

**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE GOIÁS
CÂMPUS ITUMBIARA
BACHARELADO EM ENGENHARIA ELÉTRICA**

NIELE ALVES LIMA

**ILUMINAÇÃO NO AMBIENTE ESCOLAR: ANÁLISE LUMINOTÉCNICA DE
SALAS DE AULAS DO IFG – ITUMBIARA (GO)**

**ITUMBIARA – GO
2026**



INSTITUTO FEDERAL
Goiás

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
SISTEMA INTEGRADO DE BIBLIOTECAS

TERMO DE AUTORIZAÇÃO PARA DISPONIBILIZAÇÃO NO REPOSITÓRIO DIGITAL DO IFG - ReDi IFG

Com base no disposto na Lei Federal nº 9.610/98, AUTORIZO o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás, a disponibilizar gratuitamente o documento no Repositório Digital (ReDi IFG), sem ressarcimento de direitos autorais, conforme permissão assinada abaixo, em formato digital para fins de leitura, download e impressão, a título de divulgação da produção técnico-científica no IFG.

Identificação da Produção Técnico-Científica

- | | |
|--|---|
| ☐ Tese | ☐ Artigo Científico |
| ☐ Dissertação | ☐ Capítulo de Livro |
| ☐ Monografia – Especialização | ☐ Livro |
| ☒ TCC - Graduação | ☐ Trabalho Apresentado em Evento |
| ☐ Produto Técnico e Educacional - Tipo: _____ | |

Nome Completo do Autor: Niele Alves Lima

Matrícula: 20191040070378

Título do Trabalho: Iluminação no ambiente escolar: Análise luminotécnica de salas de aulas do IFG – Itumbiara (GO)

Autorização - Marque uma das opções

1. ☒ Autorizo disponibilizar meu trabalho no Repositório Digital do IFG (acesso aberto);
2. ☐ Autorizo disponibilizar meu trabalho no Repositório Digital do IFG somente após a data ____/____/____ (Embargo);
3. ☐ Não autorizo disponibilizar meu trabalho no Repositório Digital do IFG (acesso restrito).

Ao indicar a opção **2 ou 3**, marque a justificativa:

- ☐ O documento está sujeito a registro de patente.
☐ O documento pode vir a ser publicado como livro, capítulo de livro ou artigo.
☐ Outra justificativa: _____

DECLARAÇÃO DE DISTRIBUIÇÃO NÃO-EXCLUSIVA

O/A referido/a autor/a declara que:

- i. o documento é seu trabalho original, detém os direitos autorais da produção técnico-científica e não infringe os direitos de qualquer outra pessoa ou entidade;
- ii. obteve autorização de quaisquer materiais inclusos no documento do qual não detém os direitos de autor/a, para conceder ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás os direitos requeridos e que este material cujos direitos autorais são de terceiros, estão claramente identificados e reconhecidos no texto ou conteúdo do documento entregue;
- iii. cumpriu quaisquer obrigações exigidas por contrato ou acordo, caso o documento entregue seja baseado em trabalho financiado ou apoiado por outra instituição que não o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás.

Itumbiara-GO, 18 / 02 / 20.
Local Data

Niele Alves Lima

Assinatura do Autor e/ou Detentor dos Direitos Autorais

NIELE ALVES LIMA

ILUMINAÇÃO NO AMBIENTE ESCOLAR: ANÁLISE LUMINOTÉCNICA DE SALAS
DE AULAS DO IFG – ITUMBIARA (GO)

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Bacharelado em Engenharia Elétrica, do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás – Campus Itumbiara, como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Engenharia Elétrica.

Orientador: Prof. Dr. Diogo Soares Resende

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

L732i Lima, Niele Alves

Iluminação no ambiente escolar: análise luminotécnica de salas de aulas do IFG – Itumbiara (GO). / Niele Alves Lima. – Itumbiara, 2026.

78 p. : il.

Trabalho de conclusão do curso (Bacharel em Engenharia Elétrica) - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás, Câmpus Itumbiara, 2026.

Orientador: Prof. Dr. Diogo Soares Resende.

1. Iluminação. 2. Ambiente escolar. 3. Sala de aula. I. Título. II. Resende, Diogo Soares. III. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás.

CDD 621.319

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás
Biblioteca Maria Gabriela Pacheco Pardey / Câmpus Itumbiara
Bibliotecário: Rosiane Gonçalves de Lima CRB1/1684



INSTITUTO FEDERAL
Goiás

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE GOIÁS
CÂMPUS ITUMBIARA

Termo de Aprovação

Niele Alves Lima

ILUMINAÇÃO NO AMBIENTE ESCOLAR: ANÁLISE LUMINOTÉCNICA DE SALAS DE AULAS DO IFG – ITUMBIARA (GO)

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Coordenação do Curso de Engenharia Elétrica do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás – Campus Itumbiara, como parte dos requisitos para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Elétrica.

