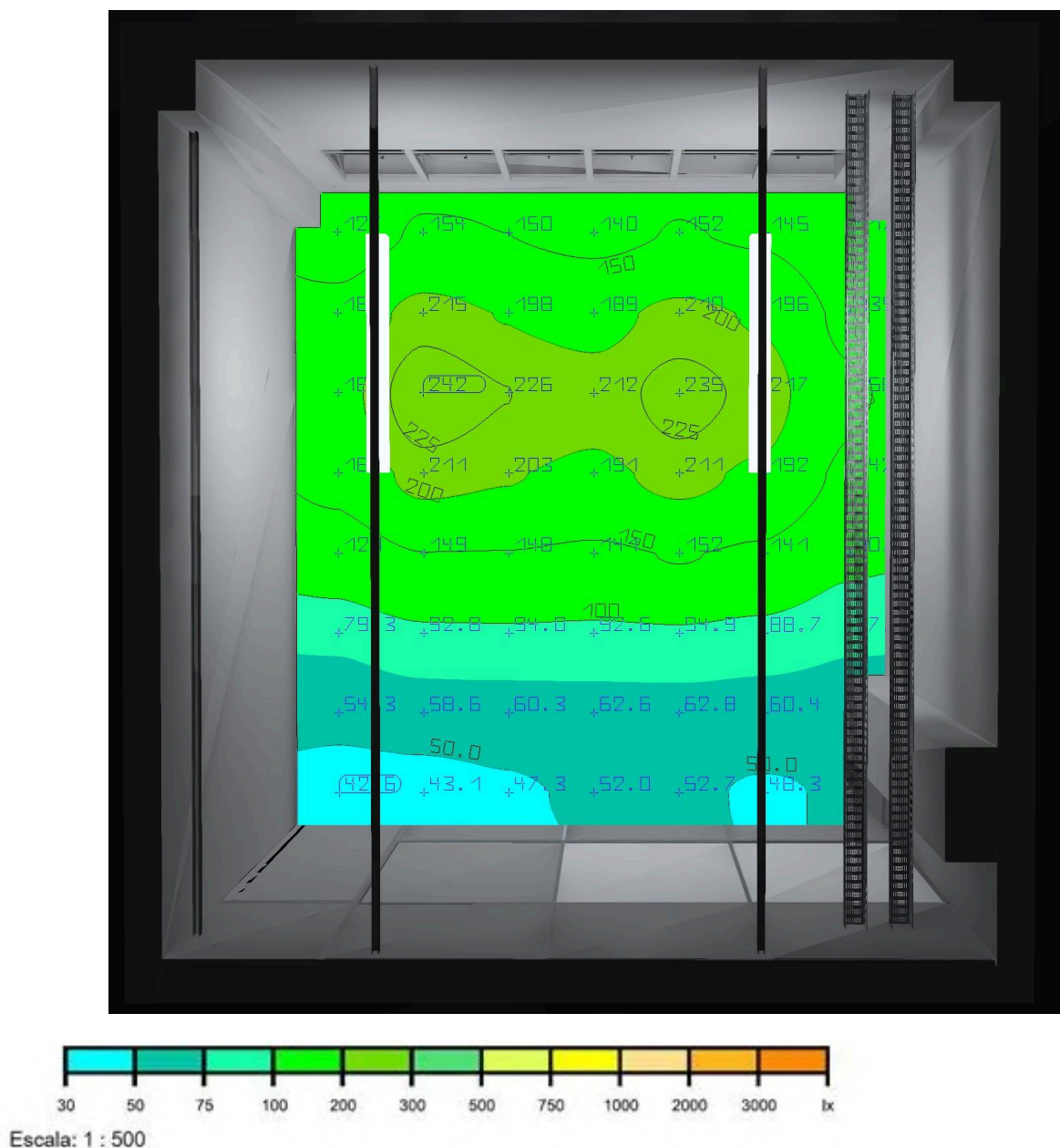


Fonte: Autoria Própria, 2025.

- Isolinhas Cores (Lux):

A Figura 44 apresenta o mapa de isolinhas de iluminância da Sala AE, utilizando uma escala cromática para representar visualmente os diferentes níveis de iluminância em lux. As cores indicam a variação dos valores luminosos no ambiente, conforme a legenda apresentada, permitindo uma leitura mais clara da distribuição da luz no plano analisado.

Figura 44 – Isolinhas simulada existente - Sala AE.

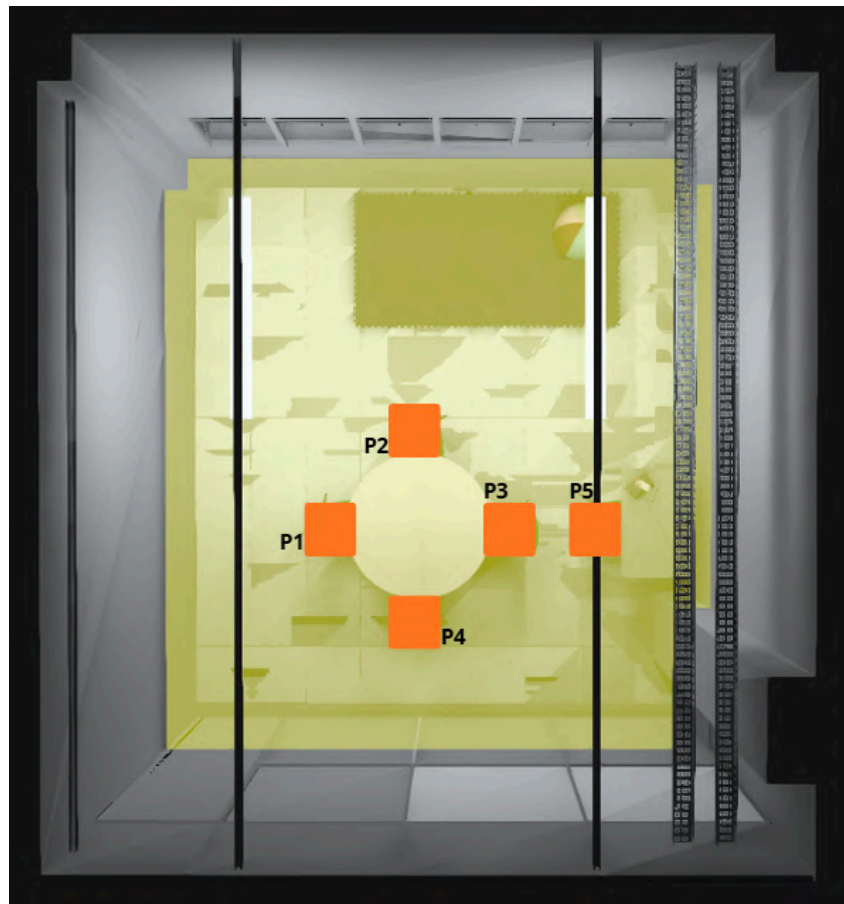


Fonte: Autoria Própria, 2025.

- Índice de Ofuscamento (UGR):

A Figura 45 apresenta a análise do Índice de Ofuscamento Unificado (UGR) da iluminação existente na Sala AE, obtida por meio de simulação. Na imagem, são indicados os pontos de avaliação (P1 a P5) distribuídos no ambiente, geralmente posicionados nas áreas de permanência dos usuários, com o objetivo de verificar o nível de desconforto visual causado pela luminância das luminárias e pelo contraste com o entorno. A representação gráfica permite identificar visualmente as regiões mais suscetíveis ao ofuscamento, considerando a posição das fontes luminosas em relação ao observador.

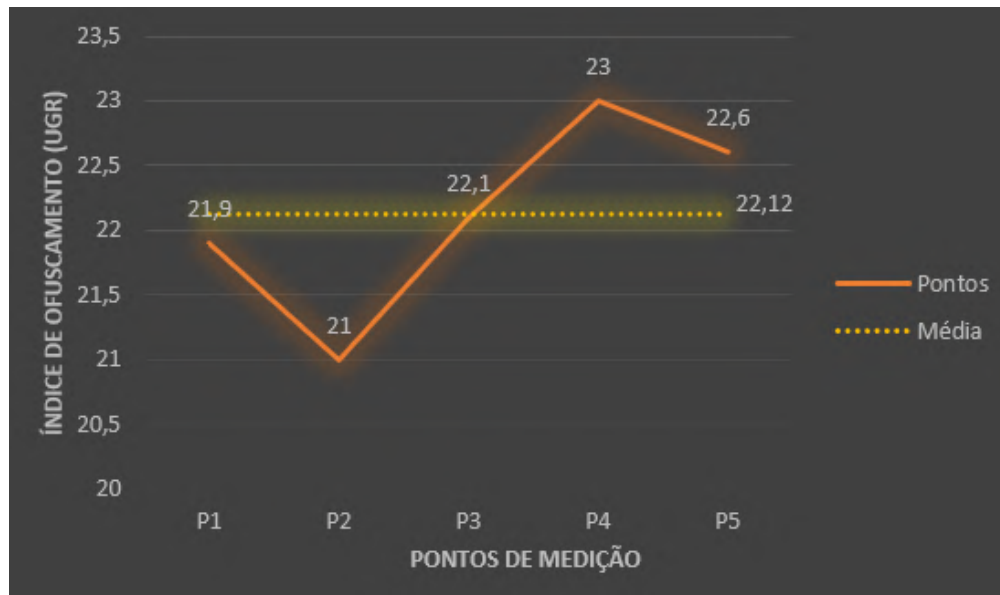
Figura 45 – Ofuscamento existente - Sala AE.



Fonte: Autoria Própria, 2025.

A Figura 46 complementa essa análise ao apresentar os valores de UGR correspondentes a cada ponto avaliado, bem como a média geral do ambiente.

Figura 46 – Índice de Ofuscamento (UGR) existente – Sala AE.

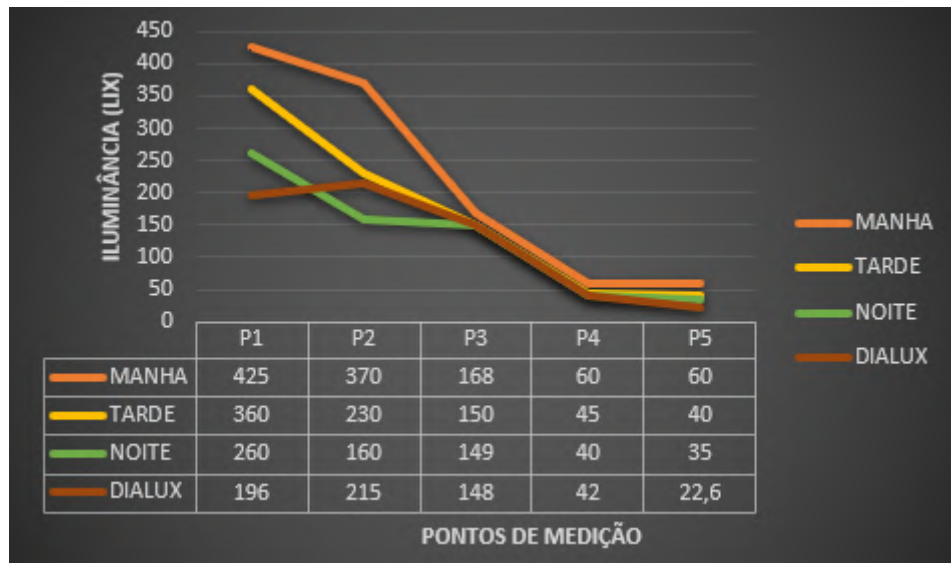


Fonte: Autoria Própria, 2025.

### 3.5.3 Análise dos Dados: Simulado x Real

Os dados medidos nas salas de aula e os obtidos no software apresentaram resultados semelhantes. As diferenças observadas foram pequenas, indicando que a simulação representou de forma adequada às condições reais de iluminação do ambiente. Isso demonstra a confiabilidade do modelo utilizado no programa e a conferência entre os valores simulados e os valores medidos na prática, conforme mostra a figura 47 abaixo.

Figura 47 – Comparação da iluminância – Sala AE x Simulado.



Fonte: Autoria Própria, 2025.

A análise comparativa entre as medições reais de iluminância e os valores obtidos por meio de simulações no software DIALux demonstra uma boa correlação geral entre os resultados, principalmente nos pontos intermediários (P2 e P3), onde a diferença ficaram dentro de uma faixa aceitável para estudos.

Observa-se que os níveis de iluminância medidos apresentam variações significativas conforme o período do dia, com valores mais elevados pela manhã e redução no período da tarde e à noite, comportamento esperado devido a incidência de sol nas primeiras horas do dia.

Os valores simulados no DIALux mostraram-se coerentes com o padrão de decaimento de iluminância ao longo dos pontos de medição, e esta diferença em relação a medições “in loco” esta atribuída a fatores ambientais não modelados na simulação, como reflexão internas e condições climáticas durante as medições.

De modo geral, os resultados indicam que o modelo desenvolvido no DIALux representa adequadamente as condições reais do ambiente, podendo ser utilizado como uma ferramenta confiável.

### 3.6 Proposta de projeto Luminotécnico

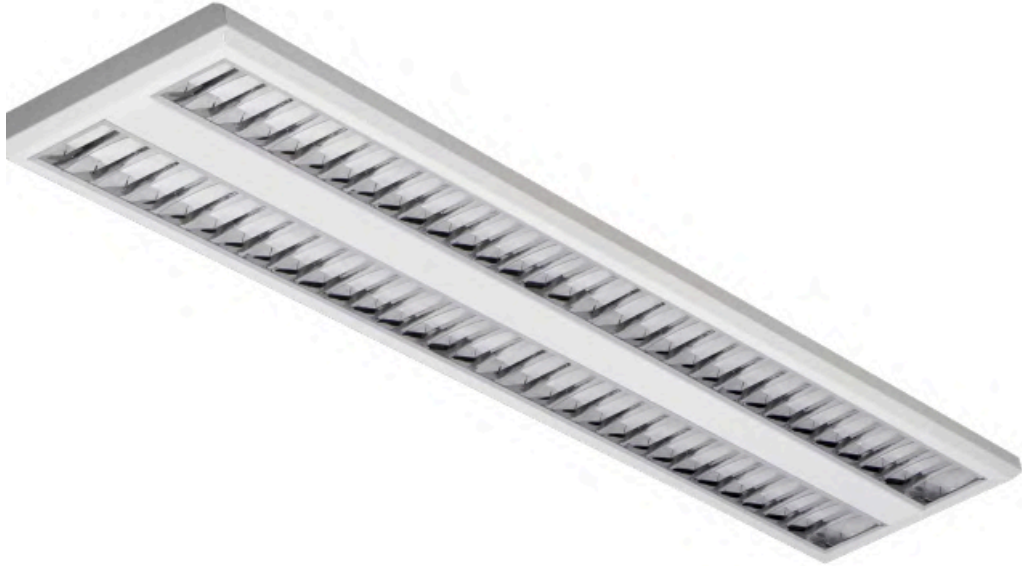
Com base no referencial bibliográfico estudado, foi desenvolvida uma proposta detalhada do projeto luminotécnico, fundamentada nos princípios do *neurolighting*, contemplando inicialmente ambas as salas analisadas. A metodologia incluiu a definição de uma iluminação voltada ao conforto visual e ao bem estar dos estudantes.

Para o desenvolvimento do estudo luminotécnico no software DIALux , foi selecionada a luminária EAA02-S (Figura 38), do fabricante Lumicenter, por atender os requisitos de eficiência, conforto visual e desempenho necessários para ambientes educacionais. É uma luminária de LED de sobrepor, construída em chapa de aço fosfatizado com pintura branca microtexturizada, refletor em alumínio alto brilho e aletas em alumínio, além de difusores recuados em acrílico translúcido. Essa configuração proporciona controle adequado do ofuscamento, característica essencial para salas de aula, além de possuir dimerização de temperatura de cor e intensidade, contribuindo para o bem estar visual dos usuários, alinhando com os princípios do *Neurolighting* considerados no projeto.

A luminária possui LED e driver multitensão (100-250V) integrados ao corpo, garantindo confiabilidade e facilidade de instalação. Sua durabilidade estimada é de 50.000h com manutenção de pelo menos 70% do fluxo luminoso inicial, o que torna uma opção eficiente com o baixo custo de manutenção. O índice de reprodução de cor é IRC>80, atendendo as normativas para ambientes escolares.

O modelo EAA02-S apresenta fluxo luminoso total de 3120 lm, que permite boa distribuição de iluminação no plano de trabalho. A curva fotométrica apresentada no anexo A, evidência a distribuição simétrica adequada para iluminação geral uniforme. Isso contribui para reduzir sombras marcadas e garantir conforto visual para atividades de leitura, escrita e uso de computadores.

Figura 48 – Luminária EAA02-S.



Fonte: Lumicenter, (s.d.).

Assim, escolha desta luminária se deu pelos seguintes fatores:

- Atende aos requisitos do conforto visual alinhados ao conceito de *Neurolighting* adotado no estudo;
- Fluxo luminoso adequado para alcançar os níveis de iluminância recomendados em norma e diretrizes educacionais;
- Material e acabamento que favorecem a refletância e o controle de ofuscamento, essenciais em ambiente de ensino;
- Longa vida útil, reduzindo custos e manutenção;
- Conformidade com os padrões de qualidade de iluminação (IRC > 80);
- Dinamização de temperatura de cor, contribuindo com o ciclo circadiano.

### 3.6.1 Especificações Técnicas da Luminária - EAA02-S

A tabela 1, abaixo, apresenta as especificações técnicas da luminária EAA02-S, selecionada para estudo luminotécnico das salas conforme manual do fabricante.

Tabela 01 - Especificações Técnicas de Luminária

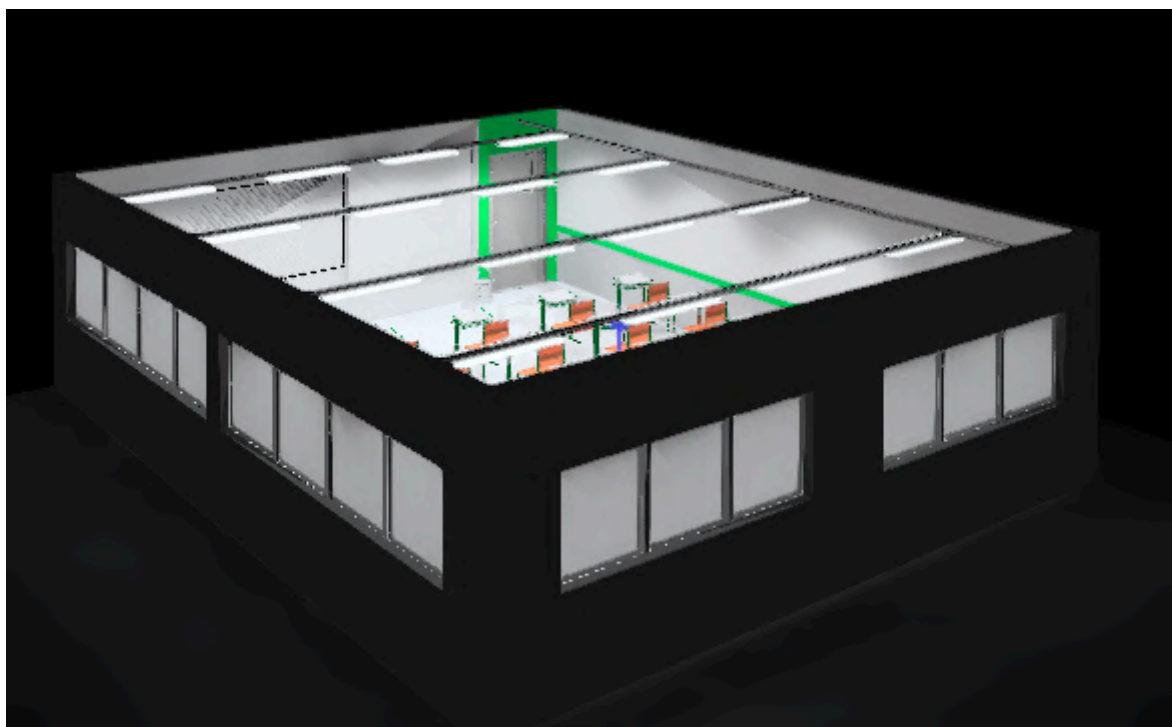
Características	Especificações
Marca	Lumicenter
Modelo	EAA02-S
Tipo de Instalação	Sobrepor
Potência	36 W
Fluxo Luminoso	3120 lm
Eficiência luminosa	91 lm/W
Temperatura de Cor (CCT)	3000 K
Índice de Reprodução de Cor	IRC > 80
Tensão de Operação	100 -250V(driver integrado)
Corrente	210mA
Vida Útil	50.000h
Material do Corpo	Chapa de aço fosfatizada com pintura branca
Refletor	Alumínio alto brilho
Aletas	Alumínio
índice de proteção	IP20
Aplicação recomendada	Escritórios, salas de aula e ambientes de leitura
Características fotométricas	Curva simétrica / distribuição uniforme

Fonte: Autoria Própria, 2025.

### 3.6.1 Proposta Luminotécnico - Sala 620

A Figura 49 apresenta o modelo tridimensional do projeto luminotécnico proposto para a Sala 620, desenvolvido no software DIALux.

Figura 49 – Projeto DIALux – Sala 620.