Trabalho de Conclusão de Curso defendido e aprovado, em 10 de fevereiro de 2026, pela banca examinadora constituída pelos seguintes membros:

BANCA EXAMINADORA

Profa. DSc. Diogo Soares Resende - Orientador

Instituto Federal de Goiás, Campus Itumbiara.

(Assinado Eletronicamente).

Prof. DSc. Victor Régis Bernandeli- Membro interno

Instituto Federal de Goiás, Campus Itumbiara.

(Assinado Eletronicamente).

Prof. DSc. Wellington do Prado - membro interno

Instituto Federal de Goiás, Campus Itumbiara.

(Assinado Eletronicamente).

Itumbiara – GO

2026

Documento assinado eletronicamente por:

- **Victor Regis Bernardeli**, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO, em 21/02/2026 13:19:23.
- **Wellington do Prado**, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO, em 18/02/2026 21:02:31.
- **Diogo Soares Resende**, COORDENADOR(A) DE CURSO - FUC1 - ITU-CCBEEL, em 18/02/2026 20:51:09.

Este documento foi emitido pelo SUAP em 18/02/2026. Para comprovar sua autenticidade, faça a leitura do QRCode ao lado ou acesse <https://suap.ifg.edu.br/autenticar-documento/> e forneça os dados abaixo:

Código Verificador: 746580

Código de Autenticação: ba82b2440a



Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás
Avenida Furnas, nº 55, 55, Bairro Village Imperial, ITUMBIARA / GO, CEP 75524-010
(64) 2103-5612 (ramal: 5612)

Dedico este trabalho primeiramente a Deus, pela oportunidade, força, proteção e sabedoria concedidas ao longo de toda minha caminhada acadêmica. À minha família, em especial à minha mãe, ao meu esposo e às minhas filhas, pelo apoio constante. E à minha avó Natalina, que sempre demonstrou orgulho e alegria pelo meu percurso no ensino.

AGRADECIMENTOS

Expresso minha gratidão pela conclusão desta etapa significativa da minha trajetória acadêmica, construída ao longo de um percurso marcado por desafios, esforço e perseverança. A superação das dificuldades enfrentadas só foi possível graças ao apoio de pessoas que estiveram presentes nos momentos mais exigentes dessa caminhada.

Agradeço profundamente à minha mãe, Lúcia, por possibilitar a conclusão desta etapa final do curso. Seu apoio foi decisivo nos momentos em que foi necessário conciliar trabalho, estudos e responsabilidades familiares, permitindo que eu seguisse adiante mesmo diante das limitações impostas pela ausência em alguns momentos.

Ao meu esposo, Diogo Deleon, registro minha gratidão pelo incentivo constante e pelo apoio desde o início dessa escolha acadêmica. Às minhas filhas, Nicolly e Sofia, registro um agradecimento especial. Espero ser para elas um exemplo de superação e dedicação, demonstrando que, com determinação, é possível alcançar os objetivos que definirmos para nossas vidas.

Agradeço a todos os professores que fizeram parte da minha formação acadêmica, compartilhando conhecimento, experiência e dedicação ao longo desta caminhada. Cada orientação recebida ampliou minha visão e fortaleceu meu desenvolvimento profissional. Manifesto, em especial, minha profunda gratidão ao meu orientador Diogo Resende, que aceitou me orientar mesmo em um momento decisivo e com uma grande demanda de trabalho.

Não poderia deixar de registrar minha gratidão aos colegas de curso, que fizeram parte dessa trajetória de maneira tão significativa. Embora tenhamos ingressado em anos distintos, acabamos compartilhando os mesmos desafios ao longo do percurso. Com apoio mútuo, união e parceria, transformamos as dificuldades em oportunidades de crescimento e seguimos avançando juntos. Camila, Gustavo, Karem, Mylena e Rayra estiveram presentes nos momentos decisivos, tornando essa caminhada mais leve e enriquecedora.

Por fim, agradeço a todos que, de alguma forma, fizeram parte desta etapa e deixaram sua marca na minha formação pessoal e profissional. Cada gesto de apoio, cada palavra de incentivo e cada ensinamento recebido ao longo desse percurso reforçaram minha determinação em seguir adiante. Encerrar este ciclo representa não apenas a conclusão de um trabalho acadêmico, mas também o início de novas possibilidades que se abrem a partir daqui. Levo comigo tudo o que aprendi e os vínculos construídos, certos de que cada experiência vivenciada foi fundamental para chegar até este momento.

RESUMO

Este trabalho apresenta a avaliação das condições de iluminação artificial em salas de aula do bloco 100 do Instituto Federal de Goiás – Câmpus Itumbiara, por meio de medições de iluminância realizadas *in loco*. O objetivo do estudo consistiu em verificar a conformidade do sistema de iluminação existente com os critérios técnicos estabelecidos pela ABNT NBR ISO/CIE 8995-1:2013, aplicáveis a ambientes educacionais noturnos. A metodologia adotada compreendeu pesquisa bibliográfica, levantamento das características físicas e construtivas das salas analisadas e medições ponto a ponto dos níveis de iluminância no plano de trabalho, conforme os procedimentos recomendados pela norma. Os dados obtidos foram organizados e analisados quantitativamente, considerando os valores de iluminância média, mínima e máxima, bem como o índice de uniformidade da iluminação. Os resultados indicaram que todas as salas avaliadas apresentaram iluminância média inferior ao valor mínimo recomendado para salas de aula utilizadas no período noturno, além de índices de uniformidade significativamente abaixo dos parâmetros normativos. Observou-se, ainda, uma distribuição luminosa desigual, com maiores níveis de iluminância concentrados nas proximidades das luminárias e valores reduzidos em áreas periféricas. Portanto, o sistema de iluminação artificial analisado não atende plenamente aos requisitos estabelecidos pela norma vigente, evidenciando a importância de avaliações técnicas periódicas em ambientes educacionais.

Palavras-chave: Iluminação artificial; Avaliação luminotécnica; Salas de aula; Iluminância; Uniformidade luminosa.

ABSTRACT

This study presents an evaluation of the artificial lighting conditions in classrooms of block 100 of the Federal Institute of Goiás – Itumbiara Campus, based on in situ illuminance measurements. The objective of the study was to verify the compliance of the existing lighting system with the technical criteria established by ABNT NBR ISO/CIE 8995-1:2013, applicable to educational environments used at night. The adopted methodology included a bibliographic review, a survey of the physical and constructive characteristics of the analyzed classrooms, and point-by-point measurements of illuminance levels on the work plane, in accordance with the procedures recommended by the standard. The collected data were organized and quantitatively analyzed, considering average, minimum, and maximum illuminance values, as well as the lighting uniformity index. The results indicated that all evaluated classrooms presented average illuminance levels below the minimum recommended value for classrooms used during the nighttime period, in addition to uniformity indices significantly lower than the normative parameters. An uneven luminous distribution was also observed, with higher illuminance levels concentrated near the luminaires and reduced values in peripheral areas. It is concluded that the analyzed artificial lighting system does not fully comply with the requirements established by the current standard, highlighting the importance of periodic technical evaluations in educational environments.

Keywords: Artificial lighting; Lighting assessment; Classrooms; Illuminance; Lighting uniformity.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Espectro Eletromagnético	21
Figura 2 - Noção de Intensidade Luminosa.....	22
Figura 3 - Fluxo Luminoso em Lâmpada Fluorescente Compacta	23
Figura 4 - Representação do Conceito de Iluminância.....	25
Figura 5 - Representação da Luminância	26
Figura 6 - Tipos de Ofuscamento	30
Figura 7 - Representação Interna de um Led.....	32
Figura 8 - Modelos de Lâmpadas de LED	33
Figura 9 - Classificação das luminárias de acordo com o direcionamento do fluxo luminoso	34
Figura 10 - Local de estudo: Instituto Federal de Goiás – Câmpus Itumbiara.....	43
Figura 11 - Disposição das Janelas.....	45
Figura 12 - Porta e Piso	46
Figura 13 - Leiaute das salas de aulas	47
Figura 14 - Luminárias da Lâmapda LED.....	48
Figura 15 - Divisão dos Circuitos das Luminárias	49
Figura 16 - Fotografia frontal das salas	50
Figura 17 - Luxímetro digital Metrins INS-1366	51
Figura 18 - Início do tracejado da malha.....	55
Figura 19 - Malhas de medições.....	56
Figura 20 - Suporte no centro da malha	56
Figura 21 - Posicionamento do Luxímetro	57
Figura 22 - Altura das carteiras	58
Figura 23 - Gráfico de superfície de contorno e valores da iluminância sala 01	62
Figura 24 - Gráfico de superfície de contorno e valores da iluminância sala 02	63
Figura 25 - Gráfico de contorno da iluminância e valores medidos sala 03	64