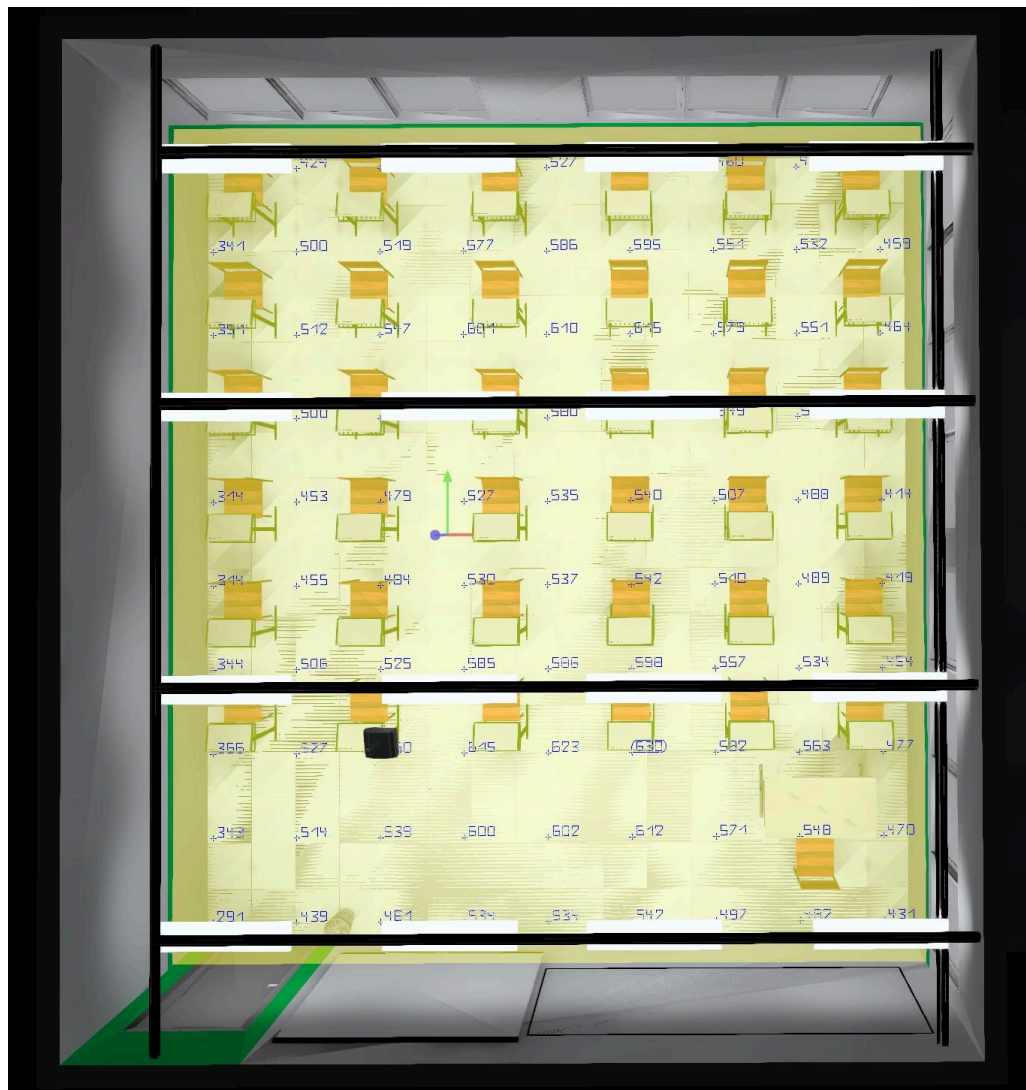


Fonte: Autoria Própria, 2025.

- Mapa de Iluminância (Lux):

A Figura 50 apresenta o mapa de iluminância (lux) da simulação da iluminação proposta para a Sala 620. A imagem mostra a distribuição dos níveis de iluminância no plano de trabalho, com valores numéricos indicados sobre o layout do ambiente.

Figura 50 – Iluminação simulada proposta - Sala 620.



Fonte: Autoria Própria, 2025.

A Figura 51 apresenta os dados quantitativos da simulação luminotécnica proposta, obtidos no software DIALux.

Figura 51 – Dados da simulação proposta - Sala 620.

Superfície de cálculo		(Potência luminosa perpendicular)	
		Real	Nominal
Médio		504 lx	-
Min 1/1		289 lx	-
Máx 1/1		630 lx	-
Mín/Médio		0.57	-
Mín/ Máx		0.46	-
<b>Parâmetros</b>			
Altura		0.800 m	

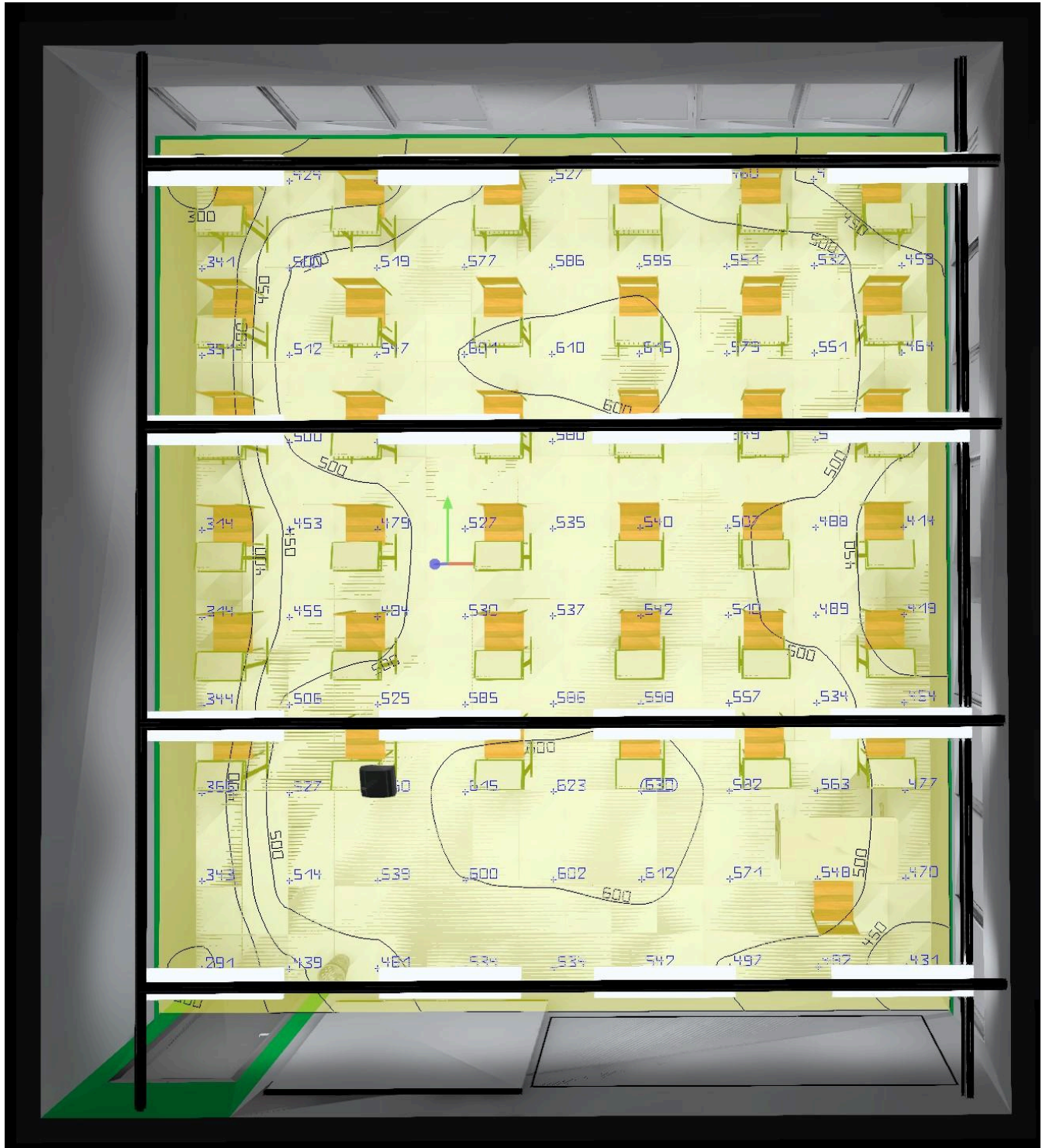
Fonte: Simulação DIALux, 2025.

- Isolinhas (Lux):

A Figura 52 apresenta o mapa de iluminância resultante da simulação luminotécnica proposta para a Sala AE. A simulação foi realizada com o objetivo de avaliar a distribuição dos níveis de iluminância no ambiente, considerando a disposição das luminárias, as características geométricas do espaço e os materiais de acabamento.

Observa-se que os valores de iluminância se concentram na faixa entre aproximadamente 300 lux e 500 lux, com picos localizados na região central do ambiente (área de trabalho), onde há maior incidência direta do fluxo luminoso. Essa distribuição indica uma iluminação relativamente homogênea, reduzindo contrastes excessivos e favorecendo o conforto visual dos usuários.

Figura 52 – Isolinas simulada proposta - Sala 620.

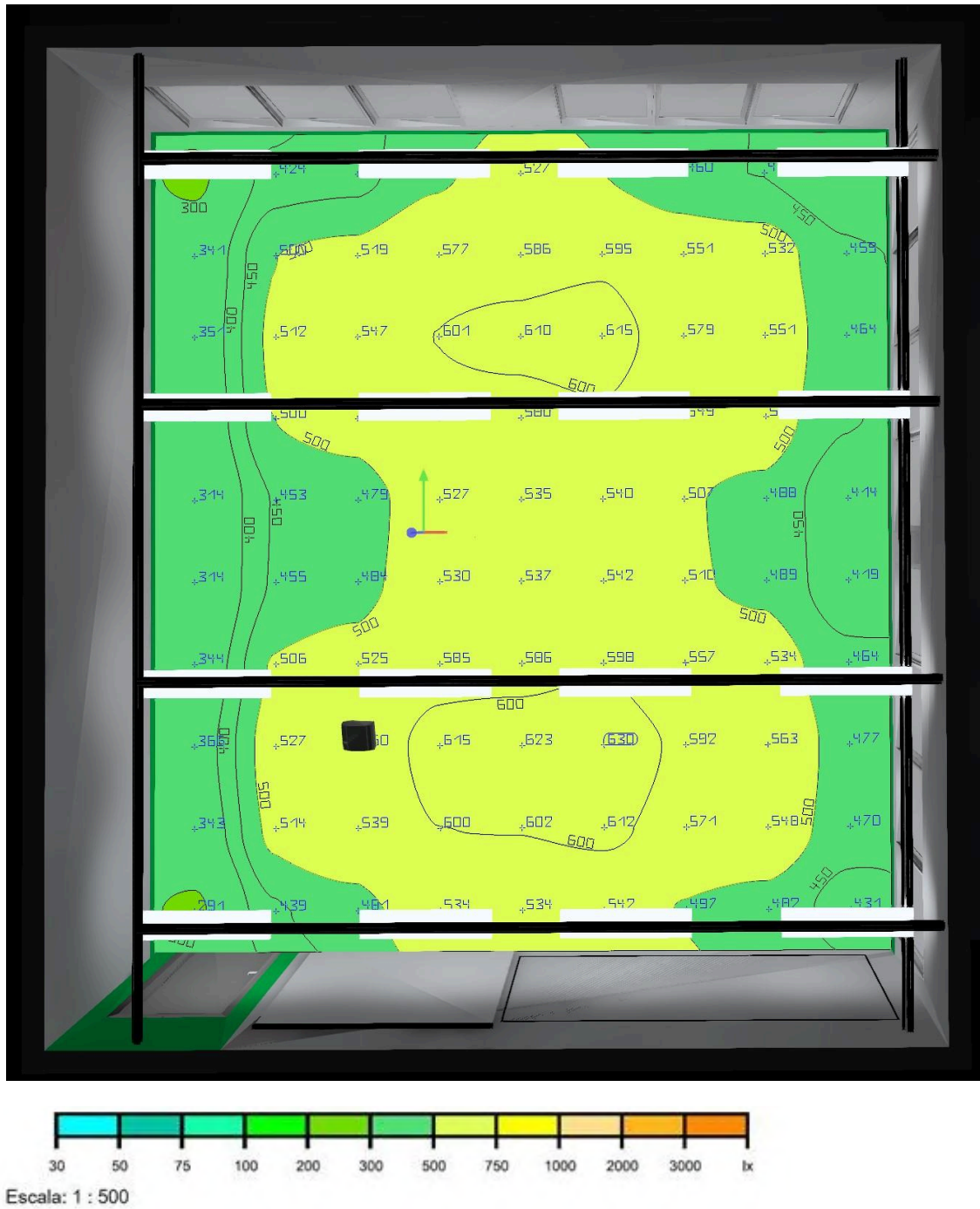


Fonte: Autoria Própria, 2025.

- Isolinhas Cores (Lux):

A Figura 53 apresenta o mapa de isolinhas de iluminância com gradação de cores, resultante da simulação luminotécnica proposta para a Sala 620. Esse tipo de representação permite uma análise visual detalhada da distribuição dos níveis de iluminância no ambiente, facilitando a identificação de áreas com maior ou menor incidência luminosa.

Figura 53 – Isolinhas com cores simuladas - Sala 620.

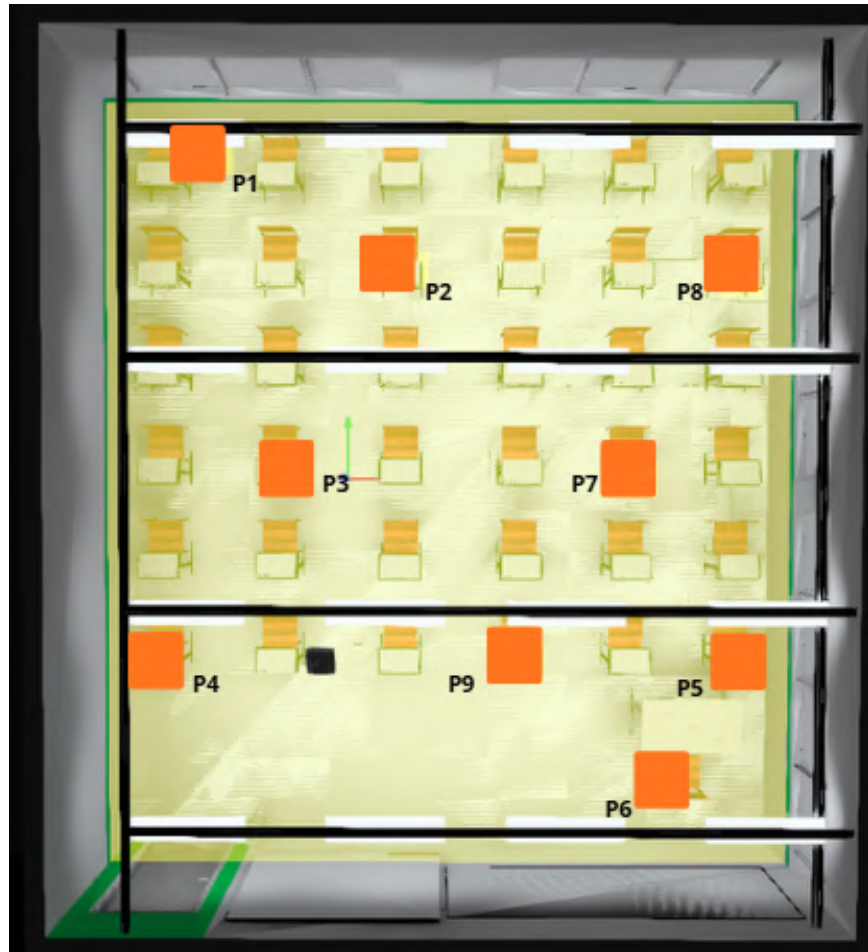


Fonte: Autoria Própria, 2025.

- Índice de Ofuscamento (UGR):

A Figura 54 apresenta a simulação do índice de ofuscamento unificado (UGR) para a proposta luminotécnica da Sala 620, considerando diferentes pontos de observação distribuídos no ambiente. O UGR é um parâmetro fundamental para a avaliação do conforto visual, pois indica o potencial de desconforto causado pelo brilho excessivo das luminárias no campo de visão dos usuários.

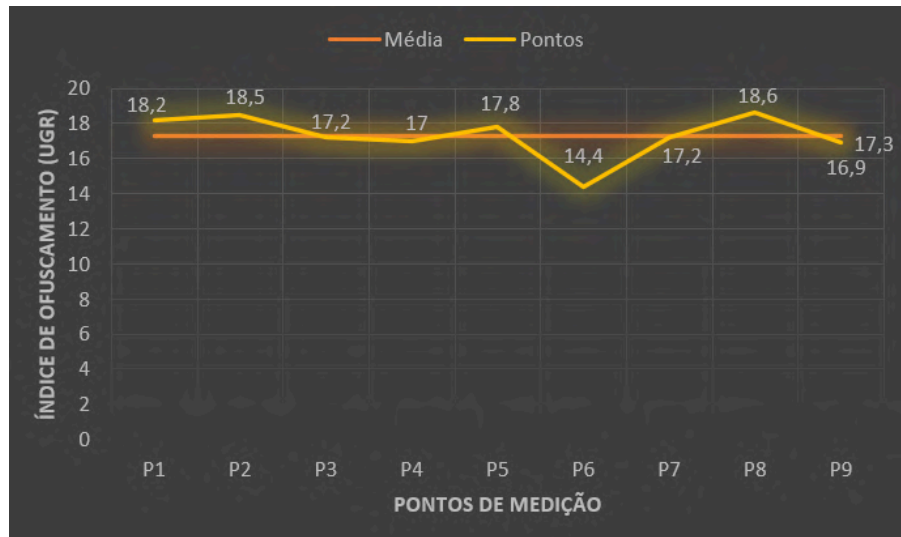
Figura 54 – Ofuscamento simulado proposto - Sala 620.



Fonte: Autoria Própria, 2025.

Observa-se que os pontos de medição (P1 a P9) estão distribuídos de forma a representar as principais posições ocupadas durante o uso do ambiente. Os valores obtidos, conforme apresentado na Figura 55, estão abaixo do recomendado pela norma.

Figura 55 – Dados da simulação proposta - Ofuscamento Sala 620.



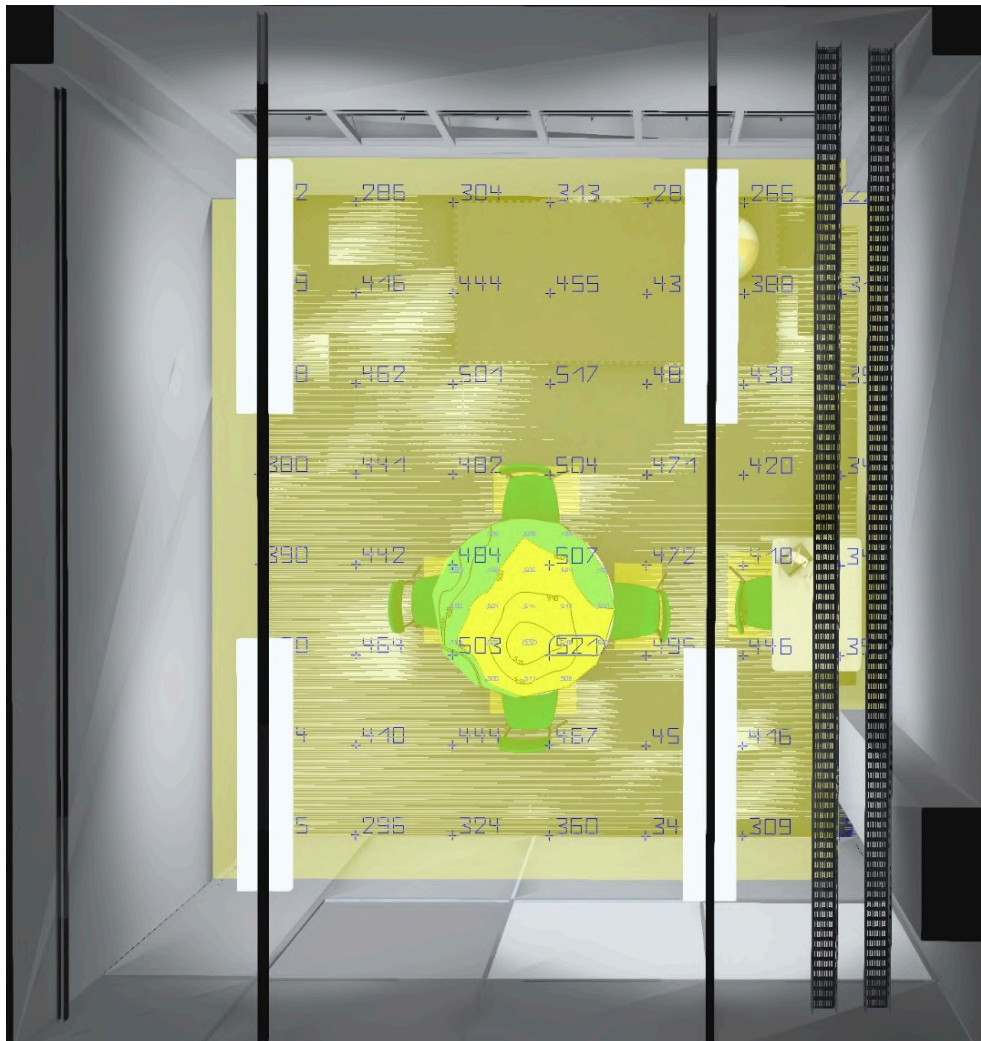
Fonte: Autoria Própria, 2025.

### 3.6.2 Proposta Luminotécnico - Sala AE

- Mapa de Iluminância (Lux)

A Figura 56 apresenta o mapa de iluminância (lux) resultante da simulação luminotécnica proposta para a Sala AE.

Figura 56 – Iluminação simulada proposta - Sala AE.



Fonte: Autoria Própria, 2025.

Figura 57 – Dados da simulação proposta - Sala AE - Geral

GERAL		
	398 lx	0.57
<b>Superfície de cálculo</b> (Potência luminosa perpendicular)		
	Real	Nominal
Médio	398 lx	-
Min 1/1	227 lx	-
Máx 1/1	521 lx	-
Mín/Médio	0.57	-
Mín/ Máx	0.44	-
<b>Parâmetros</b>		
Altura	0.800 m	

Fonte: Simulação DIALux, 2025.