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Índice de Reprodução de Cores (IRC).....	28
Tabela 2 - Valores de iluminância segundo a ABNT NBR ISO/CIE 8995-1:2013	39
Tabela 3 - Dados Elétricos e Fotométricos.....	48
Tabela 4 - Tamanho das malhas	53
Tabela 5 - Recomendações de iluminação, especificação da iluminância, ofuscamento e qualidade de cor.....	54

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Comparação dos critérios luminotécnicos da NBR 5413 e da ABNT NBR ISO/CIE 8995-1:2013.....	36
--	----

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
CIE	Comissão Internacional de Iluminação
Emed	Iluminância Média
EJA	Educação de Jovens e Adultos
IFG	Instituto Federal de Goiás
Inmetro	Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia
IRC	Índice de Reprodução de Cor
LED	Diodos emissores de luz
NBR ISO	Norma Brasileira / Organização de Internacional de Normalização
NHO	Norma de Higiene Ocupacional
UGR	Índice de Ofuscamento Unificado

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	14
1.1	JUSTIFICATIVA	15
1.2	OBJETIVOS	16
1.2.1	Geral.....	16
1.2.2	Específicos	16
1.3	METODOLOGIA.....	17
1.4	ESTRUTURA DO TRABALHO.....	17
2	REFERENCIAL TEÓRICO	19
2.1	INTRODUÇÃO	19
2.2	ILUMINAÇÃO, CONFORTO LUMÍNICO E DESEMPENHO ESCOLAR	19
2.3	CONCEITOS LUMINOTÉCNICOS	21
2.3.1	Luz e Cor	21
2.3.2	Intensidade Luminosa.....	22
2.3.3	Fluxo Luminoso.....	23
2.3.4	Iluminância	24
2.3.5	Luminância	26
2.3.6	Índice de Reprodução de Cor (IRC ou R _a)	27
2.3.7	Temperatura da cor.....	28
2.3.8	Ofuscamento.....	29
2.4	SISTEMAS DE ILUMINAÇÃO EM AMBIENTES CONSTRUÍDOS	31
2.4.1	Lâmpadas de LED	32
2.4.2	Luminárias	34
3	ANÁLISE DA NORMA ABNT NBR ISO/CIE 8995-1:2013 - ILUMINAÇÃO DE AMBIENTES DE TRABALHO: INTERIOR	36
3.1	ILUMINÂNCIA MÉDIA E UNIFORMIDADE LUMINOSA SEGUNDO A ABNT NBR ISO/CIE 8995-1:2013	40
3.1.1	Iluminância Média e Iluminância Mantida.....	40
3.1.2	Uniformidade da Iluminância	41
4	METODOLOGIA E DESENVOLVIMENTO DA PESQUISA.....	42
4.1	LOCAL DE ESTUDO.....	42
4.1.1	Histórico e Características da Edificação Avaliada.....	43
4.2	PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	44
4.2.1	Características das Salas de Aula	44
4.2.2	Tipos de Luminárias e Lâmpadas Utilizadas.....	47
4.2.3	Organização espacial das salas	50
4.3	PROCEDIMENTOS DE MEDIÇÃO DA ILUMINÂNCIA	51
4.3.1	Equipamento Utilizado	51
4.3.2	Método de Medição	52
4.3.3	Iluminância Média e Uniformidade Luminosa.....	59

5 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS DADOS DE ILUMINÂNCIA E UNIFORMIDADE.....	61
5.1 ANÁLISE DA ILUMINAÇÃO ARTIFICIAL DAS SALAS DE AULA.....	61
CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	67
REFERÊNCIAS	70
ANEXOS	73

INTRODUÇÃO

A eletricidade representa um recurso indispensável à vida moderna, uma vez que dela dependem atividades nos âmbitos doméstico, comercial e industrial. A relevância desse recurso torna-se ainda mais evidente em situações de interrupção no fornecimento, as quais evidenciam sua influência direta no conforto e no funcionamento das estruturas sociais. Nesse contexto, a iluminação assume papel de destaque, pois possibilita a utilização adequada de diferentes ambientes, como residências, locais de trabalho, áreas de lazer e espaços públicos, garantindo condições mínimas de segurança, bem-estar e continuidade das atividades cotidianas (Cervelin; Cavalin, 2008).

Para além de sua função básica de visibilidade, a iluminação exerce influência significativa na qualidade dos ambientes construídos. Conforme Cavalin e Cervelin (2009), em locais de trabalho, um sistema de iluminação adequadamente projetado é determinante para a redução do esforço visual, minimização da fadiga e a promoção do conforto dos usuários. Aspectos como a ausência de ofuscamento e a oferta de conforto visual tornam os ambientes mais agradáveis, favorecendo a concentração e o desempenho nas atividades desenvolvidas.

Sob essa mesma perspectiva, no ambiente escolar, os princípios relacionados ao conforto visual assumem importância ainda maior, uma vez que estão diretamente associados ao bem-estar e ao rendimento acadêmico dos estudantes. A qualidade da iluminação nas salas de aula interfere na concentração, na percepção visual e na saúde ocular dos alunos. Estudos como o de Barrett *et al.* (2015) indicam que ambientes adequadamente iluminados favorecem o processo de aprendizagem, reduzem o cansaço visual e criam condições mais propícias à realização das atividades educacionais. Dessa forma, a adequação dos níveis de iluminância, a uniformidade da distribuição luminosa e a escolha apropriada das fontes de luz configuram elementos fundamentais nos projetos de iluminação escolar, assegurando que a iluminação artificial complemente ou substitua a iluminação natural de maneira eficiente e confortável.

A análise da iluminação em ambientes educacionais deve considerar de forma integrada as principais grandezas fotométricas envolvidas: fluxo luminoso, iluminância e luminância, uma vez que a relação entre esses parâmetros influencia diretamente o desempenho visual requerido para a execução das atividades desenvolvidas no espaço. Conforme apontam Moreira (1999) e Nery (2012), a avaliação isolada de um único fator não é suficiente para caracterizar adequadamente o desempenho luminotécnico de um ambiente. Condições como distribuição inadequada da luz, níveis de iluminância inferiores aos valores recomendados e ocorrência de ofuscamento podem comprometer a execução de tarefas visuais, especialmente em ambientes

escolares, onde se exige atenção contínua. Assim, a análise desses elementos deve ser conduzida com base nos critérios estabelecidos pelas normas técnicas vigentes, assegurando condições visuais compatíveis com o uso educacional.

Sob a perspectiva ergonômica, Mamede (2017) destaca que a forma como a luz é distribuída no espaço influencia o esforço visual exigido para a realização das tarefas. No contexto específico dos ambientes educacionais, Ferreira (2021) ressalta que a adequação dos níveis de iluminância e a uniformidade luminosa são determinantes para a criação de espaços compatíveis com as exigências das atividades de ensino, especialmente aquelas que demandam atenção visual contínua.

Trajano (2023) destaca que um projeto de iluminação adequadamente concebido exerce influência significativa na configuração e valorização dos ambientes, refletindo em aspectos como estética, produtividade e concentração. O autor enfatiza que a correta distribuição das luminárias e a seleção apropriada das fontes de luz não apenas promovem o conforto visual, mas também realçam as cores e os elementos arquitetônicos do espaço. Dessa forma, o planejamento luminotécnico deve considerar criteriosamente as funções e finalidades do ambiente, assegurando que cada ponto luminoso favoreça o desempenho das atividades e o equilíbrio entre eficiência e bem-estar.

1.1 JUSTIFICATIVA

A iluminação em ambientes escolares desempenha um papel fundamental no conforto visual, na concentração e no desempenho acadêmico dos alunos. No caso do bloco 100 do Instituto Federal de Goiás – Câmpus Itumbiara, a análise desse aspecto torna-se ainda mais relevante, haja vista que se trata de uma estrutura mais antiga, cuja concepção pode não estar alinhada com os padrões atuais de qualidade luminotécnica. Conforme Libardi (2017), torna-se necessária a investigação das condições de ensino em instituições públicas, uma vez que muitas edificações apresentam deficiências relacionadas aos aspectos funcionais da arquitetura, com destaque para a iluminação, seja pela disposição das luminárias, pelo uso de lâmpadas defasadas ou pela insuficiência de luz artificial, comprometendo o ambiente de ensino.

Diante desse contexto, justifica-se a realização de um estudo detalhado sobre as condições de iluminação das salas de aula do bloco 100 do Instituto Federal de Goiás – Câmpus Itumbiara. A pesquisa fundamenta-se na realização de medições de iluminância *in loco*, confrontando os resultados obtidos com os valores de referência definidos pela ABNT NBR ISO/CIE 8995-1:2013, com o propósito de verificar a adequação do sistema de iluminação

existente. O diagnóstico gerado permite identificar eventuais não conformidades e fornecer subsídios técnicos para futuras intervenções, além de servir como referência para avaliações semelhantes em outras edificações públicas de ensino.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Geral

Avaliar as condições de iluminação das salas de aula do bloco 100 do Instituto Federal de Goiás – Câmpus Itumbiara no período noturno, por meio de medições de iluminância realizadas *in loco*, verificando a conformidade dos resultados com os parâmetros técnicos estabelecidos pela ABNT NBR ISO/CIE 8995-1:2013.