Figura 58 – Dados da simulação proposta - Sala AE - Mesa de trabalho

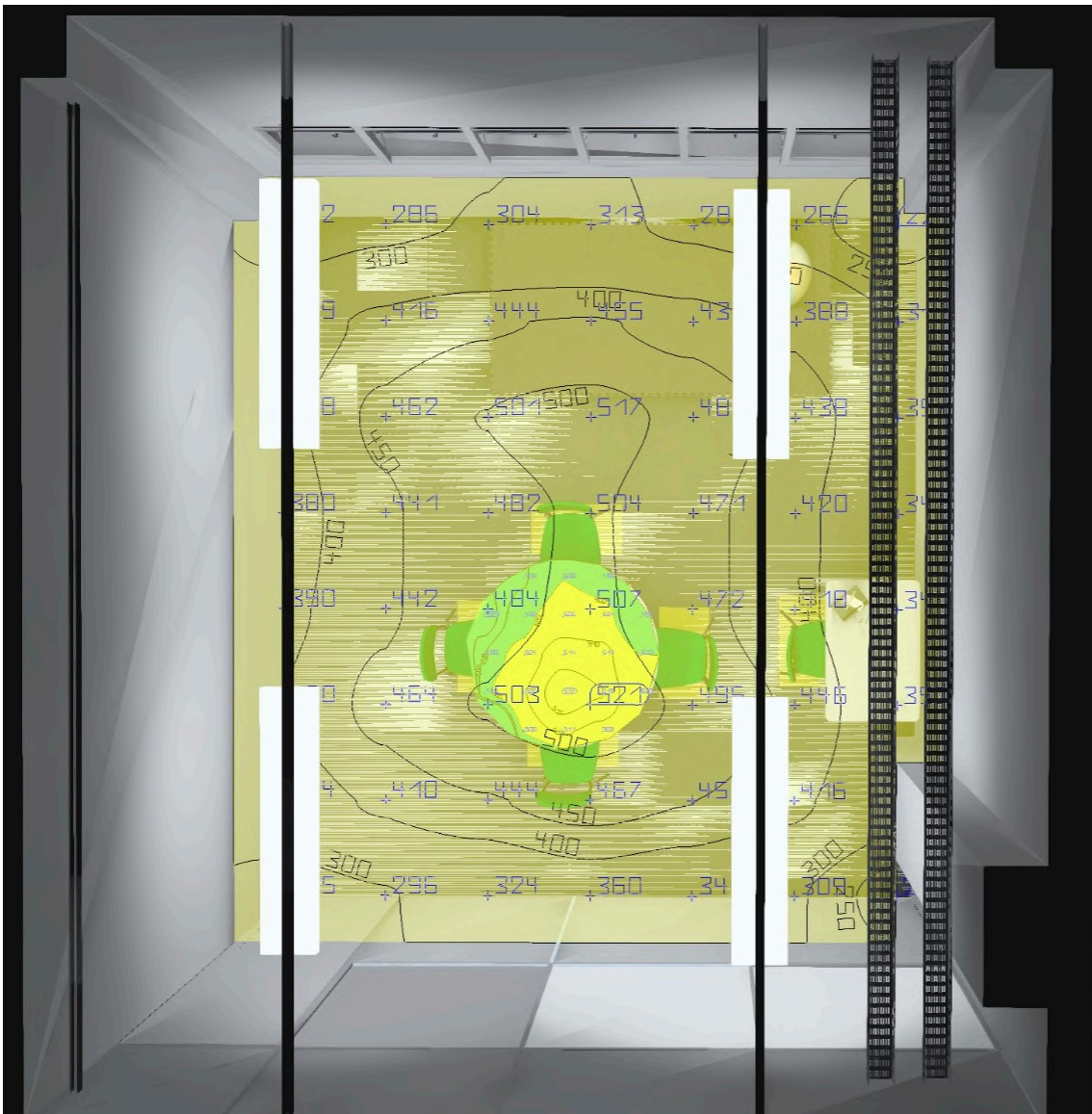
MESA		
	502 lx	0.96
<b>Superfície de cálculo</b> (Potência luminosa perpendicular)		
	Real	Nominal
Médio	502 lx	-
Min 1/1	481 lx	-
Máx 1/1	517 lx	-
Mín/Médio	0.96	-
Mín/ Máx	0.93	-
<b>Parâmetros</b>		
Altura	0.750 m	

Fonte: Simulação DIALux, 2025.

- Isolinhas (Lux):

A Figura 59 apresenta o mapa de isolinhas de iluminância (lux) da simulação luminotécnica proposta para a Sala AE. As isolinhas representam curvas que conectam pontos com iguais níveis de iluminância, permitindo uma análise mais precisa da distribuição da luz no ambiente.

Figura 59 – Isolinhas simulada proposta - Sala AE



Fonte: Autoria Própria, 2025.

- Isolinhas Cores (Lux):

A Figura 60 apresenta o mapa de isolinhas com cores de iluminância (lux) da simulação luminotécnica proposta para a Sala AE.

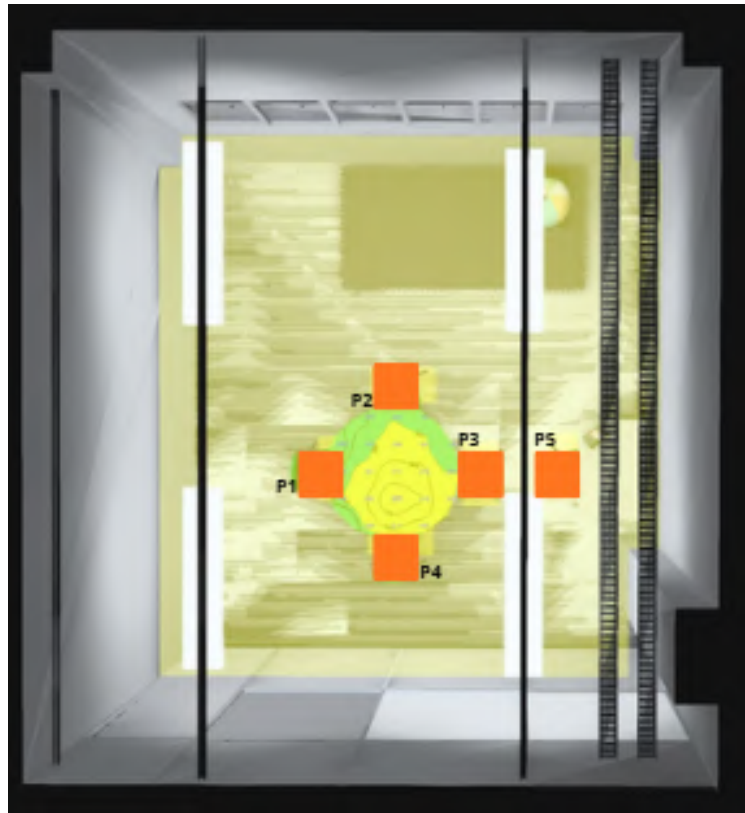
Figura 60 – Isolinhas com cores simuladas - Sala AE



Fonte: Autoria Própria, 2025.

- Índice de Ofuscamento (UGR):

Figura 61 – Ofuscamento simulado proposto - Sala AE.



Fonte: Autoria Própria,2025.

Figura 62 – Dados da simulação proposta - Ofuscamento Sala AE



Fonte: Autoria Própria,2025.

## 3.7 Automação

### 3.7.1 Controladores Apollo no Sistema de Automação Luminotécnica do Projeto

Para desenvolvimento deste projeto luminotécnico baseado nos princípios da *Neurolighting*, foi selecionado o controlador Apollo TW (Figura 63), um dispositivo da linha luminsense que emprega a tecnologia Tunable White. Essa tecnologia permite ajuste dinâmico da temperatura de cor das luminárias, variando entre tonalidades mais quentes ou mais frias conforme a necessidade do ambiente, horário do dia ou objetivo pedagógico.

O Apollo TW representa uma evolução nos sistema de controle, pois possibilita não apenas a dimerização da intensidade luminosa, mas também o controle da composição espectral da luz emitida. Essa característica é fundamental dentro da proposta *Neurolighting*, já que estudos indicam que diferentes tipos de temperatura de cor influenciam fatores como atenção, concentração, conforto visual e percepção emocional.

Recém desenvolvimento, o Apollo TW incorpora os mesmo princípios de simplicidade, confiabilidade e compatibilidade presentes da linha Apollo, permitindo fácil integração com luminárias LED e garantindo um processo de especificação e instalação acessível. Seu sistema Tunable White amplia significativamente as possibilidades de personificação da iluminação, tornando o ambiente mais adaptável e conectado às necessidades dos usuários. Neste projeto, a solução Apollo TW foi aplicada pela primeira vez em estudo real, tornando esta implantação pioneira e contribuindo para validação prática da tecnologia dos ambientes educacionais. Essa aplicação inicial permitiu avaliar de forma inédita o desempenho do controlador em situações reais de uso, reforçando o potencial para projetos que buscam inovação, bem-estar e eficiência no contexto de iluminação inteligente.

Figura 63 – Sensor Apollo TW



Fonte: Lumicenter, (s.d.).

O Apollo TW utiliza curvas de ciclo circadiano predeterminadas que ajustam automaticamente a intensidade da luz ao longo do dia, imitando o padrão natural de luminosidade. O fabricante disponibiliza uma tabela com diversos perfis de dimerização, incluindo Dimmer Suave -, Dimmer Completo, Dimmer Inverso e Dimmer Suave+, cada um apresentando uma mudança específica na intensidade das 0h às 23h, conforme mostra a Figura 64. Esses perfis são projetados para adaptar a iluminação, promovendo uma maior concentração em momentos de maior demanda cognitiva e criando ambientes mais relaxantes durante transições ou em períodos de menor exigência visual, o pré-set utilizado no estudo foi o Dimmer Suave - .

Figura 64 – Pré-set do ciclo circadiano apollo TW.

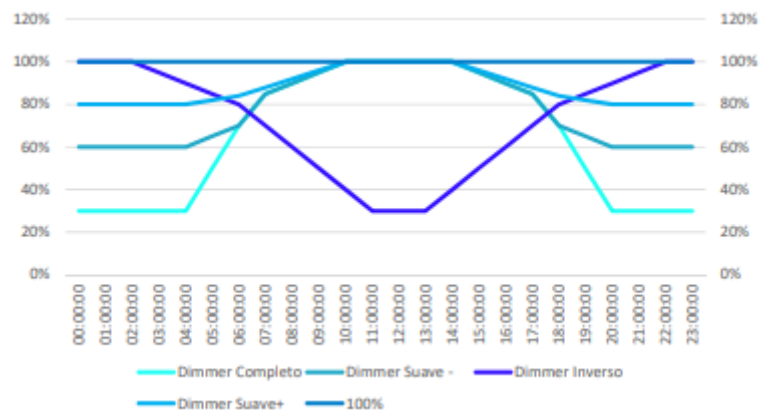
Hora	Dimmer Suave -	Dimmer Completo	Dimmer Inverso	Dimmer Suave+	100%
00:00:00	60%	30%	100%	80%	100%
01:00:00	60%	30%	100%	80%	100%
02:00:00	60%	30%	100%	80%	100%
03:00:00	60%	30%	95%	80%	100%
04:00:00	60%	30%	90%	80%	100%
05:00:00	65%	50%	85%	82%	100%
06:00:00	70%	70%	80%	84%	100%
07:00:00	85%	85%	70%	88%	100%
08:00:00	90%	90%	60%	92%	100%
09:00:00	95%	95%	50%	96%	100%
10:00:00	100%	100%	40%	100%	100%
11:00:00	100%	100%	30%	100%	100%
12:00:00	100%	100%	30%	100%	100%
13:00:00	100%	100%	30%	100%	100%
14:00:00	100%	100%	40%	100%	100%
15:00:00	95%	95%	50%	96%	100%
16:00:00	90%	90%	60%	92%	100%
17:00:00	85%	85%	70%	88%	100%
18:00:00	70%	70%	80%	84%	100%
19:00:00	65%	50%	85%	82%	100%
20:00:00	60%	30%	90%	80%	100%
21:00:00	60%	30%	95%	80%	100%
22:00:00	60%	30%	100%	80%	100%
23:00:00	60%	30%	100%	80%	100%

Fonte: Lumicenter, (s.d.).

A diferença entre os pré-set está no comportamento do fluxo luminoso ao longo do dia.

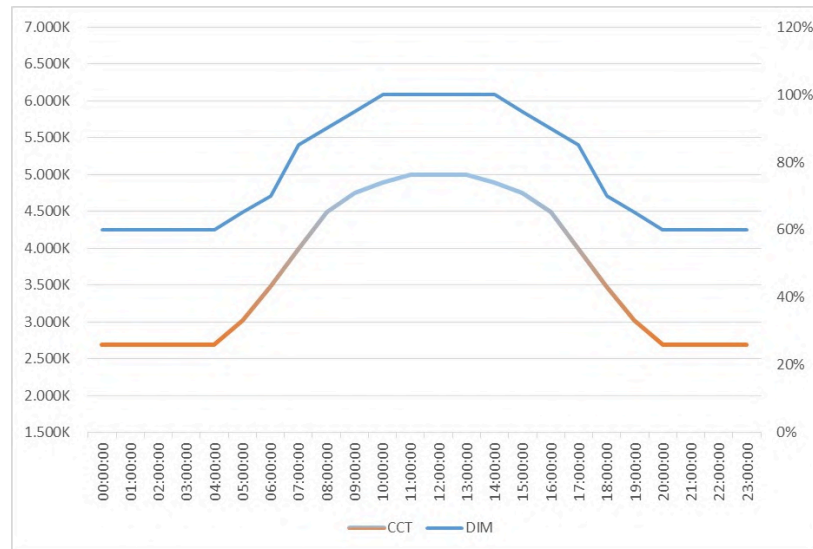
O Dimmer Suave faz transições leves; o Dimmer Completo segue o ciclo natural com intensidade máxima; o Dimmer Inverso faz o oposto do ciclo circadiano; e o Dimmer Suave + 100% mantém suavidade, mas permite picos de intensidade total. Cada modo atende a um tipo de necessidade visual e pedagógica. Conforme mostra a Figura 65.

Figura 65 – Comparação Pré-set do ciclo circadiano apollo TW



Fonte: Lumicenter, (s.d.).

Figura 66 – Pré-set Dimmer Suave -.



Fonte: Lumicenter, (s.d.).

Com a implantação do Apollo TW, o projeto ganhou um mecanismo que ajusta de forma automática a intensidade e a temperatura das lâmpadas, oferecendo uma iluminação mais natural e agradável, em sintonia com o ciclo biológico dos seres humanos. Dessa maneira, a adoção desse controlador não apenas aumentou a eficiência e a automação do sistema, mas também fortaleceu a abordagem educacional e de bem-estar incorporada ao espaço de aprendizado.

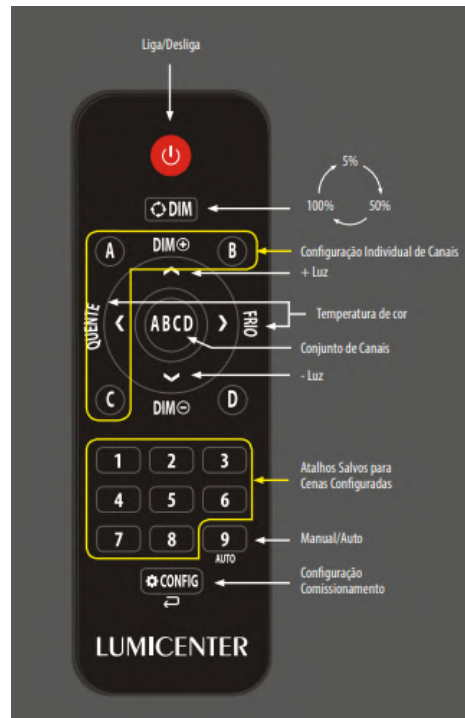
### 3.7.2 Controle Zeus

Para adicionar a automação e assegurar uma maior flexibilidade nas operações do projeto de iluminação, foi incorporado o controle remoto Zeus (Figura 67), um equipamento crucial para o comissionamento e ajuste das luminárias com o controlador Apollo TW. O Controle Zeus funciona com comandos infravermelhos, tornando possível configurar parâmetros de dimerização e realizar ajustes delicados de forma rápida e eficaz, mesmo após o sistema já estar instalado.

Com uma capacidade de alcance de até 12 metros, o controle permite acessar funções de configuração, como a intensidade da luz, ativação de perfis pré-estabelecidos e ajustes necessários para o funcionamento correto do ciclo circadiano no espaço. Essa ferramenta promove uma configuração mais eficiente,

diminui a necessidade de intervenções técnicas futuras e simplifica a manutenção, favorecendo a economia operacional durante a vida do sistema.

Figura 67 – Controle Zeus.



Fonte: Lumicenter, (s.d.).

### 3.7.3 Criação de Cenários

A implementação do controlador Apollo TW no projeto permitiu não apenas explorar o potencial da tecnologia Tunable White, mas também desenvolver um conjunto de cenas específicas, alinhadas com a demanda funcional do ambiente educacional. A criação de cenas, apresentadas na Tabela 2, possibilitou que o espaço modificasse suas características luminotécnicas de acordo com a natureza da atividade, alternando entre estímulos de concentração, relaxamento, apresentação ou manutenção.

A criação das cenas tem como objetivo garantir praticidade ao usuário final. Por meio do controle remoto ZEUS, o sistema pode ser alterado rapidamente entre as configurações predefinidas, evitando alterações indevidas e mantendo a consistência luminotécnica planejada. Esse recurso contribui para eficiência

operacional e reduz a necessidade de ajustes manuais complexos, tornando a automação acessível e intuitiva. Abaixo as cenas configuradas.

Tabela 2 – Cenas configuradas no Sistema Apollo TW.

<b>Cenas</b>	<b>Temperatura de Cor (K)</b>	<b>Dimerização (%)</b>	<b>Descrição/Objetivo</b>
1 - Manutenção	3000K	100%	Iluminação plena para atividades de limpeza e manutenção.
2 - Apresentação 1	3500K	20%	Ambiente mais suave para apresentações com foco no conteúdo exibido.
3 - Apresentação 1	3000K	50%	Redução do brilho e foco frontal, criando conforto visual durante apresentação.
4 - Concentração	5000K	100%	Simula a luz do meio-dia, favorecendo atenção, energia e estado de alerta.
5 - Relaxamento	3000K	40%	Ambiente acolhedor para pausas e transição entre atividades.

Fonte: Autoria Própria, 2025.

### 3.8 Aplicação do projeto Luminotécnico na Sala de Atendimento Especial (AE):

A sala de atendimento especial foi selecionada para aplicação do projeto luminotécnico devido às particularidades do público atendido e à importância de condições ambientais adequadas para o desenvolvimento das atividades pedagógicas. Durante a análise inicial do ambiente, foi verificado que a iluminação existente era inapropriada para as atividades realizadas, apresentando níveis de iluminação abaixo do recomendado e com presença de pontos escuros. Essas irregularidades geravam sombras, falta de uniformidade luminosa e dificuldade visual para os alunos e profissionais.

Além disso, a iluminação inadequada compromete o conforto quanto à acessibilidade, uma vez que estudantes com baixa visão e fotossensibilidade são afetados diretamente por ambientes mal iluminados. Assim, a escolha da Sala AE se

mostrou pertinente por sua relevância pedagógica e pelo impacto direto que um projeto luminotécnico eficiente pode trazer para a qualidade do atendimento educacional.

### 3.8.1 Montagem do projeto Luminotécnico:

A montagem do projeto luminotécnico contou com a participação conjunta de estudantes e professores (Figura 68), que colaboraram tanto na organização do espaço quanto na execução das adequações necessárias para a instalação do novo sistema de iluminação. Essa parceria possibilitou integrar o aprendizado técnico à prática.

Figura 68 – Montagem das luminárias - Sala AE.



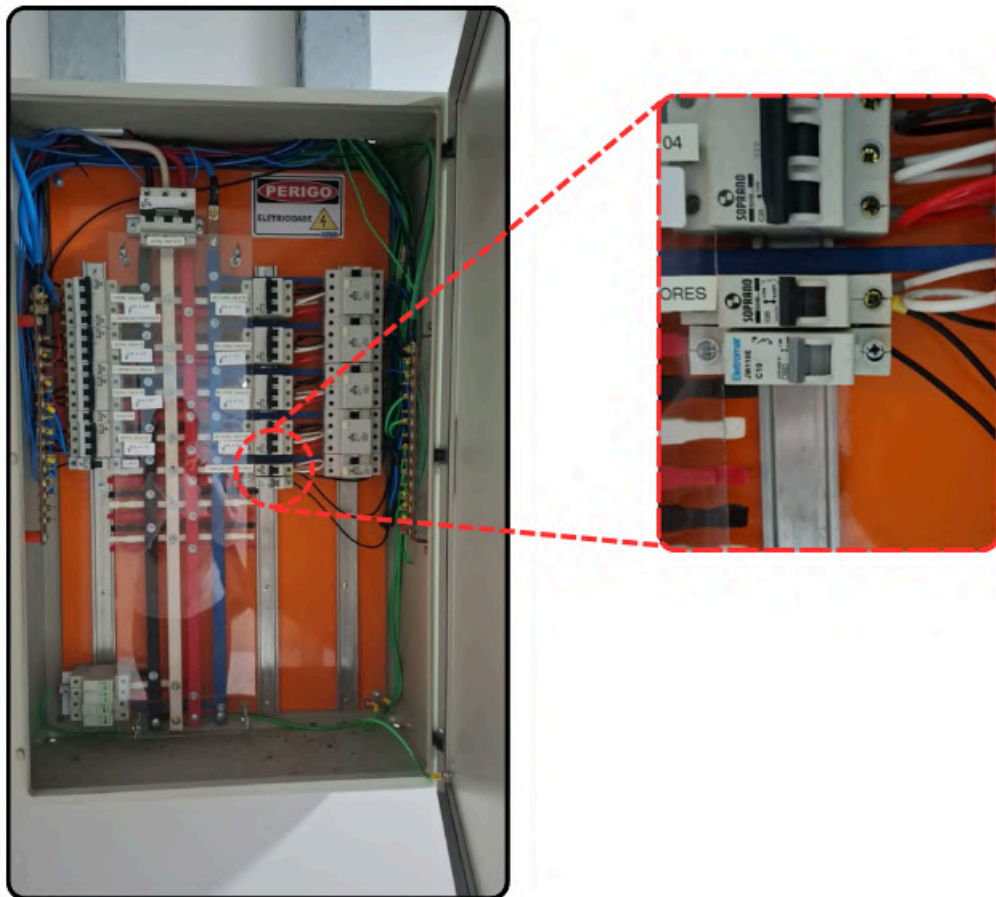
Fonte: Autoria Própria, 2025.