1.2.2 Específicos

- Realizar o levantamento técnico das condições atuais de iluminação nas salas de aula do bloco 100 do Instituto Federal de Goiás – Câmpus Itumbiara, observando o tipo, a quantidade e a disposição das luminárias, bem como o estado de conservação dos equipamentos instalados;
- Mensurar o desempenho da iluminação artificial nas salas de aula por meio de medições de iluminância realizadas *in loco*, em pontos previamente definidos, utilizando instrumentos adequados e devidamente calibrados;
- Comparar os valores de iluminância obtidos com os parâmetros de referência estabelecidos pela ABNT NBR ISO/CIE 8995-1:2013, com o objetivo de verificar a conformidade das condições existentes com os requisitos normativos aplicáveis a salas de aula no período noturno;
- Analisar a qualidade da iluminação existente, considerando aspectos como distribuição luminosa, iluminância média e uniformidade da iluminação no ambiente escolar;
- Identificar e analisar possíveis deficiências do sistema de iluminação, considerando a disposição e o tipo das luminárias, as lâmpadas utilizadas e a adequação do sistema às características construtivas das salas de aula, como materiais, altura do pé-direito e cores das superfícies, avaliando de que forma esses fatores influenciam a distribuição e o desempenho da iluminação artificial.

1.3 METODOLOGIA

A metodologia adotada neste trabalho caracteriza-se como uma abordagem bibliográfica e experimental, com o objetivo de integrar fundamentos teóricos e dados obtidos em campo para a avaliação das condições de iluminação das salas de aula do bloco 100 do Instituto Federal de Goiás – Câmpus Itumbiara.

A pesquisa bibliográfica foi desenvolvida por meio da consulta a livros, artigos científicos, dissertações, normas técnicas e trabalhos acadêmicos relacionados à iluminação artificial, conforto visual e desempenho luminotécnico. Essa etapa possibilitou a construção do referencial teórico e normativo necessário para embasar a análise dos resultados, com ênfase nos critérios estabelecidos pela ABNT NBR ISO/CIE 8995-1:2013.

A pesquisa de campo, por sua vez, consistiu na observação direta e coleta de dados *in loco*, seguindo os procedimentos recomendados pela norma de referência. As medições foram efetuadas em diferentes pontos no plano de trabalho das salas de aula, utilizando instrumento adequado e devidamente calibrado. Paralelamente, foram coletadas informações complementares referentes à disposição das luminárias, aos tipos de lâmpadas instaladas, à altura do pé-direito, às cores e propriedades refletivas das superfícies internas, bem como às demais características construtivas capazes de influenciar a distribuição da luz no ambiente.

Os dados obtidos foram organizados e submetidos a uma análise quantitativa e comparativa, contemplando a determinação dos valores mínimo, máximo e médio de iluminância, além da avaliação da uniformidade da iluminação. Posteriormente, os resultados foram confrontados com os parâmetros estabelecidos pela ABNT NBR ISO/CIE 8995-1:2013, possibilitando a verificação da conformidade das condições de iluminação existentes nos ambientes analisados.

1.4 ESTRUTURA DO TRABALHO

O presente trabalho está estruturado em seis capítulos. No primeiro capítulo, apresenta a contextualização do tema, abordando de forma geral a importância da iluminação em edificações escolares, problematizando suas deficiências e destacando a relevância do estudo desenvolvido no bloco 100 do Instituto Federal de Goiás – Câmpus Itumbiara.

No segundo capítulo, é dedicado à fundamentação teórica, reunindo os principais conceitos, parâmetros técnicos e estudos relacionados à iluminação artificial, conforto visual e desempenho luminotécnico em ambientes de ensino, ressaltando os impactos da iluminação

inadequada sobre o bem-estar e o rendimento dos alunos.

A partir da análise da ABNT NBR ISO/CIE 8995-1:2013, o terceiro capítulo destaca os critérios de iluminância média e uniformidade aplicáveis às salas de aula, além de apresentar uma comparação com a ABNT NBR 5413, evidenciando as principais diferenças entre as abordagens normativas.

A metodologia adotada é discutida no quarto capítulo, detalhando os procedimentos de pesquisa bibliográfica e de campo, os instrumentos utilizados e os critérios empregados para a realização das medições de iluminância e análise dos dados.

No quinto capítulo, apresenta os resultados obtidos a partir das medições realizadas, bem como a análise comparativa dos valores encontrados em relação aos parâmetros normativos, discutindo a conformidade das condições de iluminação avaliadas.

Por fim, as Considerações Finais, o último capítulo, sintetizam os principais resultados obtidos a partir das medições realizadas e da análise de conformidade normativa, bem como as limitações da pesquisa e apontam recomendações para trabalhos futuros relacionados à avaliação das condições de iluminação em ambientes educacionais.

REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 INTRODUÇÃO

O presente capítulo reúne os conceitos fundamentais que sustentam a base teórica deste estudo, abrangendo princípios físicos, fisiológicos e ergonômicos relacionados à iluminação em ambientes educacionais. A construção do conteúdo decorre de uma revisão bibliográfica que contempla autores e publicações de referência na área, permitindo organizar conhecimentos que favorecem a compreensão do comportamento da luz, das necessidades visuais e das condições de conforto requeridas para o desenvolvimento das atividades escolares. As informações apresentadas oferecem suporte às análises e interpretações realizadas nos capítulos posteriores, assegurando coerência técnica e consistência científica ao trabalho.

2.2 ILUMINAÇÃO, CONFORTO LUMÍNICO E DESEMPENHO ESCOLAR

A iluminação pode ser entendida como o conjunto de condições que viabilizam a percepção adequada de objetos, superfícies e detalhes no ambiente, garantindo que as tarefas visuais sejam executadas com segurança, conforto e eficiência. A NBR ISO/CIE 8995-1:2013 assegura que os sistemas de iluminação de interiores devem ser planejados de modo a atender às exigências visuais específicas de cada atividade, considerando parâmetros como níveis de iluminância, uniformidade, distribuição das luminâncias e controle de ofuscamento. Esses requisitos asseguram que o ambiente ofereça suporte adequado às funções desempenhadas pelos usuários.

No contexto educacional, Troncon (2014) observa que o processo de aprendizagem depende de um conjunto de fatores, entre os quais o ambiente físico assume papel significativo. Embora seja determinante para o desenvolvimento das atividades escolares, esse ambiente muitas vezes recebe atenção insuficiente nos planejamentos pedagógicos. O autor explica que elementos como mobiliário, ventilação, acústica e iluminação possuem impacto direto nas condições de ensino e aprendizagem.

A iluminação figura entre os componentes materiais mais relevantes para garantir condições visuais adequadas nos espaços escolares. A distribuição e intensidade da luz, bem como sua adequação ao tipo de tarefa, influenciam diretamente a concentração e o desempenho dos estudantes (Troncon, 2014). O autor enfatiza que a iluminação deve ser compatível com as atividades realizadas, de modo que os usuários possam visualizar todas as informações

necessárias sem esforço excessivo.

Estudos têm destacado que a iluminação artificial desempenha papel significativo no bem-estar e no desempenho cognitivo dos usuários, sobretudo em ambientes educacionais. As pesquisas, como de Silva e Azerêdo (2019), indicam que a distribuição da luz no espaço interfere diretamente na atenção, na produtividade e nas sensações de conforto. Quando o sistema de iluminação não atende às necessidades visuais das atividades realizadas, os impactos ultrapassam o simples desconforto, alcançando aspectos ligados à saúde física e mental. Nesse sentido, Silva e Azerêdo (2019) explicam que níveis inadequados de iluminância podem gerar sonolência, redução da capacidade de concentração, dores de cabeça e fadiga, levando os estudantes a apresentarem sensação de exaustão mesmo após longos períodos de atividades predominantemente sedentárias.

O ambiente escolar constitui um espaço no qual os indivíduos permanecem grande parte de suas vidas, razão pela qual a qualidade da infraestrutura luminosa assume papel determinante para o uso adequado desses espaços (Trajano, 2023). O autor explica que um sistema de iluminação eficiente projetados nos dias de hoje deve considerar a utilização de lâmpadas de LED, equipamentos eletrônicos e luminárias apropriadas para cada setor, sejam áreas internas ou externas. Ressalta ainda que o desenvolvimento de um projeto luminotécnico para escolas exige atenção cuidadosa à seleção das fontes de luz, às funções específicas de cada ambiente e às exigências normativas aplicáveis, de modo a assegurar condições que favoreçam o desempenho e o bem-estar dos usuários.

Em consonância, a NBR ISO/CIE 8995-1:2013 reforça que a iluminação de ambientes de trabalho deve atender aos requisitos que vão além da simples visibilidade das tarefas. A norma destaca que um sistema luminotécnico eficiente precisa oferecer condições que favoreçam o conforto visual, a execução das atividades com facilidade e a estabilidade das percepções. Esses requisitos envolvem tanto parâmetros quantitativos, como iluminância e uniformidade, quanto fatores qualitativos, como: distribuição luminosa, reprodução de cor e controle de ofuscamento.