A iluminação anteriormente apresentava diversas limitações, entre elas a ausência de um circuito elétrico exclusivo para a sala. As luminárias da Sala de AE era alimentadas pelo mesmo circuito que atendia ao corredor do instituto, o que comprometia o controle individualizado do ambiente e inviabiliza o uso adequado do sistema de automação proposto, impedia o acionamento independente, a dimerização e o controle da temperatura de cor das luminárias, todos requisitos essenciais para o funcionamento do projeto.

A primeira etapa foi a criação de um circuito elétrico dedicado, garantindo autonomia operacional e segurança. Para isso, foi instalado um disjuntor exclusivo no quadro de distribuição do Bloco 06 (Figura 69), do qual partiram os cabos para suportar a carga prevista do projeto luminotécnico.

A realização da instalação demandou dedicação e trabalho contínuo, ocupando um dia inteiro de atividade, desde a preparação dos materiais até a montagem e testes finais, assegurando que tudo fosse instalado corretamente e de acordo com as normas técnicas.

Figura 69 – Quadro Elétrico - circuito sala AE.

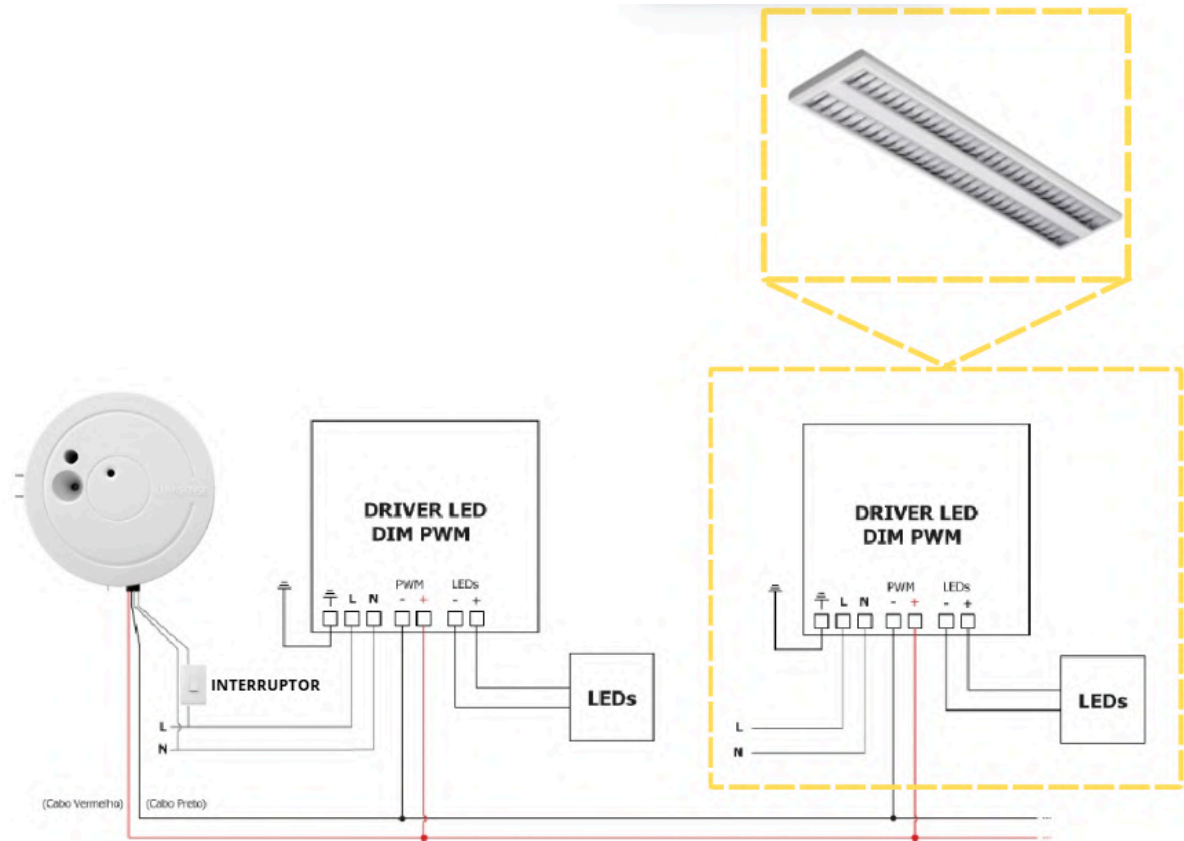


Fonte: Autoria Própria, 2025.

### 3.8.2 Esquema de ligação Apollo TW x Luminárias

A Figura 70, abaixo, demonstrativo do esquema de ligação elétrico utilizado para a instalação das luminárias e do controlador Apollo.

Figura 70 – Esquema de ligação elétrico.



Fonte: Autoria Própria, 2025.

### 3.8.3 Materiais utilizados

A maior parte dos materiais utilizados na execução da instalação luminotécnica foi obtida diretamente no almoxarifado do Instituto Federal de Santa Catarina (IFSC) - câmpus Joinville, o que contribuiu para reduzir significativamente os custos do projeto. Graças a essa disponibilidade interna, foi necessário adquirir apenas alguns itens complementares, como ganchos para perfilado e parafusos, necessários para a fixação das luminárias e da infraestrutura. Abaixo, a Tabela 3 apresenta a relação dos materiais utilizados.

Tabela 3 – Quadro de materiais utilizados.

Quantidade	Descrição	Especificação
4 pç	Saída de tomadas para perfilados	—
8 m	Eletroduto PVC rígido cinza	3/4"
2 pç	Saída de perfilado para condutele	3/4"
5 pç	Fixação para condutele	—
2 pç	Curva de condutele	3/4"
8 pç	Gancho para suporte Luminária	—
1 pç	Disjuntor	10A
1 pç	Interruptor de sobrepor	—
20 m	Cabo flexível 2,5mm <sup>2</sup> PVC 70° - 750V	Cor Branca
20 m	Cabo flexível 2,5mm <sup>2</sup> PVC 70° - 750V	Cor Azul
20 m	Cabo flexível 2,5mm <sup>2</sup> PVC 70° - 750V	Cor Preto
20 m	Cabo flexível 2,5mm <sup>2</sup> PVC 70° - 750V	Cor Vermelh
4	Luminária - EAA02-S	Lumicenter
1	Apollo TW	Lumicenter
1	Controle Zeus	Lumicenter

Fonte: Autoria Própria, 2025.

### 3.8.4 Orçamento dos Materiais utilizados

O orçamento destinado à execução do projeto luminotécnico contou com o apoio financeiro do Instituto Federal de Santa Catarina (IFSC), que disponibilizou recurso para aquisição das luminárias. Inicialmente, o orçamento fornecido pela empresa Lumicenter ultrapassava o valor disponível para a compra dos equipamentos. No entrando, após diálogo e apresentação do caráter educacional e institucional do projeto, a empresa demonstrou parceria e colaboração, realizando redução no valor dos produtos. Com esse ajuste, foi possível adquirir as luminárias dentro do limite orçamentário disponível. Na tabela 4 é possível conferir o custo dos materiais utilizados no projeto.

Tabela 4 – Custo dos materiais utilizados.

Item	Quantidade	Valor Unitário (R\$)	Valor Total (R\$)
Luminária LED (Lumicenter)	4	683,32	2733,28
Apollo TW	1	168,83	168,83
Suporte Apollo	1	23,89	23,89
Controle Zeus	1	57,38	57,38
Saída de perfilado para condutele	1	2,10	2,10
Gancho para suporte Luminária	8	2,54	20,32
Parafuso e Arruelas	16	-	20,00
<b>Total</b>			<b>3025,8</b>

Fonte: Autoria Própria, 2025.

#### Observações:

1. A maior parte dos materiais foi obtida no almoxarifado do IFSC, resultando em custo reduzido.
2. Os itens adquiridos foram principalmente luminárias, ganchos de perfilado e parafusos.

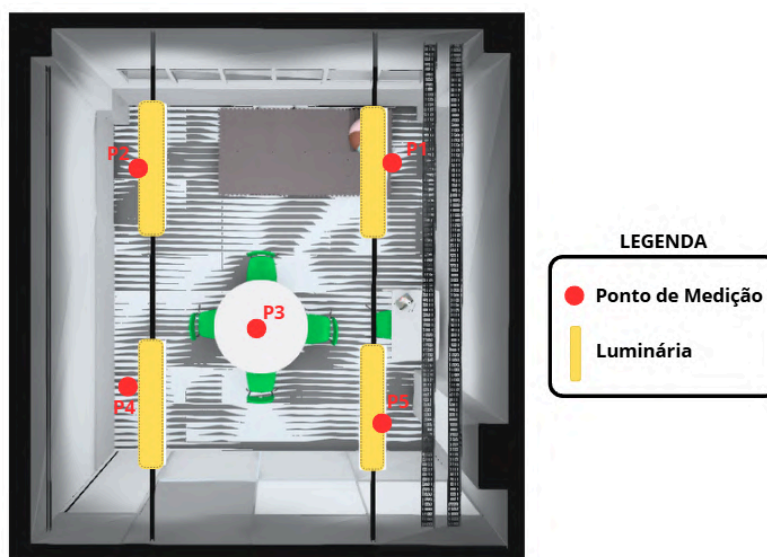
3. A empresa Lumicenter concedeu desconto para que as luminárias coubessem no orçamento disponível, em anexo os dois orçamentos.

No Anexo E é possível conferir o orçamento inicial, sem desconto, já no Anexo E é apresentado o orçamento com o desconto concedido pela empresa

### 3.8.5 Análise da iluminação

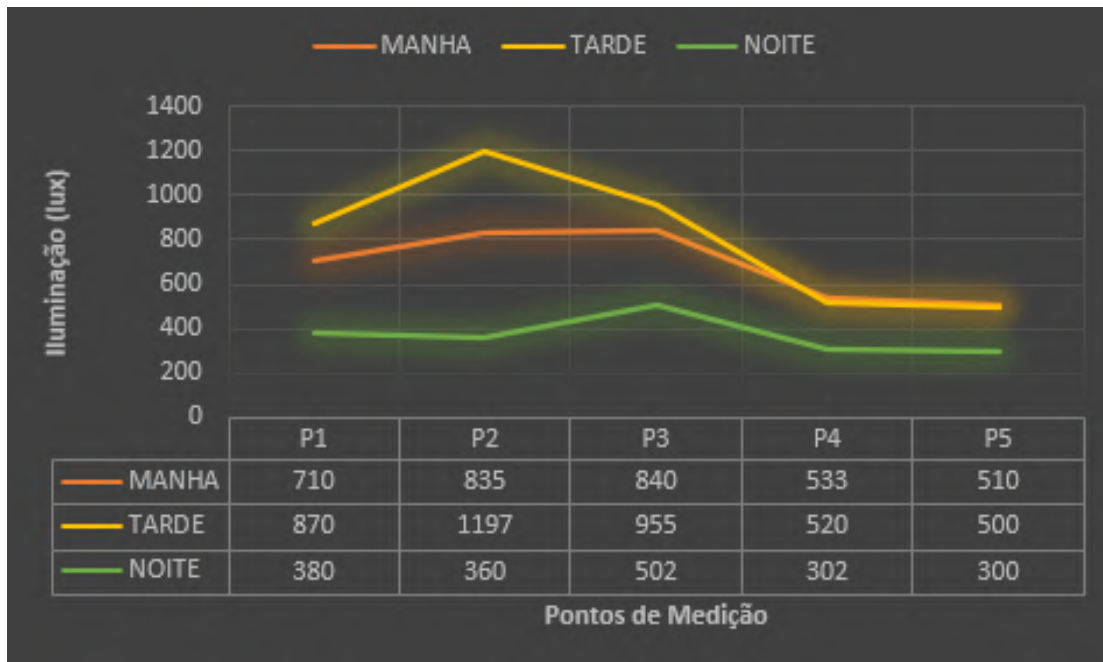
A iluminação medida “*in loco*” permitiu avaliar de forma precisa as condições reais do ambiente depois da intervenção luminotécnica. As medições foram realizadas utilizando o luxímetro, posicionando em 5 pontos distintos das salas, nos mesmos locais avaliados inicialmente para garantir comparabilidade dos resultados. Os valores obtidos confirmaram o desempenho previsto na simulação, alcançando 500 lux na área de trabalho e 300 lux nas áreas adjacentes (Figura 72), conforme estabelecido no projeto.

Figura 71 – Pontos de medição sala AE - Depois.



Fonte: Autoria Própria, 2025.

Figura 72 – Esquema de ligação elétrica.



Fonte: Autoria Própria, 2025.

Esses resultados demonstram que o ambiente passou a atender adequadamente os níveis de iluminância recomendados pela NBR ISO/CIE 8995-1:2013, garantindo conforto visual, uniformidade luminosa e condições apropriadas para o desenvolvimento das atividades realizadas na sala.

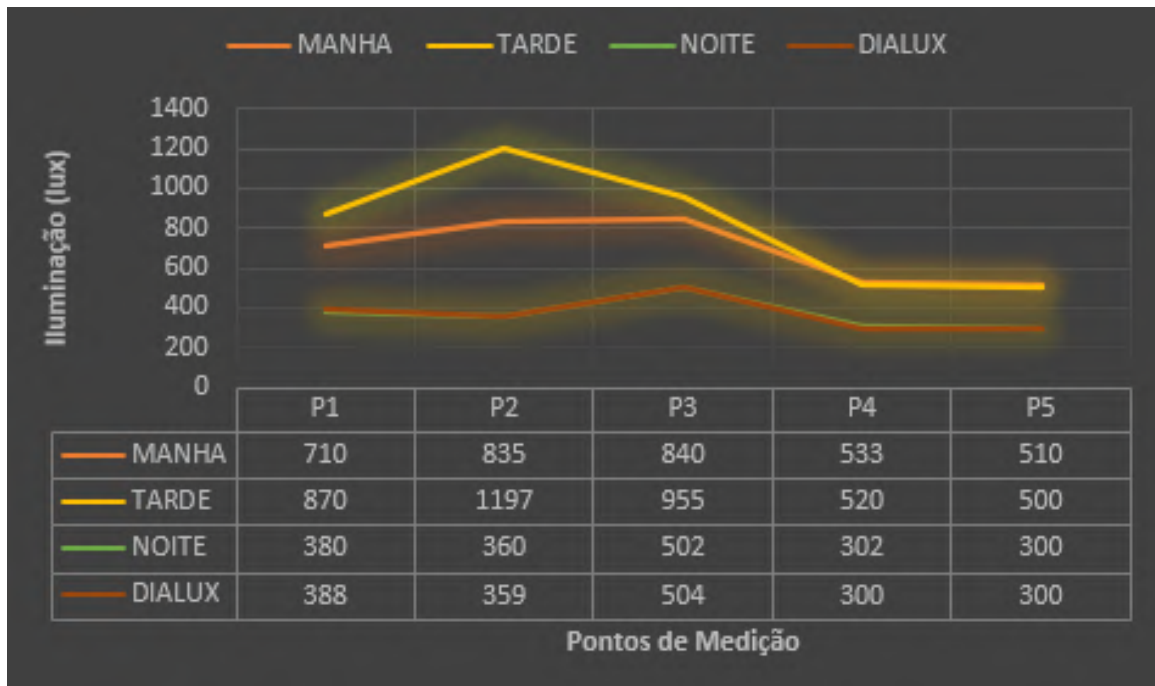
### 3.8.6 Análise da iluminação x Simulado - Depois

A análise dos dados apresentados no gráfico da Figura 70, permite concluir que o projeto luminotécnico implementado na sala atendeu aos requisitos técnicos e às expectativas previstas na simulação. Observa-se que, durante os períodos da manhã e tarde, os níveis de iluminância medidos foram superiores aos valores simulados pelo DIALux, resultado da contribuição da iluminação natural. Esse comportamento demonstra que a sala se beneficia da luz externa, alcançando condições ainda mais confortáveis para atividades realizadas neste horário.

Já no período noturno, quando a iluminação natural não interfere, os valores medidos se aproximaram diretamente dos obtidos na simulação, variando entre 300 e 504 lux. Essa correspondência confirma que as luminárias instaladas foram corretamente dimensionadas e são capazes de garantir 500 lux na área de trabalho e aproximadamente 300 lux nas regiões periféricas, conforme a NBR ISO/CIE 8995-1:2013.

Dessa forma, conclui-se que o projeto luminotécnico foi eficaz, proporcionando níveis adequados, uniformes e seguros de iluminância em todos os períodos do dia. A sala passou a oferecer melhores condições visuais e maior conforto, contribuindo positivamente para o desenvolvimento das atividades pedagógicas e atendendo às necessidades específicas dos usuários.

Figura 73 – Níveis de Iluminação Dialux x Medidos - Depois sala AE.



Fonte: Autoria Própria, 2025.

### 3.8.7 Iluminação - Cenas existentes

Junto com o sistema de iluminação, a integração com a automação permitiu criar diferentes cenas luminosas, ajustadas para atender às necessidades específicas de cada atividade. Conforme comentado anteriormente, abaixo apresento como ficaram as configurações aplicadas à sala de aula AE do Bloco 6, considerando temperatura de cor, nível de dimerização e distribuição das luminárias em cada cena.

1. Cena 1 : A cena de Manutenção foi configurada com temperatura de cor de 3000K e 100% da intensidade luminosa. Essa configuração garante iluminação uniforme e elevada, adequada para atividades de limpeza, inspeção e manutenção do ambiente. A escolha dessa cena prioriza a visibilidade total do espaço, sem a necessidade de conforto prolongado, uma vez que se trata de uma condição temporária de uso. Conforme demonstra a Figura 74.

Figura 74 – Cena 1



Fonte: Autoria Própria, 2025.

2. Cena 2 – A cena Apresentação 1 (Figura 75) utiliza temperatura de cor entre 3000 K e 3500 K, com intensidade reduzida para 20%. Essa baixa iluminância foi projetada para evitar interferências visuais em telas de projeção ou monitores, reduzindo reflexos e ofuscamento, ao mesmo tempo em que mantém um nível mínimo de iluminação ambiente para garantir conforto e segurança visual aos usuários.

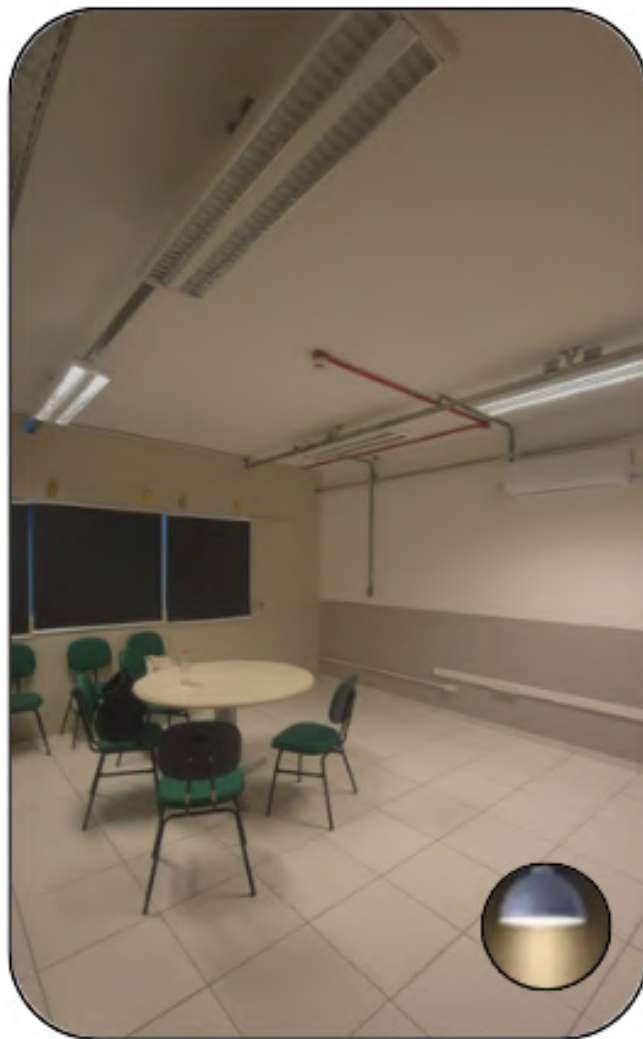
Figura 75 – Cena 2.



Fonte: Autoria Própria, 2025.

3. Na cena Apresentação 2 (Figura 76), a temperatura de cor é mantida em 3000 K, com intensidade luminosa em torno de 50%, porém restrita a uma fileira de luminárias acesas. Essa configuração permite um equilíbrio entre foco no conteúdo apresentado e iluminação suficiente para anotações e circulação, sendo indicada para situações em que parte do ambiente precisa permanecer visível sem comprometer a atenção no material projetado.

Figura 76 – Cena 3.



Fonte: Autoria Própria, 2025.

4. A cena de Concentração Intensa (Figura 77), foi definida com temperatura de cor de 5000K e 100% de intensidade luminosa, aplicada por períodos controlados de aproximadamente 15 minutos. Essa configuração simula a luz natural do meio-dia, rica em componentes azulados, que contribuem para a ativação do estado de alerta, aumento da concentração e redução da sonolência, sendo indicada para momentos que exigem maior desempenho cognitivo.

Figura 77 – Cena 4



Fonte: Autoria Própria, 2025.

5. Cena 5 – A cena de Relaxamento (Figura 78), utiliza temperatura de cor de 2700 K, com intensidade de 40%, criando um ambiente visualmente mais quente e acolhedor. Essa configuração favorece a redução da excitação fisiológica, sendo indicada para pausas, atividades leves ou momentos de transição, contribuindo para o bem-estar e a recuperação mental dos usuários.

Figura 78 – Cena 5



Fonte: Autoria Própria, 2025.

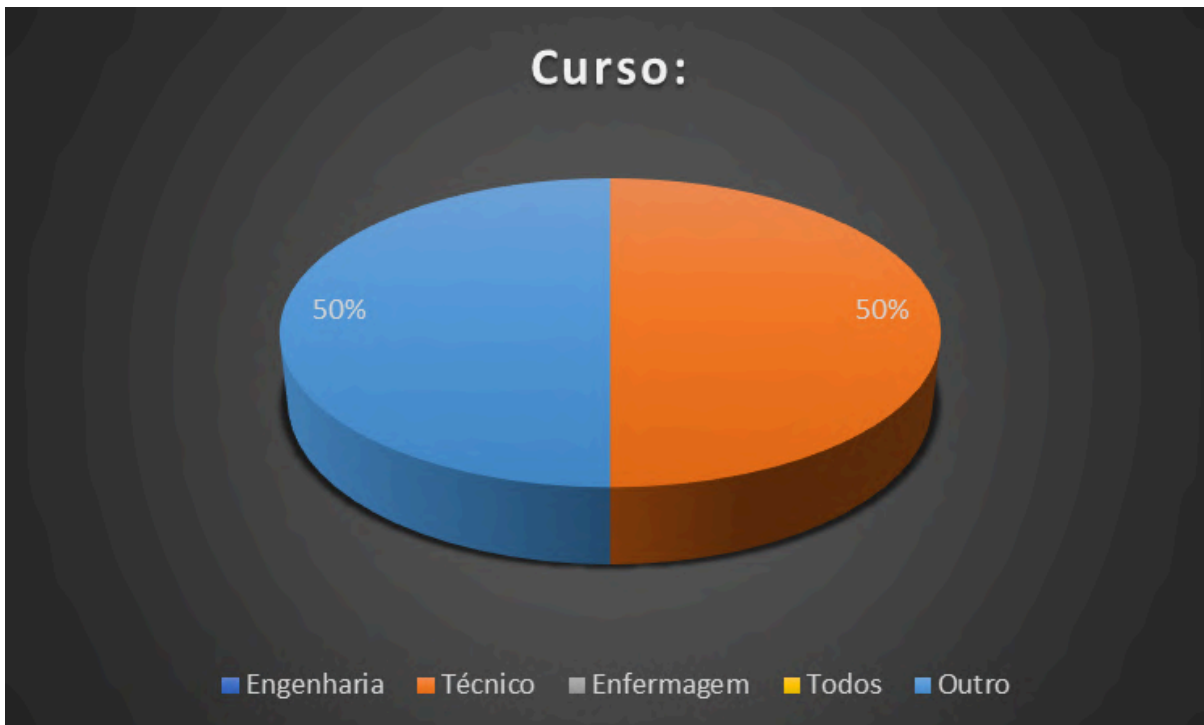
## 4 Resultados das Avaliações

Para validar a proposta da iluminação, foram aplicadas duas avaliações com usuários da sala de aula. Avaliação 1 (estado inicial) e Avaliação 2 (após as melhorias e implementação das cenas de iluminação). Os questionários buscaram identificar níveis de conforto visual e percepção de adequação da luz às atividades.

### 4.1 Participantes

A Avaliação 1 e a Avaliação 2 contaram com a participação de alunos e professores de diferentes cursos e turnos conforme mostra as Figuras 79,80,81, todos usuários da sala AE, Bloco 6. A diversidade desses perfis contribuiu para uma avaliação mais abrangente, permitindo observar como a iluminação atende a distintas necessidades visuais presentes entre os participantes.

Figura 79 – Cursos dos Participantes



Fonte: Autoria Própria, 2025.

Figura 80 – Função dos participantes



Fonte: Autoria Própria, 2025.

Figura 81 – Turno dos participantes



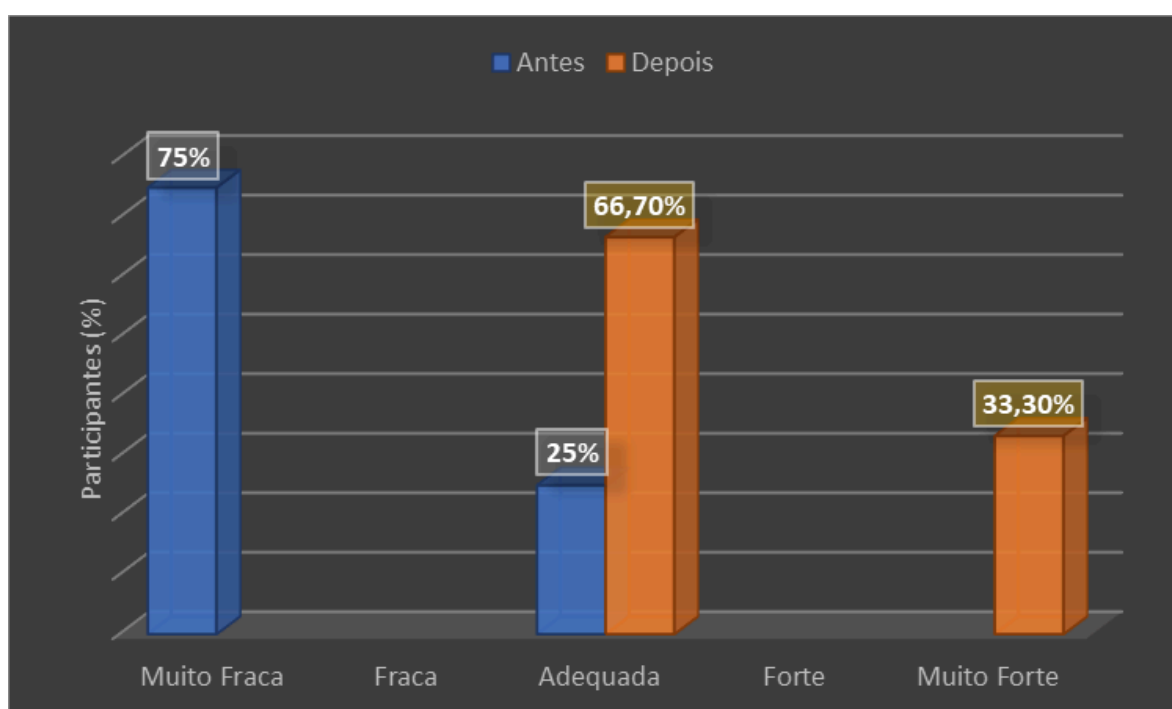
Fonte: Autoria Própria, 2025.

## 4.2 Intensidade e Uniformidade da Iluminação.

Na Avaliação 1, os participantes apresentaram percepções variadas quanto a intensidade e uniformidade da iluminação (Figura 82), indicando que o ambiente nem sempre oferecia luz suficiente para a realização de todas as atividades. Essa diferença está relacionada principalmente ao turno em que a sala era utilizada, enquanto os participantes do período matutino e vespertino contavam com o apoio da iluminação natural, aqueles período noturno dependiam somente da iluminação artificial, o que resultava em menor conforto visual.

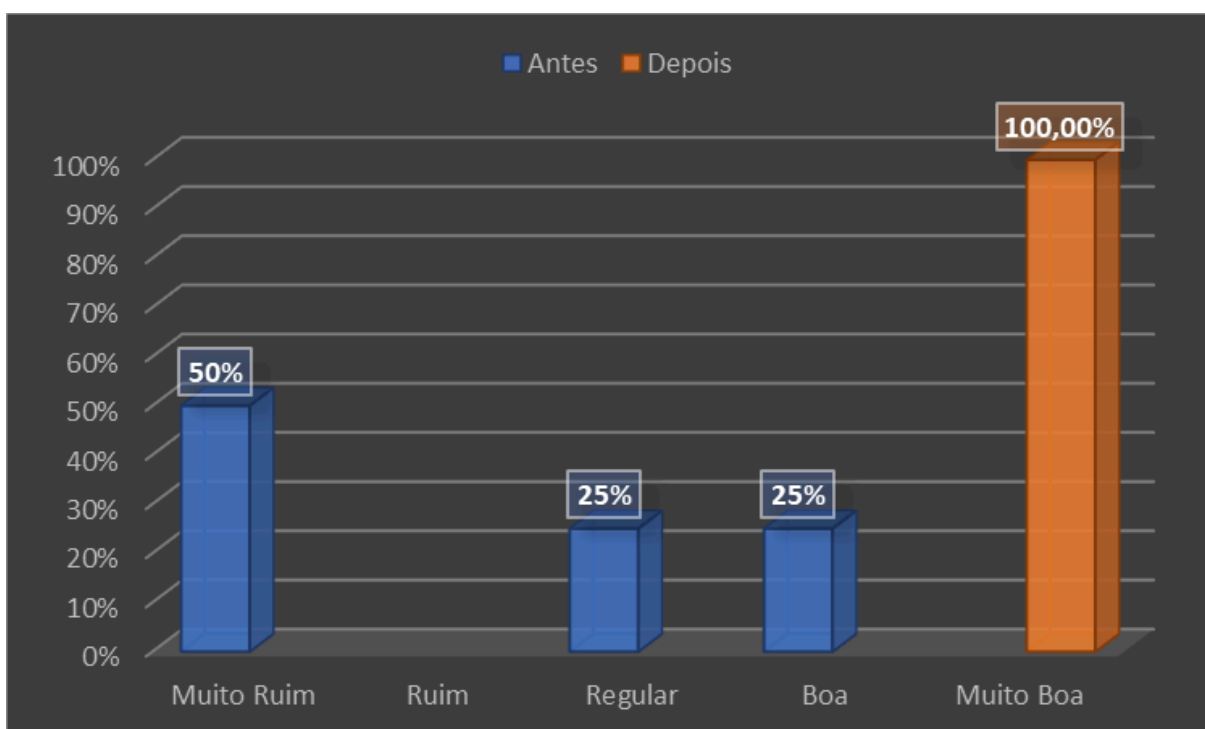
Na Avaliação 2, observou uma melhora significativa na percepção dos usuários. A distribuição da iluminação mais equilibrada e mais adequada, atende de forma mais satisfatória as necessidades visuais dos diferentes turnos. A pequena parcela de participantes que considerou a iluminação forte, pode ser explicada pelo contraste de percepção: esses usuários estavam habituados a um ambiente mal iluminado e ao serem expostos a um espaço iluminado, notaram um aumento mais acentuado da iluminação.

Figura 82 – Resultados sobre Intensidade Luminosa.



Fonte: Autoria Própria, 2025.

Figura 83 – Resultados sobre Uniformidade.



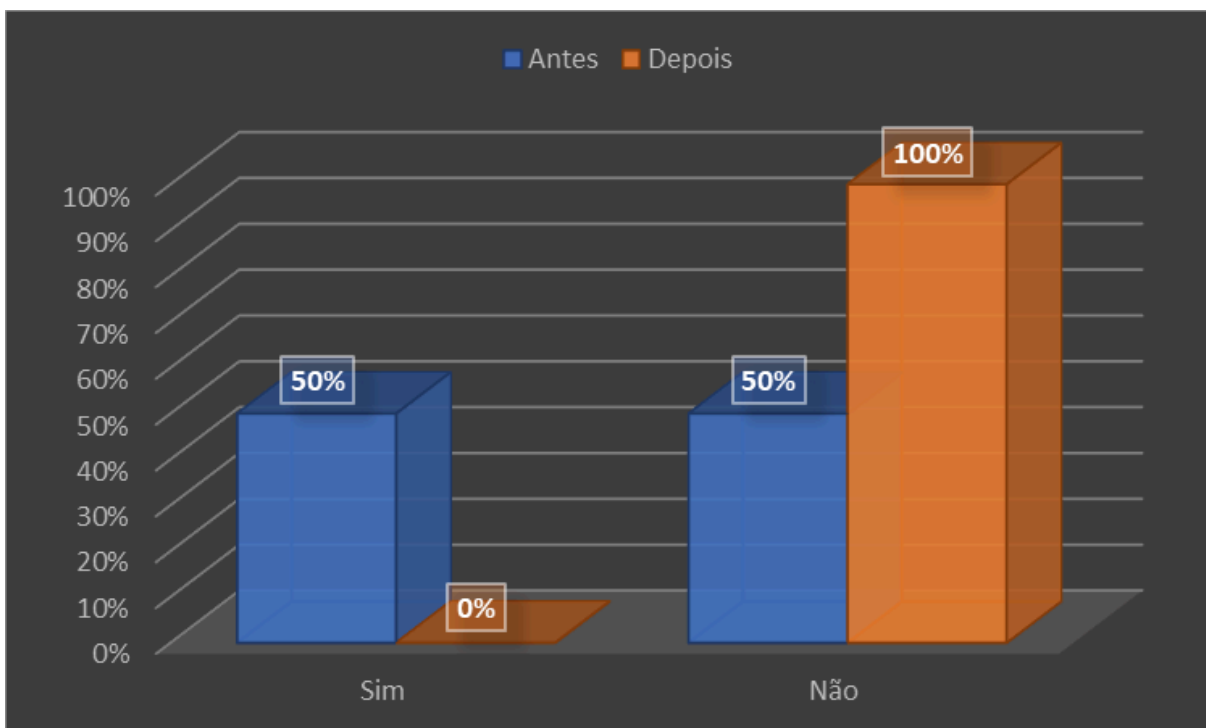
Fonte: Autoria Própria, 2025.

### 4.3 Conforto Visual

Na Avaliação 1, alguns usuários relataram sensação de desconforto devido aos reflexos presentes na sala (Figura 84). Após as intervenções realizadas, a avaliação 2 indicou uma percepção mais positiva, com redução dos incômodos e maior sensação de bem-estar no ambiente (Figura 85).

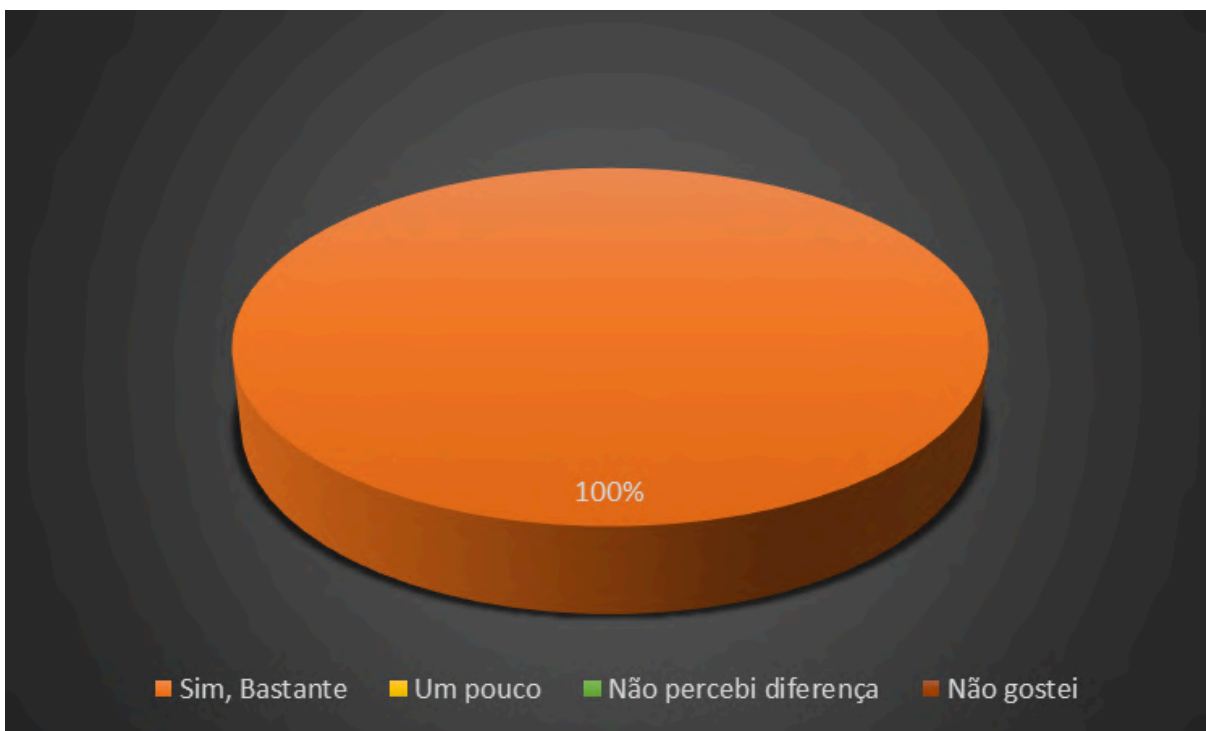
Além disso, foi possível verificar que o novo sistema de iluminação, adaptado para cada turno (luz fria ou quente), contribuiu significativamente para o conforto visual dos usuários.

Figura 84 – Resultados dos reflexos.



Fonte: Autoria Própria, 2025.

Figura 85 – Resultados do Sistema de Iluminação (Tunable White)



Fonte: Autoria Própria, 2025.

### 4.3 Síntese de Resultados

A duas avaliações aplicadas para Sala AE, antes e após a implementação do estudo luminotécnico, demonstrou claramente a eficácia da intervenção. Os resultados indicaram melhoria significativa na percepção da intensidade luminosa, uniformidade, conforto visual, adequação da iluminação às atividades e a sensação geral de bem-estar no ambiente.

Outro aspecto positivo observado foi a redução de reflexos e incômodos causados por brilho excessivo, resultado da combinação entre dimerização, distribuição adequada das luminárias e cenas configuradas para cada situação de uso. Isso reforça a importância de considerar não apenas os níveis de iluminância, mas também o comportamento da luz no espaço, suas reflexões e o controle do ofuscamento.

Por fim, conclui-se que a integração entre tecnologia, ciência da luz e automação resulta em ambientes mais eficientes, confortáveis e alinhados às necessidades humanas. Assim, o presente trabalho reforça a importância de abordagens que considerem a iluminação como parte essencial do bem-estar e da experiência do usuário, sugerindo que futuros estudos ampliem essa aplicação para outros ambientes educacionais e contemplem análises de longo prazo, correlação com desempenho acadêmico e integração com sistemas inteligentes de monitoramento.

## 5 Conclusão

O trabalho teve como objetivo de desenvolver e aplicar um projeto luminotécnico educacional fundamentado nos princípios da *Neurolighting*, demonstrando que a iluminação é um elemento essencial não apenas para visibilidade, mas também para o bem-estar, conforto visual e o desempenho cognitivo dos estudantes e professores. A partir da revisão bibliográfica, normativa, simulação computacional e aplicação prática, foi possível compreender de maneira integrada como a luz influencia fatores fisiológicos, emocionais e comportamentais, especialmente em ambiente escolar.

Inicialmente, as salas de aula evidenciaram que a iluminação existente estava abaixo dos níveis recomendado pela ABNT NBR ISO/CIE 8995-1:2013, principalmente em período noturno, com baixa iluminância, pouca uniformidade e desconforto visual. Esses aspectos reforçaram a necessidade de um projeto que considerasse não apenas critérios técnicos, mas também parâmetros neurobiológicos, como ciclo circadiano, temperatura de cor dinâmica e controle de intensidade luminosa.

As simulações realizadas no DIALux mostraram coerência com as medições reais, fornecendo uma base confiável para o projeto. A implementação do sistema de iluminação com a tecnologia *Tunable White*, aliada ao controle automático por meio do dispositivo Apollo TW e Zeus, permitiu criar diferentes cenas de iluminação adaptadas às necessidades de cada momento. A possibilidade de variar temperatura de cor e dimerização demonstrou ser uma solução eficiente para promover foco, relaxamento, concentração e preparo dos estudantes conforme o horário e tipo da atividade desenvolvida.

Com aplicação prática na sala de Atendimento Especial, houve uma melhora significativa nos níveis de iluminância, na uniformidade e no índice de ofuscamento, aproximando o ambiente dos parâmetros ideais tanto tecnicamente quanto biologicamente. Além disso, os resultados obtidos nas avaliações dos usuários da sala AE, evidenciaram percepção positiva em relação ao conforto visual, a uniformidade e a redução de reflexos, ajudando no contexto visual. Os participantes relatam maior conforto visual, melhor visibilidade e sensação de bem-estar, confirmando a eficácia da proposta.

Dessa forma, a integração entre a tecnologia, neurociência e luminotécnica representa um caminho promissor para ambientes educacionais mais saudáveis e eficientes. A neuroiluminação, quando aplicada, planejada e fundamentada, contribui para o aumento da atenção, motivação, regulação emocional e desempenho cognitivo, reforçando como é um importante recurso para o ambiente escolar.

Por fim, este trabalho reforça a importância de repensar os padrões atuais de iluminação em instituições de ensino e destaca a necessidade de incorporar em projetos futuros, sistemas inteligentes que respeitem o ciclo circadiano humano e valorizar o bem-estar dos usuários. A luz, quando compreendida como ferramenta essencial biológica e pedagógica, deixa de ser um elemento físico e passa ser essencial na construção de ambientes de aprendizagem mais humanizado, acolhedor e eficaz.

## **6 Trabalhos Futuros**

Com base nos resultados obtidos neste estudo, há a possibilidade de sua aplicação em trabalhos futuros. Uma delas é a expansão da pesquisa para outras salas de aula, aplicando o projeto luminotécnico como *neurolighting* em diferentes ambientes do campus, o que permitia comparar geometrias distintas e diversos usos pedagógicos. Outra possibilidade consiste na realização de estudos de maior duração, por meio de um acompanhamento longitudinal, a fim de analisar de maneira mais profunda como a iluminação dinâmica pode influenciar o comportamento, o desempenho acadêmico, a atenção e o bem estar dos estudantes ao longo do tempo. Além disso, a realização de uma análise energética, verificando o impacto da dimerização na eficiência energética e comparando com o consumo de energia antes e depois da implantação do sistema proposto, também pode ser viabilizada.

## REFERÊNCIAS

KOI COMUNICAÇÃO. Estudo revela que passamos 90% do tempo de nossas vidas dentro de ambientes fechados – Koi Comunicação | Assessoria de Imprensa e PR. Disponível em: <<https://koicomunicacao.com.br/sem-categoria/estudo-revela-que-passamos-90-do-tempo-de-nossas-vidas-dentro-de-ambientes-fechados/>>.

MENOS DE 1% DAS ESCOLAS BRASILEIRAS TÊM INFRAESTRUTURA IDEAL – Ubes – União Brasileira dos Estudantes Secundaristas. Disponível em: <<https://www.ubes.org.br/2013/menos-de-1-das-escolas-brasileiras-tem-infraestrutura-ideal/>>

FOSTER, R. G. Sleep, Circadian Rhythms and Health. Interface Focus, v. 10, n. 3, p. 20190098, 17 abr. 2020.

Light and Health Research Center | Icahn School of Medicine. Disponível em: <<https://icahn.mssm.edu/research/light-health>>.

Certificação WELL, uma abordagem holística sobre elementos do ambiente construído. Disponível em: <<https://www.gbcbrazil.org.br/certificacao-well-uma-abordagem-holistica-sobre-elementos-do-ambiente-construido/>>.

Espectro Eletromagnético. Disponível em: <<https://www.todamateria.com.br/espectro-eletromagnetico/>>.

SEBASTIÃO RIBEIRO JÚNIOR, R. Aula 18 -Luminotécnica. [s.l: s.n.]. Disponível em: <[https://www.eletrica.ufpr.br/sebastiao/wa\\_files/te039%20aula%2018%20-%20luminotecnica.pdf](https://www.eletrica.ufpr.br/sebastiao/wa_files/te039%20aula%2018%20-%20luminotecnica.pdf)>.

Reflexão da luz. Leis da reflexão. Disponível em: <<https://www.explicatorium.com/cfq-8/reflexao-da-luz.html>>.

CA-2. Índice de Reprodução de Cor (IRC) - Você Sabe O que é ? -. Disponível em:  
<<https://ca-2.com/indice-de-reproducao-de-cor-irc-voce-sabe-o-que-e/>>

Temperatura de cor: qual a sua influência em ambientes... - HDA Iluminação LED.  
Disponível em:  
<<https://www.hda.ind.br/blog/noticias/temperatura-de-cor-qual-sua-influencia-em-ambientes-industri-19>>. Acesso em: 23 nov. 2025.

PAULO. O que é a temperatura da cor? - Instaarts. Disponível em:  
<<https://instaarts.com/fotografia/o-que-e-a-temperatura-da-cor/>>.

COSENZA, Ramon M. e GUERRA, Leonor B. - Neurociência e Educação - Como o Cérebro Aprende - Porto Alegre, Artmed, 2011.

Disponível em:  
<<https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/6/6d/Locus-coeruleus.gif>>. Acesso em: 15 dez. 2025.

Diamond, A. (2013). Executive functions. Annual review of psychology

A Importância do Equilíbrio entre Cortisol e Melatonina para uma Noite de Sono Reparadora | Integrativa. Disponível em:  
<<https://integrativa.pt/a-importancia-do-equilibrio-entre-cortisol-e-melatonina-para-um-a-noite-de-sono-reparadora/>>.

FIGUEIRO, M. G.; REA, M. S. Short-Wavelength Light Enhances Cortisol Awakening Response in Sleep-Restricted Adolescents. International Journal of Endocrinology, v. 2012, p. 1–7, 2012.

H. BOSBOOM , D. A iluminação centrada no humano. , [s.d.]. Disponível em:  
<<https://www.lumearquitetura.com.br/lume/Upload/file/pdf/Ed69/Artigo%20-%20lumi>

na%C3%83%C2%A7%C3%83%C2%A3o%20centrada%20no%20humano%20ed\_69.pdf>. Acesso em: nov. 23DC

SETH MOTT , M.; R. THOMAS, T.; BURNETTE, J. Leveraging Lighting Color aging Lighting Color, Temperature and L e and Luminosity for uminosity for Improving Classroom Learning: , jan. 18DC. Acesso em: dez. 15DC

BARRETT, P. et al. O impacto do design da sala de aula na aprendizagem dos alunos: Resultados finais de uma análise holística e multinível. , set. 29DC. Acesso em: dez. 15DC

WWW.PORTOMONTT.COM.BR. LUMINÁRIA LUMIFÁCIL LED 2X20,5W AUTOVOLT 6500K -. Disponível em: <<https://taschibrastore.com.br/produtos/detalhes/luminaria-lumifacil-led-2x20,5w-autovolt-6500k/>>. Acesso em: 15 dez. 2025.

LAA02-S | EAA02-S - Lumicenter. Disponível em: <<https://lumicenter.com/produtos/laa02-s-aaa02-s>>. Acesso em: 23 nov. 2025.

Entendendo os processos cognitivos relacionados a atenção, memória operacional e funções executivas. Disponível em: <<https://neuropsicopedagogianasaladeaula.blogspot.com/2017/08/entendendo-os-prcessos-cognitivos.html>>. Acesso em: 23 nov. 2025.

Temperatura de cor: qual a sua influência em ambientes... - HDA Iluminação LED. Disponível em: <<https://www.hda.ind.br/blog/noticias/temperatura-de-cor-qual-sua-influencia-em-ambientes-industri-19>>. Acesso em: 23 nov. 2025.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. NBR ISO/CIE 8995-1: Iluminação de ambientes de trabalho – Parte 1: Interior. Rio de Janeiro, 2013.

FROTA, Rafael. Temperatura de cor. 2009. Disponível em: <https://medium.com/@rafaelfrota/temperatura-de-cor-f26f414789f1> em: . Acesso em: 05 dez. 2018.

LORENZ, Katharina; MARQUES José Gonçalves; MONTEIRO Teresa. Díodos emissores de luz e iluminação. Gazeta de Física, Lisboa, v. 39, n. 1 / 2, p. 50-54, jun. 2016.

MINGRONE, C. Uma introdução à neuroarquitetura e neuroiluminação - Mingrone. Disponível em: [https://mingroneiluminacao.com.br/uma-introducao-a-neuroarquitetura-e-neuroiluminacao/?utm\\_source=chatgpt.com](https://mingroneiluminacao.com.br/uma-introducao-a-neuroarquitetura-e-neuroiluminacao/?utm_source=chatgpt.com). Acesso em: 23 nov. 2025.

MERCADO, C. E. WELL: Certificação para SAÚDE e BEM-ESTAR - Casa e Mercado. Disponível em: <https://casaemercado.com.br/well-saude-e-bem-estar/>. Acesso em: 23 nov. 2025.

ALVES TRAJANO, L. Projeto de iluminação interna de uma escola de ensino fundamental e médio utilizado na norma ABNT NBR ISO/CIE 8995-1 João Pessoa 2023. [s.d.]. Disponível em: <https://repositorio.ifpb.edu.br/bitstream/177683/2811/1/Lucas%20Alves%20Trajano%20-%20Projeto%20de%20ilumina%C3%A7%C3%A3o%20interna%20de%20uma%20escola%20de%20ensino%20fundamental%20e%20m%C3%A9dio%20utilizando%20a%20norma%20NBR%20ISO-%20CIE%208995-1.pdf>. Acesso em: nov. 23DC

BERTOLOTTI, D. ILUMINAÇÃO NATURAL EM PROJETOS DE ESCOLA: , [s.d]. Disponível em: <[https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/16/16132/tde-19092007-141031/publico/Iluminacao\\_natural\\_em\\_projetos\\_de\\_escolas.pdf](https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/16/16132/tde-19092007-141031/publico/Iluminacao_natural_em_projetos_de_escolas.pdf)>. Acesso em: nov. 23DC

SETH MOTT , M.; R. THOMAS, T.; L. BURNETTE, J. Leveraging Lighting Color aging Lighting Color, Temperature and L e and Luminosity for uminosity for Improving Classroom Learning: , [s.d.]. Disponível em: <<https://newprairiepress.org/networks/vol15/iss2/7/>>. Acesso em: nov. 23DC

ACCORD ILUMINAÇÃO. O que significa Human Centric Lighting? Entenda o conceito. Disponível em: <<https://blog.accordiluminacao.com/human-centric-lighting/#Escolas>>. Acesso em: 23 nov. 2025.

PINIWEB. A importância da iluminação nos ambientes. Disponível em: <<https://piniweb.com.br/a-importancia-da-iluminacao-nos-ambientes>>. Acesso em: 23 nov. 2025.

## APÊNDICE A – SIMULAÇÃO LUMINOTÉCNICA - SALA AE ANTES

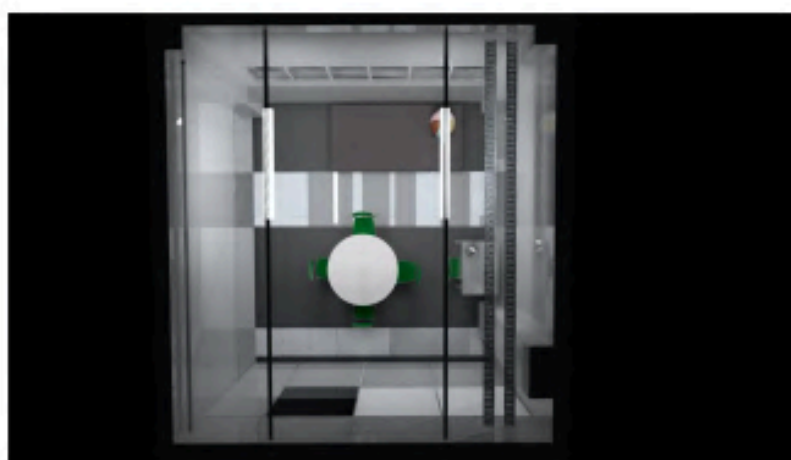
SALA AE - EXISTENTE

DIALux

SALA DE AE - ANTES

Imagens

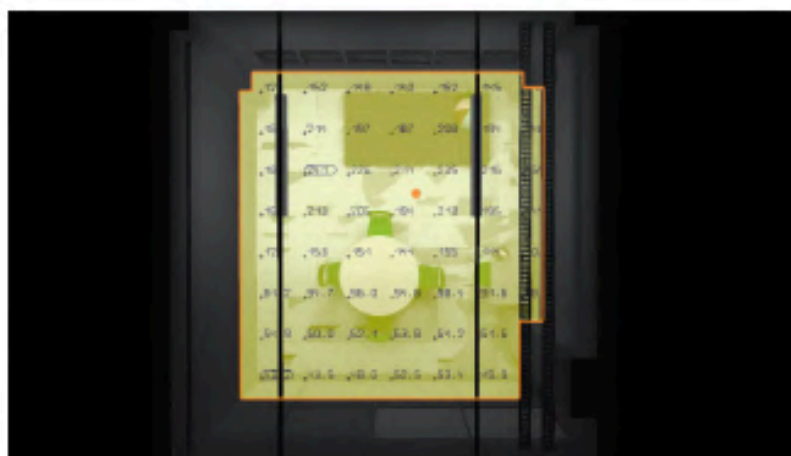
SALA AE



LINHA ISOMETRICAS - AE



LUX - SALA AE



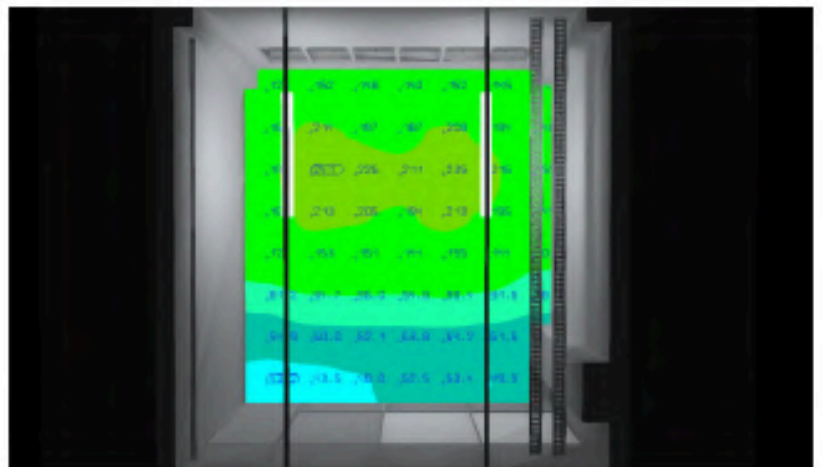
SALA AE - EXISTENTE

DIALux

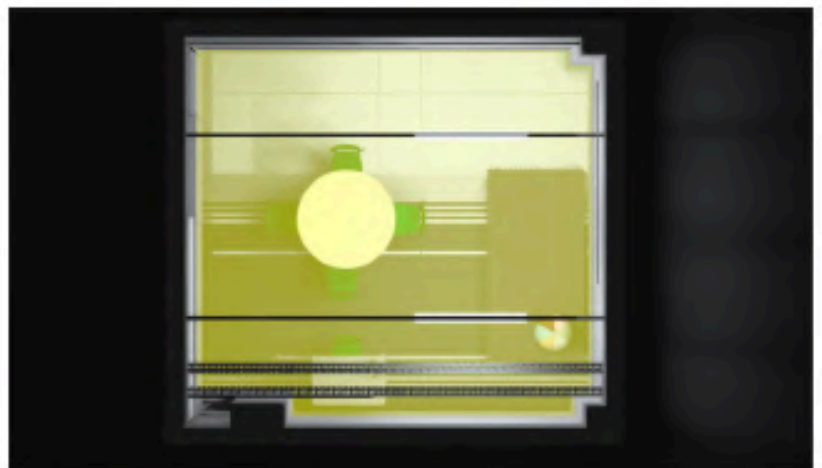
SALA DE AE - ANTES

**Imagens**

CORES - SALA DE AE



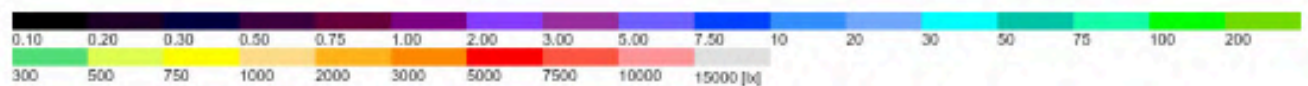
SALA DE AE - ANTES



SALA AE - EXISTENTE

DIALux

SALA DE AE - ANTES (Cenário de Luz 1)

**Objectos de cálculo**

SALA AE - EXISTENTE

DIALux

SALA DE AE - ANTES (Cenário de Luz 1)

**Objectos de cálculo**

## Superfícies de cálculo

Propriedades	E	E <sub>mín</sub>	E <sub>máx</sub>	U <sub>o</sub> (g <sub>1</sub> )	g <sub>2</sub>
MESA Potência luminosa perpendicular Altura: 0.800 m	121 lx	83.2 lx	163 lx	0.69	0.51
SALA - GERAL Potência luminosa perpendicular Altura: 0.800 m	135 lx	42.6 lx	242 lx	0.32	0.18

Perfil de utilização: Configuração DIALux (5.1.4 Padrão (área de tráfego ao ar livre))

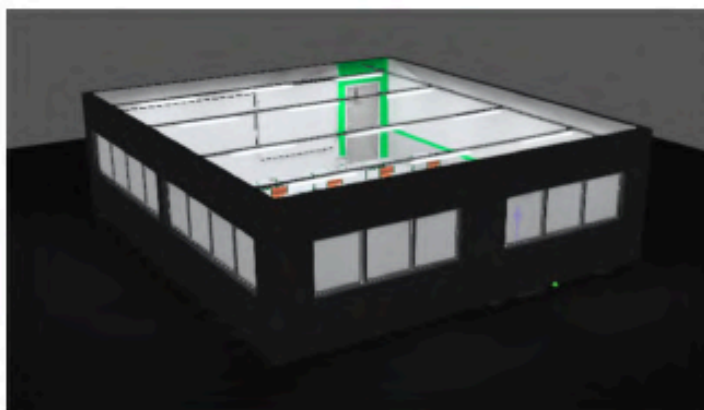
**APÊNDICE B – SIMULAÇÃO LUMINOTÉCNICA - SALA 620 ANTES.**

SALA 620 - EXISTENTE

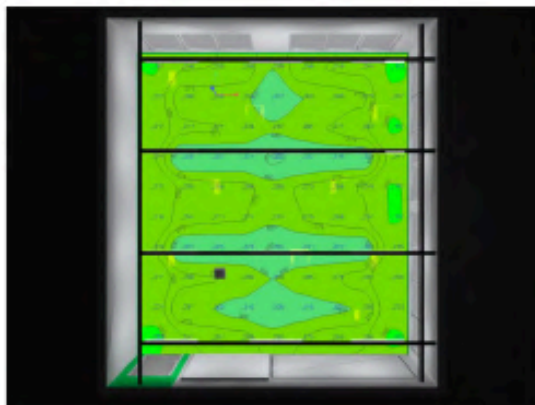
DIALux

SALA 620 - ANTES  
**Imagens**

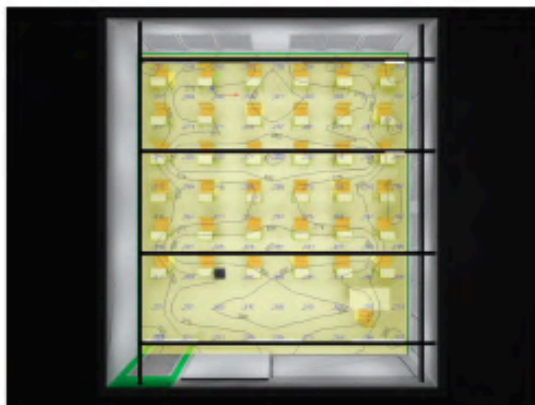
SALA 620 - ANTES



Cores - 620



Isolinhas - 620

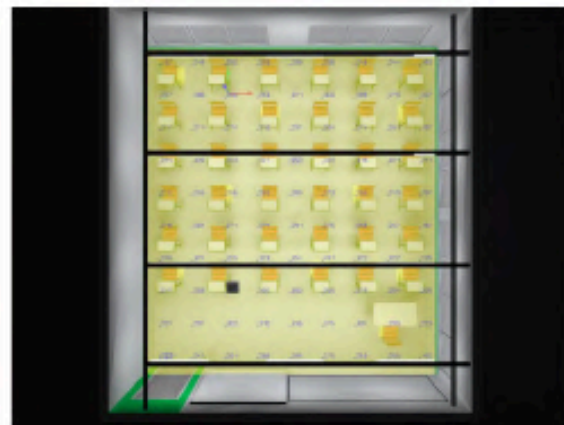


SALA 620 - EXISTENTE

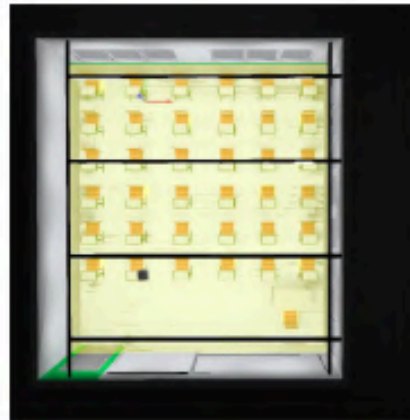
DIALux

SALA 620 - ANTES  
Imagens

Lux



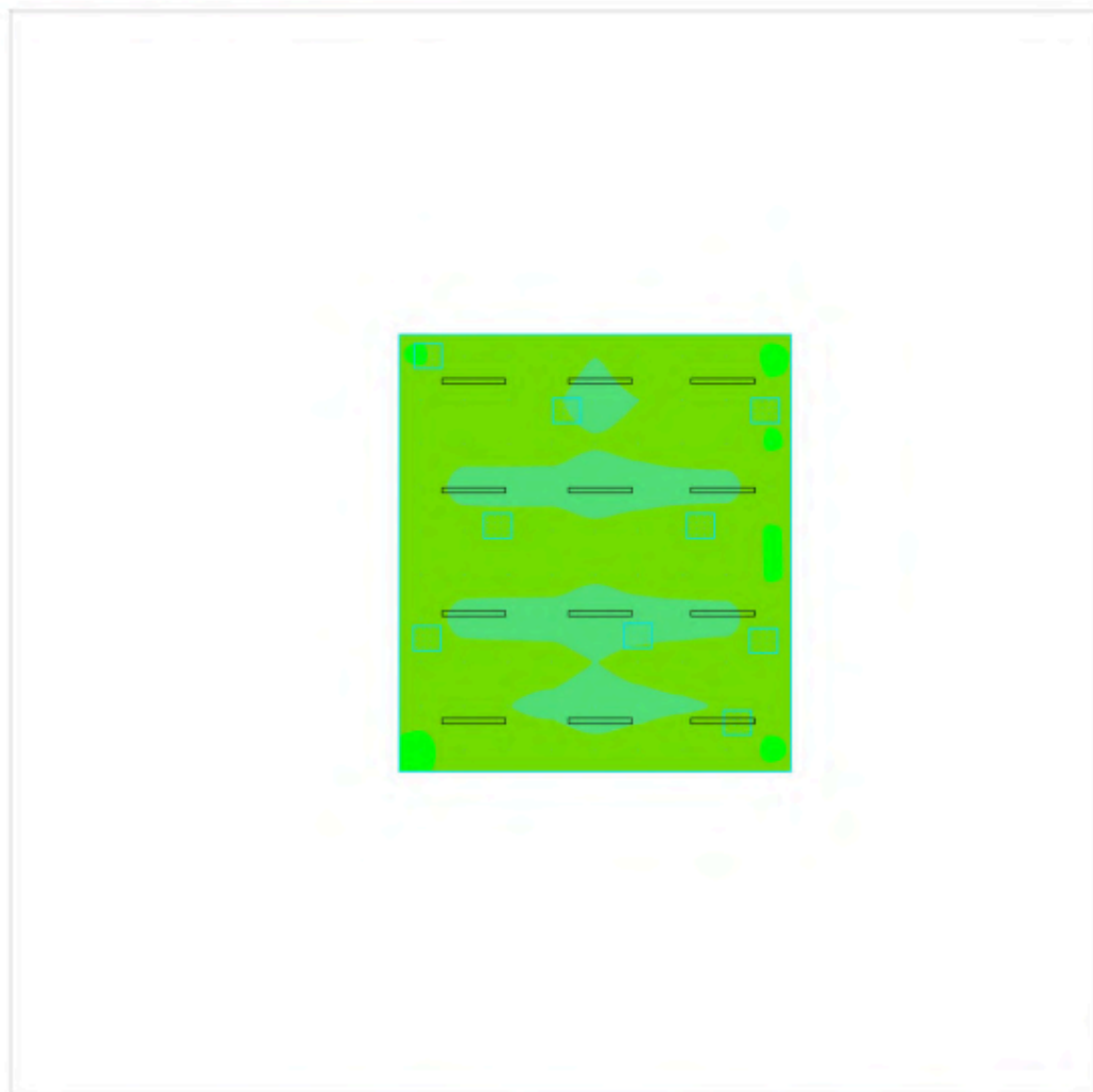
OFUSCAMENTO



SALA 620 - EXISTENTE

DIALux

SALA 620 - ANTES (Cenário de Luz 1)

**Objetos de cálculo**

SALA 620 - EXISTENTE

DIALux

SALA 620 - ANTES (Cenário de Luz 1)

**Objectos de cálculo**

Superfícies de cálculo

Propriedades	$\bar{E}$	$E_{\min}$	$E_{\max}$	$U_0$ (gr)	$g_z$
GERAL Potência luminosa perpendicular Altura: 0.800 m	271 lx	183 lx	357 lx	0.68	0.51

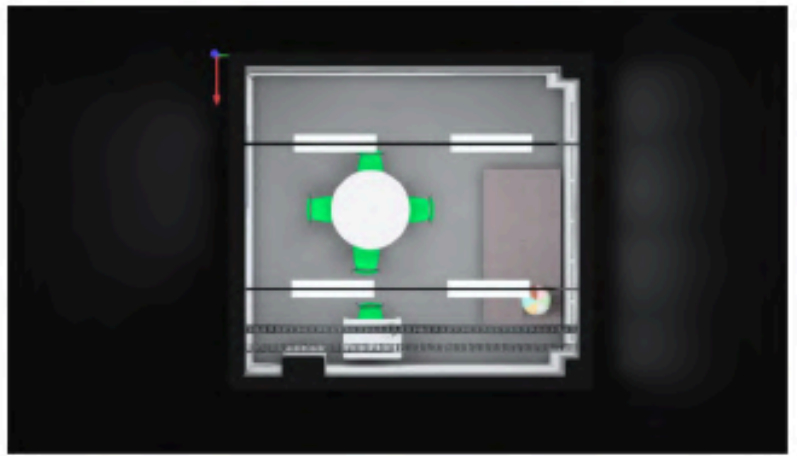
## APÊNDICE C – SIMULAÇÃO LUMINOTÉCNICA - SALA AE DEPOIS

SALA AE - DEPOIS

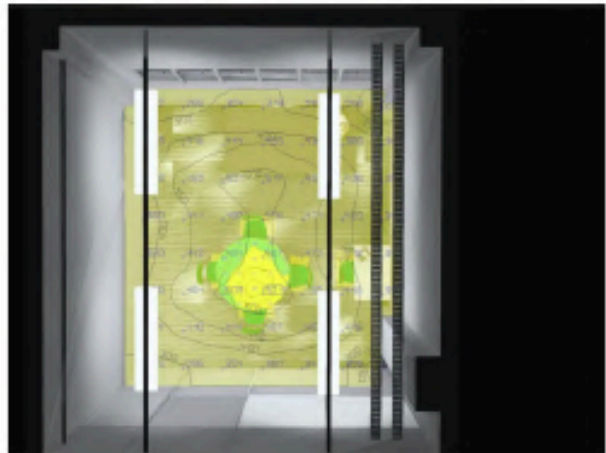
DIALux

SALA DE AE - DEPOIS  
**Imagens**

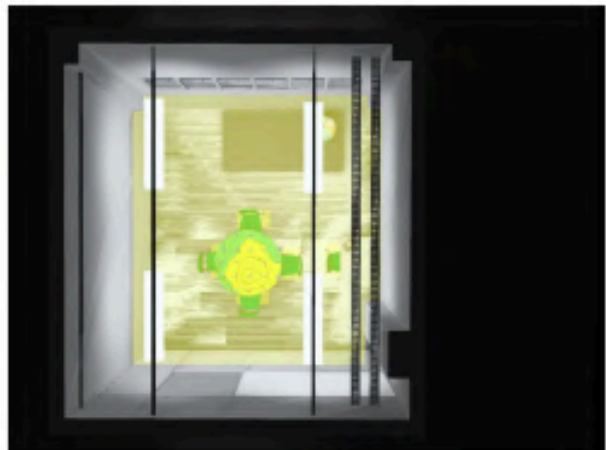
SALA AE



LINHAS ISOMETRICAS - AE



SALA AE - DEPOIS



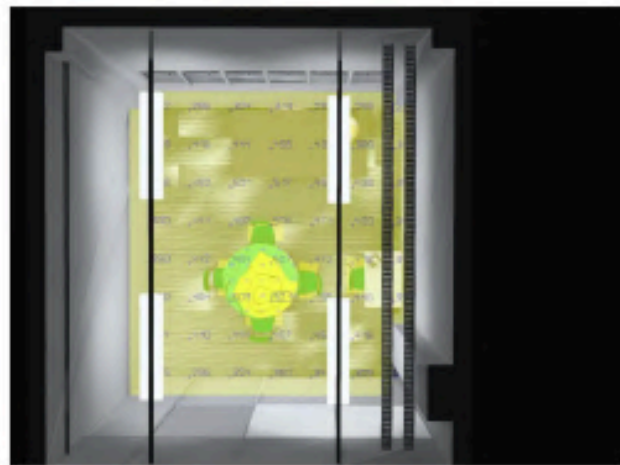
SALA AE - DEPOIS

DIALux

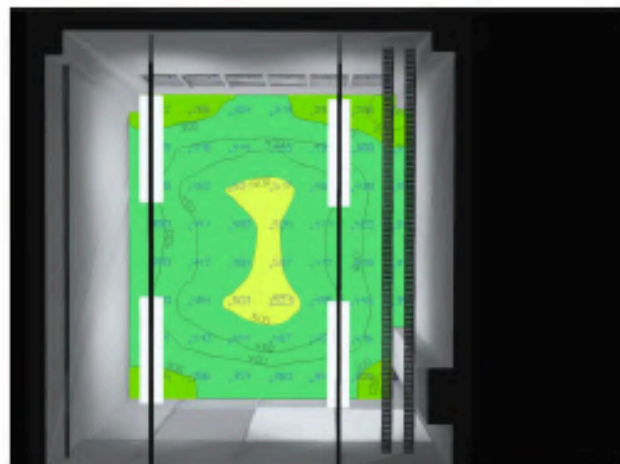
SALA DE AE - DEPOIS

**Imagens**

LUX - SALA AE



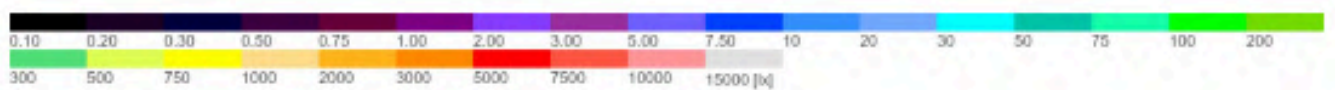
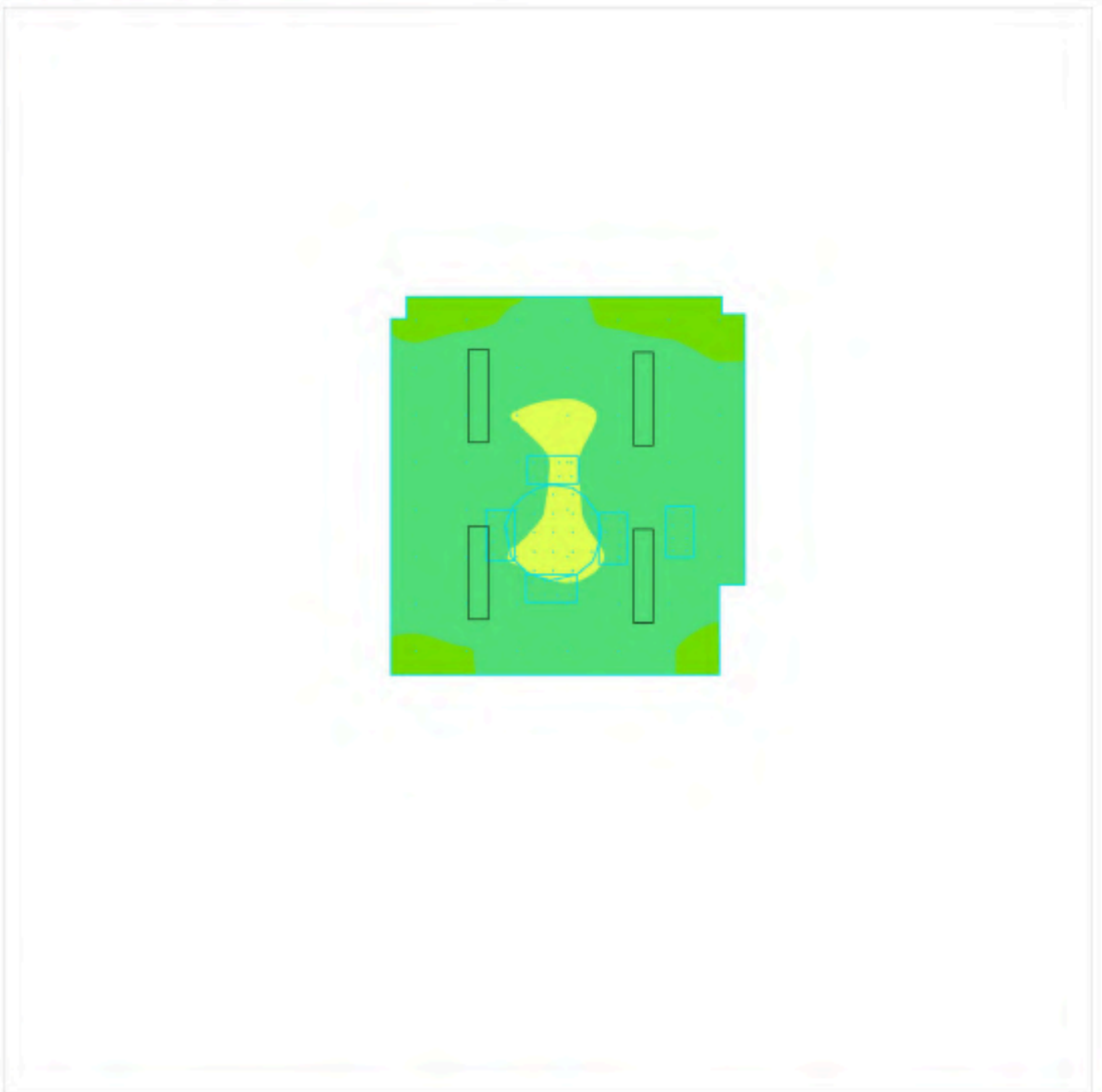
CORES - SALA AE



SALA AE - DEPOIS

DIALux

SALA DE AE - DEPOIS (Cenário de Luz 1)

**Objectos de cálculo**

SALA AE - DEPOIS

DIALux

SALA DE AE - DEPOIS (Cenário de Luz 1)

**Objectos de cálculo**

Superfícies de cálculo

Propriedades	$E$	$E_{\min}$	$E_{\max}$	$U_0$ ( $g_1$ )	$g_2$
GERAL Potência luminosa perpendicular Altura: 0.800 m	398 lx	227 lx	521 lx	0.57	0.44
MESA Potência luminosa perpendicular Altura: 0.750 m	502 lx	481 lx	517 lx	0.96	0.93

**APÊNDICE D – SIMULAÇÃO LUMINOTÉCNICA - SALA 620 DEPOIS.**

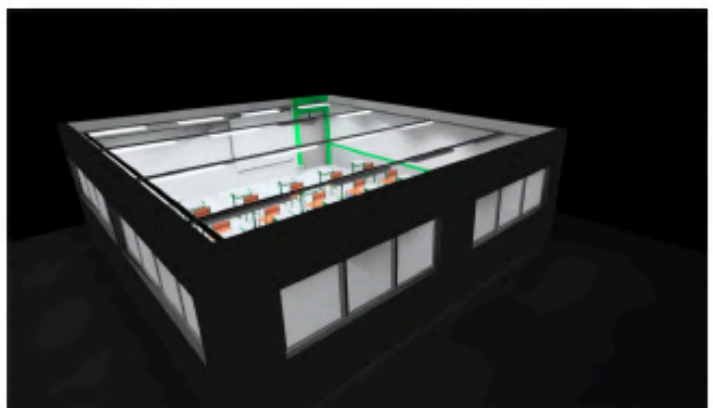
SALA 620 - DEPOIS

DIALux

SALA 620 - DEPOIS

**Imagens**

SALA 620



SALA 620



LUX - SALA 620

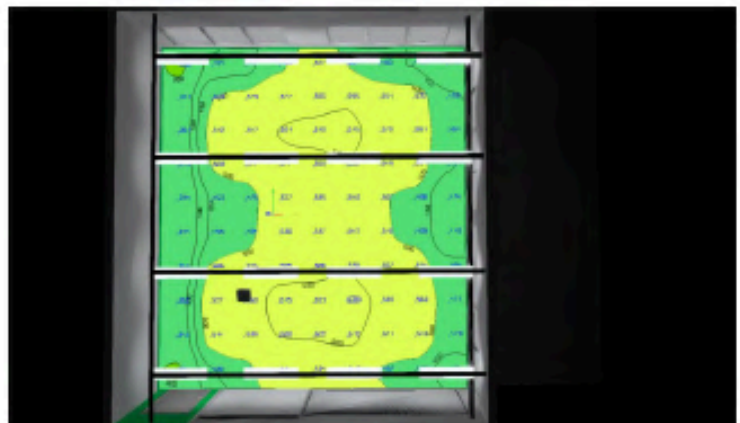


SALA 620 - DEPOIS

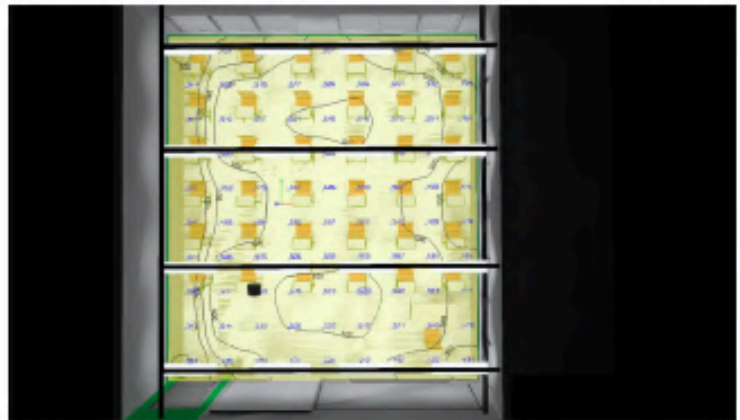
DIALux

SALA 620 - DEPOIS  
**Imagens**

CORES - SALA 620



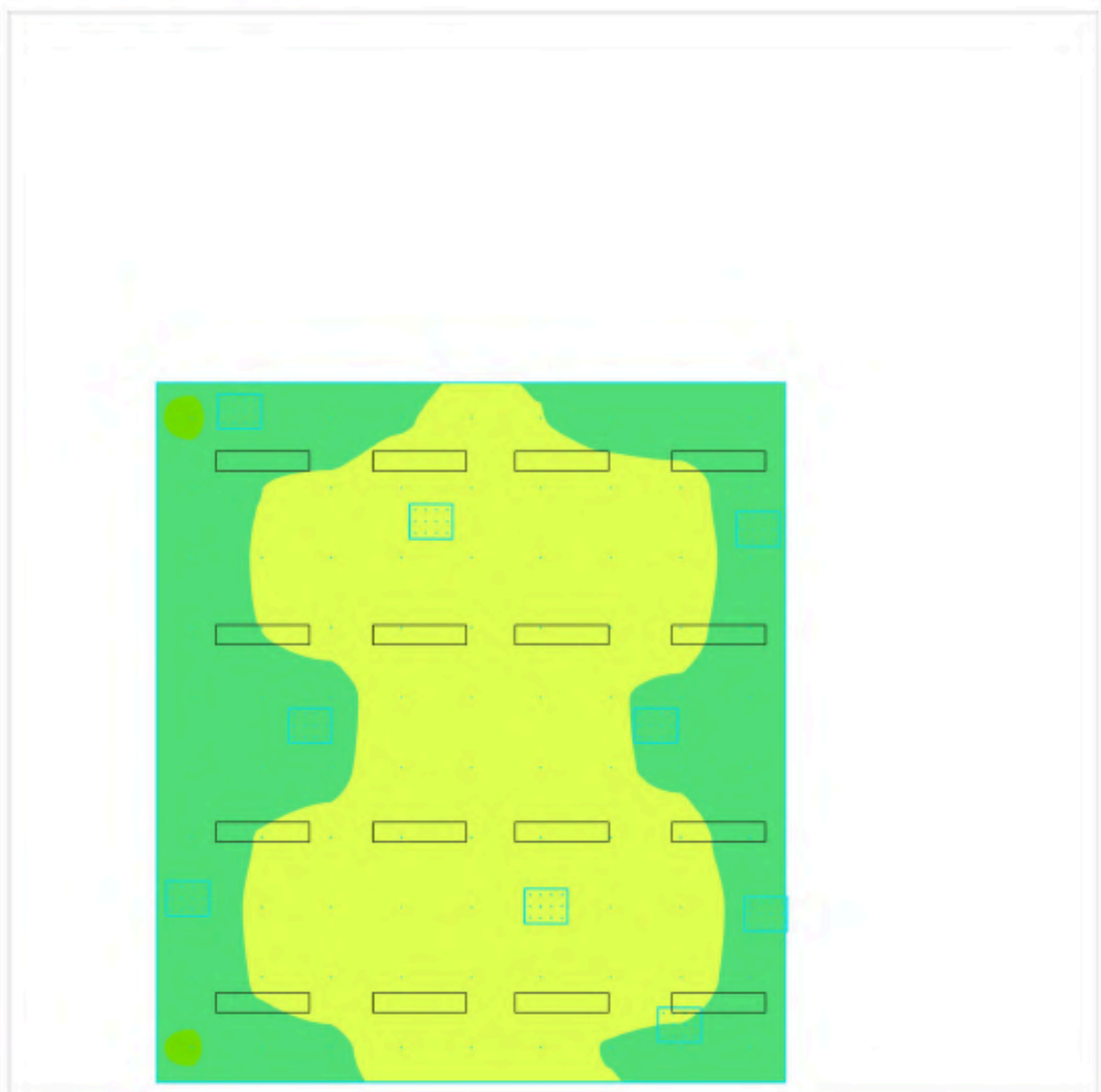
ISOMETRIA - SALA 620



SALA 620 - DEPOIS

DIALux

SALA 620 - DEPOIS (Cenário de Luz 1)

**Objectos de cálculo**

SALA 620 - DEPOIS

DIALux

SALA 620 - DEPOIS (Cenário de Luz 1)

**Objectos de cálculo**

Superfícies de cálculo

Propriedades	$\bar{E}$	$E_{\min}$	$E_{\max}$	$U_0$ (g <sub>1</sub> )	$g_2$
GERAL Potência luminosa perpendicular Altura: 0.800 m	504 lx	289 lx	630 lx	0.57	0.46

## ANEXO A – CATÁLOGO TÉCNICO EAA02-S



**Garantia:**  
3 anos.

**FEITONBRASIL**

Gerar Emprego - Gerar Segurança - Gerar Economia.



**Placa de LED**  
**integrada.**



**Vida útil:**  
50.000 horas.

Fluxo	3120lm
Potência	36W
Eficiência	87lm/W
Temperatura de Cor	3000K
IRC	>80
Consistência de Cor	3SDCM
Grau IP	IP20
UGR Longitudinal	14
UGR Transversal	16
Tensão de Entrada	100 a 250V
Frequência	50/60Hz
Fator Potência 127V	0,99
Fator Potência 220V	0,99
THD 127V	10%
THD 220V	10%
Classe de Isolamento	Classe I
Vida Útil	50.000h
Temperatura de Operação	0 A 50°C

**Aplicação:** Indicada para uso em ambientes onde há necessidade de controle de ofuscamento rigoroso, como agências bancárias, escritórios e salas de estudo.

**Instalação:** Sobreposto em forros de alvenaria, gesso ou madeira.

**Corpo:** Produzido em chapa de aço laminado a frio.

**Acabamento:** Tinta pó poliéster de alta resistência na cor branco microtexturizado aplicado por processo eletrostático, garantindo camada mínima de 50µm.

**Aletas e refletores:** Aletas parabólicas e refletores em alumínio alto brilho garantindo excelente conforto visual.

**Difusor:** Translúcido.

**LED e Driver:** LEDs SMD de alto desempenho aplicados sobre placa de circuito impresso. Driver multitemperatura não dimerizável com alto fator de potência e baixo THD.

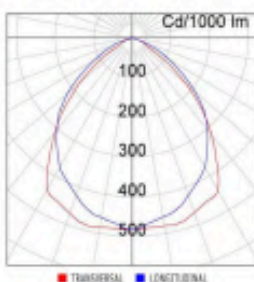
**Durabilidade:** Manutenção de no mínimo 70% do fluxo luminoso inicial em 50.000h de uso.

**Equivalência:** Para substituição de duas lâmpadas fluorescentes tubulares T5 de 23W, 28W ou T8 de 32W.



A (mm)	B (mm)	C (mm)
250	41	1190

### Distribuição luminosa:



### Luminárias por área:

Fluxo	3120 lm			
Iluminância	300 lx		500 lx	
Pé-direito	2,5 m	3,0 m	2,5 m	3,0 m
Área	Número de luminárias			
10 m <sup>2</sup>	1,6	1,9	2,7	3,2
20 m <sup>2</sup>	2,8	3,1	4,7	5,2
30 m <sup>2</sup>	4,0	4,3	6,6	7,2
40 m <sup>2</sup>	5,0	5,5	8,4	9,1
50 m <sup>2</sup>	6,1	6,6	10,2	11,0

AMBIENTE COM TETO E PAREDE CLARO, CHÃO ESCURO;  
FATOR DE POND. CLAS;  
PLANO DE TRABALHO CLAS.

### Fator de utilização:

Teto (%)	70	50	30	0			
Parede (%)	50	30	10	50	30	10	0
Chão (%)	20	20	20	20	0	0	
RCR	Fator de Utilização (%)						
0	117	117	117	112	112	107	107
1	105	103	100	102	100	97	98
2	95	91	86	92	88	84	89
3	86	80	75	83	78	73	80
4	78	71	65	75	69	64	73
5	70	63	57	68	62	57	66
6	64	56	51	62	56	51	61
7	58	51	46	57	50	45	56
8	54	46	41	52	46	41	51
9	50	42	37	48	42	37	47
10	46	38	34	45	38	34	44

## ANEXO B – CATÁLOGO TÉCNICO APOLLO TW



Automação Lumisense

### APOLLO TW

O Apollo Tunable White (TW), novo controlador da linha Lumisense, permite uma iluminação com foco em bem-estar, eficiência e tecnologia para projetos centrados no ser humano.

Equipado com software embarcado, microprocessador e protocolo proprietário (LIN), o controlador multicanal permite ajustes dinâmicos de intensidade e temperatura de cor (CCT), variando entre 2700K e 5000K com IRC90, nos modos Tunable White e Dim-to-Warm, que podem ser acionados de forma automática ou manual conforme o ambiente.

Conta com relógio interno (RTC), curvas pré-definidas e uma curva personalizável baseadas no ciclo circadiano, funcionando de forma autônoma. A flexibilidade aumenta com a opção de Push-DIM, usando em conjunto com o Apollo um interruptor tipo campainha para comandos rápidos de ON/OFF, cena e modo automático.

Ideal para ambientes hospitalares, corporativos, educacionais, varejo e outros, além de viabilizar projetos com certificação WELL. É entregue pré-configurado, com possibilidade de curva personalizada ajustada às necessidades de cada cliente.

- O sistema permite o controle de cada canal individual ou de todos os canais de forma simultânea.
- Comanda a dimerização e o acionamento de luminárias para a criação de diferentes cenas.
- As cenas podem ser salvas no controle remoto Zeus IR em até 8 botões programáveis.
- Permite ajustes e configurações através do controle remoto Zeus IR.

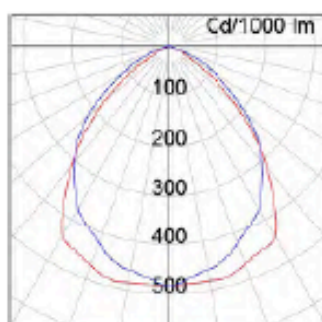
#### Descritivo técnico

✂ Instalação	Embutir ou Sobrepor (consulte acessórios)
💡 Faixa de Temperatura de Cor	Compatível com 2700K a 5000K, IRC90. Podem ser customizados outras faixas, com IRC80.
⚙ Tecnologia	Compatível com luminárias Lumicenter com tecnologia integrada tunable white.
⚡ Tensão de operação	100-250Vac
🌡 Temperatura Amb. Máx	0-50°C
↔ Distância Máx.	50m (cabos polarizados de 0,5mm <sup>2</sup> )
🕒 Ajuste de cena	Automático, via interruptor Push-DIM (não incluso) ou Zeus IR
🔧 Comissionamento	Por controle remoto Zeus IR

## ANEXO C – CATÁLOGO TÉCNICO LUMINARIA

### EAA02-S

Luminária a LED de sobrepor, com corpo em chapa de aço fosfatizada pintada na cor branca microtexturizada, refletores e aletas em alumínio alto brilho, combinados com difusores recuados em acrílico translúcido. Ideal para ambientes com maior controle de ofuscamento, como escritórios, bancos e outros ambientes corporativos. Completa, com placa de LED e driver multitemperatura (100-250V) integrados à luminária. Manutenção de no mínimo 70% do fluxo inicial (L70) em 50.000h de uso. IP20. IRC>80.



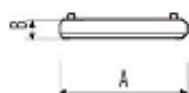
Transversal — Longitudinal —

Fluxo	3295 lm			
Iluminância	300 lx		500 lx	
Pé-direito	2,5 m	3,0 m	2,5 m	3,0 m
Área	Número de luminárias			
10 m <sup>2</sup>	1,6	1,8	2,6	3,0
20 m <sup>2</sup>	2,7	3,0	4,5	5,0
30 m <sup>2</sup>	3,7	4,1	6,2	6,8
40 m <sup>2</sup>	4,8	5,2	8,0	8,6
50 m <sup>2</sup>	5,8	6,2	9,7	10,4

Tabela de número de luminárias por área

Ambiente com teto e parede claro, chão escuro;

Fator de perda 0,85 e plano de trabalho 0,80.



VISTA FRONTAL



VISTA LATERAL

Código	Potência*	Fluxo**	Eficácia	Temp. Cor	A	B	C
EAA02-S3500830	36W	3120lm	87lm/W	3000K	250	41	1190
EAA02-S3500840	36W	3295lm	92lm/W	4000K	250	41	1190
EAA02-S3500850	36W	3295lm	92lm/W	5000K	250	41	1190

\* Consumo total, LED + driver. | \*\* Já consideradas as perdas óticas.

## ANEXO D – RELATÓRIO DE CRIAÇÃO DE CENÁRIOS

	<b>RELATÓRIO DE CRIAÇÃO DE CENÁRIOS</b>	SETOR: LUMINOTÉCNICA
		RESPONSÁVEL: ALBERTO SCOPARO
		REVISÃO:002 Data:AGO/2023

CLIENTE/OBRA:	ROBERTA BRIESEMEISTER		
ENDEREÇO	RUA PAVAO, 1377 - COSTA E SILVA - JOINVILLE/SC		
PEDIDO DE VENDA:	K18346	RESPONSÁVEL NA OBRA:	Amanda
ESTUDO:		CONTATO:	

REALIZADOR DO LAUDO:	Rodrigo de Oliveira	EMPRESA:	LUMICENTER
DATA DE REALIZAÇÃO:	11/11/2025	HORÁRIO:	

APARELHO DE MEDIÇÃO:	LUXÍMETRO DIGITAL PARA LED MOD. LD-550 - Identificação: LUX-EL-03		
CERTIFICADO DE CALIBRAÇÃO	119283/23		
DATA DA CALIBRAÇÃO:	27/02/2025	VALIDADE:	27/02/2026
ERRO DE MEDIÇÃO DO INSTRUMENTO:	APROXIMADAMENTE 5%		

ALTURA DO INSTRUMENTO NO MOMENTO DA MEDIÇÃO:	0,80m
--	-------



**NOTA: PERMITE-SE A TOLERÂNCIA DE ERRO NA MEDIÇÃO: +/- 10%**, Conforme a Norma de Higiene Ocupacional (NHO 11) e a NBRISO-CIE8995-1 - ILUMINAÇÃO DE AMBIENTES DE TRABALHO

### 1) VERIFICAÇÃO DA INSTALAÇÃO DAS LUMINÁRIAS

a) O QUANTITATIVO DE LUMINÁRIAS E SENSORES NAS ÁREAS ANALISADAS ESTÁ DE ACORDO COM O ESTUDO?

SIM  NÃO

Descreva as não conformidades:

b) AS LUMINÁRIAS E SENSORES FORAM INSTALADOS NA MESMA LOCALIZAÇÃO DO ESTUDO?

SIM  NÃO

Descreva as não conformidades:

	<b>RELATÓRIO DE CRIAÇÃO DE CENÁRIOS</b>	SETOR: LUMINOTÉCNICA
		RESPONSÁVEL: ALBERTO SCOPARO
		REVISÃO:002 Data:AGO/2023

## 2) DEFINIÇÃO DAS CENAS

Cena 1 – Manutenção: temperatura de cor 3000K, dimerização 100% do fluxo luminoso, iluminação para limpeza e manutenção;

Cena 2 – Apresentação 1: temperatura de cor 3500k, dimerização 20%;

Cena 3 – Apresentação 2: temperatura de cor 3000k, dimerização 50%, apenas 1 fileira de luminárias acesas;

Cena 4 – Concentração intensa: temperatura de cor 5000K, dimerização 100% simulando sol do 12h00;

Cena 5 – Relaxamento: 3000k, dimerização 40%, clima para pausas;

## 3) CONCLUSÃO

O Apollo Tunable White (TW) LSENSE00006, foi configurado trabalhar com a curva padrão, controlando o ciclo circadiano de forma automática, além de termos criado 5 cenas conforme solicitação do cliente.

Definimos as cenas conforme sugestão da cliente Amanda.

Para utilizar o sistema, necessário o uso do controle remoto ZEUS, para ligar/desligar o sistema, alternar entre as cenas, utilizando os botões de 1 a 5.

Após utilizar as cenas criadas, caso necessário voltar para curva padrão, pressionar o botão 9 no controle remoto ZEUS.

O sistema ficou configurado para não ser alterado ou criado novas "CENAS", caso seja necessário realizar a criação ou alteração de cenas, será necessário consultar a Lumicenter para realizar as alterações necessárias.

## ANEXO E – ORÇAMENTO LUMICENTER - SEM DESCONTO

Página 1 de 6

LUMICENTER  
LIGHTING

## PROPOSTA LUMICENTER Nº 546383

Valores expressos em Real Brasileiro (R\$)  
Documento válido por 10 dias

OBRA: SALA IFSC -TCC AMANDA

05/09/2025

LUMICENTER  
LIGHTINGLumicenter Sistemas Eletrônicos de Iluminação Ltda.  
Matriz - CNPJ 78.331.899/0001-12 | IE 105.034.911-6  
R. Salomão Miguel Nasser, 1200  
São José dos Pinhais, PR, Brasil

## CONTATO

- Contato: EMILY MONTALVAO
- Telefone: 041 2103-2752
- e-Mail: emily.montalvao@lumicenter.com

## DADOS DO SOLICITANTE

- Razão Social: 080318-ROBERTA BRIESEMEISTER
- CNPJ: 00.606.136/967 -
- IE: ISENTO
- Endereço: RUA PAVAO, 1377
- Bairro: COSTA E SILVA
- Cidade: JOINVILLE
- Estado: SC
- CEP: 89220-618
- Contato: AMANDA (047) 9790-7249

## ENTREGA

- Cidade: JOINVILLE
- UF: SC

Valores para não Contribuinte do ICMS

## 1. RESUMO:

EMBARQUE (DIAS ÚTEIS)	FRETE	PAGAMENTO	VALOR TOTAL DO INVESTIMENTO COM IPI + ST + FRETE.
17	CIF	A COMBINAR	R\$ 7.298,89

**Deixe a luz fazer mais por você**

Um guia para quem ilumina ideias, espaços e possibilidades.

Baixe aqui




**lumisoft®**

Projete com segurança, ilumine com eficiência.

Sistema de Cálculo Luminotécnico rápido para aplicação de luminárias Lumicenter



Comece agora!

## 2. DETALHAMENTO DO ORÇAMENTO:

## It. 01- NS092534-C



- Vl. Unit. S/Impostos: R\$ 928,4606
- NCM: 94051190
- Prazo Embarque: 17 dias úteis
- % ICM Inter: 12,00
- % EC 87/15: 17,00
- R\$ ST: R\$ 0,00
- % IPI: 9,75
- R\$ IPI: 362,10
- Frete Item: R\$ 0,00
- Cód. Fname: 03993742

QUANTIDADE	VALOR UNITARIO COM IMPOSTOS	TOTAL COM IMPOSTOS
4	1.018,99	4.075,94

LA02-S35008 2500K A 5000K TUNABLE WHITE PWM. Luminária comercial à LED para sobrepor, completa com LED e driver. Tecnologia Lumicenter. Corpo produzido em chapa de aço fosfatizada e pintada eletrostaticamente, tinta pó poliéster na cor branca microtexturizada. Refletor e aletas em alumínio de alto brilho. Difusores em acrílico leitoso (PMMA). Equipada com placas de LED SMD de alto brilho. Consumo total de 33W, fluxo luminoso total de 3445lm, eficácia de 98lm/W. Controle de temperatura de cor entre 2500K e 5000K, IRC80. Vida útil de 50.000h. Drivers multitemperatura (100~250V) integrados à luminária. Possui conector de engate rápido para instalação elétrica. IP20.113/10

## It. 02- LSENSE00006



- Vl. Unit. S/Impostos: R\$ 236,4026
- NCM: 85437099
- Prazo Embarque: 15 dias úteis
- % ICM Inter: 12,00
- % EC 87/15: 17,00
- R\$ ST: R\$ 0,00
- % IPI: 6,50
- R\$ IPI: 15,37
- Frete Item: R\$ 0,00

QUANTIDADE	VALOR UNITARIO COM IMPOSTOS	TOTAL COM IMPOSTOS
1	251,77	251,77

CONTROLADOR APOLLO TW - 1CH PLC IR

## It. 03- LSENSE00100



- Vl. Unit. S/Impostos: R\$ 77,9566
- NCM: 94059900
- Prazo Embarque: 15 dias úteis
- % ICM Inter: 4,00
- % EC 87/15: 17,00
- R\$ ST: R\$ 0,00
- % IPI: 9,75
- R\$ IPI: 7,60
- Frete Item: R\$ 0,00

QUANTIDADE	VALOR UNITARIO COM IMPOSTOS	TOTAL COM IMPOSTOS
1	85,56	85,56

CONTROLE REMOTO ZEUS IR - INFRAVERMELHO 21 BOTOES 2XAAA

## It. 04- ASC-SENS06



- Vl. Unit. S/Impostos: R\$ 32,4567
- NCM: 94059900
- Prazo Embarque: 15 dias úteis
- % ICM Inter: 12,00
- % EC 87/15: 17,00
- R\$ ST: R\$ 0,00
- % IPI: 9,75
- R\$ IPI: 3,16
- Frete Item: R\$ 0,00

QUANTIDADE	VALOR UNITARIO COM IMPOSTOS	TOTAL COM IMPOSTOS
1	35,62	35,62

ACESSORIO CANOPLA DE SOBREPOR PARA APOLLO COM GANCHO PARA PERFILADO 38X38

## It. 05- PSLUMI00011

- Vl.Unit. S/Impostos: R\$ 2.850,0000
- NCM: 00000000
- Prazo Embarque: 15 dias úteis
- % ICM Inter: 12,00
- % EC 87/15: 17,00
- R\$ ST: R\$ 0,00
- % IPI: 0,00
- R\$ IPI: 0,00
- Frete Item: R\$ 0,00

QUANTIDADE	VALOR UNITARIO COM IMPOSTOS	TOTAL COM IMPOSTOS
1	2.850,00	2.850,00

DIARIA DE SERVIÇOS COMISSONAMENTO SENSORES

VALOR DOS PRODUTOS	VALOR DO IPI	VALOR DA ST	VALOR DO FRETE
R\$ 6.910,66	R\$ 388,23	R\$ 0,00	R\$ 0,00

VALOR TOTAL DO INVESTIMENTO COM IPI + ST + FRETE.

R\$ 7.298,89

## 3. APROVAÇÃO:

Todas as páginas anexadas a este Orçamento fazem parte desta proposta comercial. Em caso de aprovação, favor nos enviar uma Ordem de Compra ou o documento "Dados de Cadastro e Fornecimento" preenchido e assinado.

## ANEXO F – ORÇAMENTO LUMICENTER - COM DESCONTO

Página 1 de 6

LUMICENTER  
LIGHTING

## PROPOSTA LUMICENTER Nº 546458 - V01

Esta revisão tem como origem o orçamento 546383  
Valores expressos em Real Brasileiro (BRL)  
Documento válido por 10 dias

OBRA: SALA IFSC -TCC AMANDA

05/09/2025

LUMICENTER  
LIGHTING

Lumicenter Sistemas Eletrônicos de Iluminação Ltda.  
Matriz - CNPJ 78.331.899/0001-12 | IE 105.034.911-6  
R. Salomão Miguel Nasser, 1200  
São José dos Pinhais, PR, Brasil



## CONTATO

- Contato: EMILY MONTALVAO
- Telefone: 041 2103-2752
- e-Mail: emily.montalvao@lumicenter.com

## DADOS DO SOLICITANTE

- Razão Social: 080318-ROBERTA BRIESEMEISTER
- CNPJ: 00.606.136/967 -
- IE: ISENTO
- Endereço: RUA PAVAO, 1377
- Bairro: COSTA E SILVA
- Cidade: JOINVILLE
- Estado: SC
- CEP: 89220-618
- Contato: AMANDA (047) 9790-7249

## ENTREGA

- Cidade: JOINVILLE
- UF: SC

Valores para não Contribuinte do ICMS

## 1. RESUMO:

EMBARQUE (DIAS ÚTEIS)	FRETE	PAGAMENTO	VALOR TOTAL DO INVESTIMENTO COM IPI + ST + FRETE.
17	CIF	A COMBINAR	R\$ 2.983,38

**Deixe a luz fazer mais por você**

Um guia para quem ilumina ideias, espaços e possibilidades.

Baixe aqui

**lumisoft®**

Projete com segurança, ilumine com eficiência.

Sistema de Cálculo Luminotécnico rápido para aplicação de luminárias Lumicenter

Comece agora!

## 2. DETALHAMENTO DO ORÇAMENTO:

## It. 01- NS092534-C



- Vl.Unit. S/Impostos: R\$ 622,6148
- NCM: 94051190
- Prazo Embarque: 17 dias úteis
- % ICM Inter: 12,00
- % EC 87/15: 17,00
- R\$ ST: R\$ 0,00
- % IPI: 9,75
- R\$ IPI: 242,82
- Frete Item: R\$ 0,00
- Cód. Fname: 03993742

QUANTIDADE	VALOR UNITARIO COM IMPOSTOS	TOTAL COM IMPOSTOS
4	683,32	2.733,28

LAA02-S35008 3000K A 5000K TUNABLE WHITE PWM. Luminária comercial à LED para sobrepor, completa com LED e driver. Tecnologia Lumicenter. Corpo produzido em chapa de aço fosfatizada pintada eletrostaticamente, tinta pó poliéster na cor branca microtexturizada. Refletor e aletas em alumínio de altobrilo. Difusores em acrílico leitoso (PMMA). Equipada com placas de LED SMD de alto brilho. Consumo total de 35W, fluxo luminoso total de 3445lm, eficácia de 98lm/W. Controle de temperatura de cor entre 3000K e 5000K, IRC80. Vida útil de 50.000h. Drivers multitemperatura (100-250V) integrados à luminária. Possui conector de engate rápido para instalação elétrica. IP20.113/10

## It. 02- LSENSE00006



- Vl.Unit. S/Impostos: R\$ 158,5288
- NCM: 85437099
- Prazo Embarque: 15 dias úteis
- % ICM Inter: 12,00
- % EC 87/15: 17,00
- R\$ ST: R\$ 0,00
- % IPI: 6,50
- R\$ IPI: 10,30
- Frete Item: R\$ 0,00

QUANTIDADE	VALOR UNITARIO COM IMPOSTOS	TOTAL COM IMPOSTOS
1	168,83	168,83

CONTROLADOR APOLLO TW - 1CH PLC IR

## It. 03- LSENSE00100



- Vl.Unit. S/Impostos: R\$ 52,2768
- NCM: 94059900
- Prazo Embarque: 15 dias úteis
- % ICM Inter: 4,00
- % EC 87/15: 17,00
- R\$ ST: R\$ 0,00
- % IPI: 9,75
- R\$ IPI: 5,10
- Frete Item: R\$ 0,00

QUANTIDADE	VALOR UNITARIO COM IMPOSTOS	TOTAL COM IMPOSTOS
1	57,38	57,38

CONTROLE REMOTO ZEUS IR - INFRAVERMELHO 21 BOTOES 2XAAA

## It. 04- ASC-SENS06



- Vl.Unit. S/Impostos: R\$ 21,7651
- NCM: 94059900
- Prazo Embarque: 15 dias úteis
- % ICM Inter: 12,00
- % EC 87/15: 17,00
- R\$ ST: R\$ 0,00
- % IPI: 9,75
- R\$ IPI: 2,12
- Frete Item: R\$ 0,00

QUANTIDADE	VALOR UNITARIO COM IMPOSTOS	TOTAL COM IMPOSTOS
1	23,89	23,89

ACESSORIO CANOPLA DE SOBREPOR PARA APOLLO COM GANCHO PARA PERFILADO 38X38

VALOR DOS PRODUTOS	VALOR DO IPI	VALOR DA ST	VALOR DO FRETE
R\$ 2.723,04	R\$ 260,34	R\$ 0,00	R\$ 0,00
<b>VALOR TOTAL DO INVESTIMENTO COM IPI + ST + FRETE.</b>			
<b>R\$ 2.983,38</b>			

**3. APROVAÇÃO:**

Todas as páginas anexadas a este Orçamento fazem parte desta proposta comercial. Em caso de aprovação, favor nos enviar uma Ordem de Compra ou o documento "Dados de Cadastro e Fornecimento" preenchido e assinado.