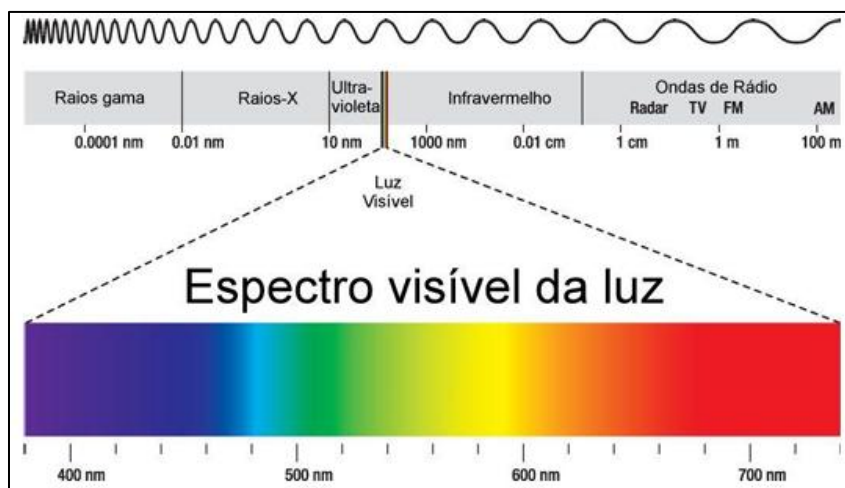
Em ambientes educacionais, tais critérios adquirem relevância particular, pois as atividades desenvolvidas demandam leitura contínua, foco e atenção prolongada. Assim, a qualidade da iluminação torna-se um elemento decisivo para o desempenho escolar e para o bem-estar dos estudantes.

2.3 CONCEITOS LUMINOTÉCNICOS

2.3.1 Luz e Cor

A compreensão da luz no contexto da iluminação envolve múltiplas dimensões, que vão desde seus princípios físicos até os mecanismos de percepção humana e os efeitos das cores no ambiente. Para Niskier e Macintyre (2000), a luz pode ser compreendida como uma forma de energia radiante percebida pelo sistema visual humano a partir do estímulo da retina, processo que resulta na sensação de claridade. Os autores explicam que essa percepção está associada à radiação eletromagnética situada em uma faixa específica de comprimentos de onda, aproximadamente entre 380 e 780 nanômetros, intervalo que corresponde à chamada luz visível e define o limite entre regiões ultravioleta e infravermelha. Nesse espectro, os menores comprimentos de onda se aproximam da região do ultravioleta, enquanto os maiores se relacionam ao infravermelho. Essa faixa de radiação constitui o fundamento físico da iluminação, servindo como base para o estudo tanto da luz natural quanto artificial aplicada aos ambientes construídos.

Figura 1 - Espectro Eletromagnético



Fonte: Furian (2013) [Adaptado pela Autora].

Complementando essa abordagem, Mamede (2017) direciona sua análise para o processo fisiológico de percepção. O autor explica que a luz, ao incidir sobre a retina, desencadeia estímulos que resultam em diferentes sensações visuais. Ressalta, ainda, que comprimentos de onda menores, associados ao violeta e ao azul, apresentam maior eficiência perceptiva em condições de baixa iluminância, enquanto comprimentos de onda maiores, como

os relacionados ao vermelho e ao laranja, tendem a reduzir a acuidade visual quando há excesso de luminosidade. Dessa forma, Mamede amplia o entendimento da luz ao relacioná-la ao comportamento do sistema visual humano, evidenciando que a percepção depende das características da radiação incidente.

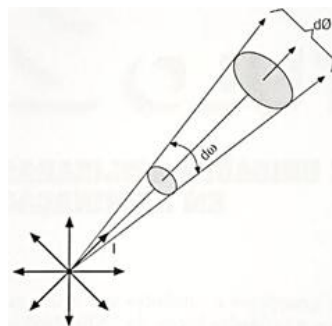
A dimensão perceptiva e ambiental é destacada por Samed (2017), que enfoca a relação entre cor e comportamento humano. A autora explica que a cor decorre da interpretação das diferentes faixas de comprimentos de onda do espectro visível, sendo cada tonalidade resultante de uma porção específica desse intervalo. Além do aspecto físico, Samed enfatiza que as cores atuam como estímulos capazes de influenciar a concentração, a sensação de conforto e a atmosfera dos ambientes internos, indicando que a luz não apenas permite a visibilidade, mas também interfere na resposta emocional e cognitiva dos usuários.

Assim, a articulação entre as perspectivas física, fisiológica e perceptiva possibilita uma compreensão abrangente dos fenômenos envolvidos na iluminação. Esses fundamentos constituem a base para parâmetros luminotécnicos apresentados nos tópicos seguintes, como fluxo luminoso, intensidade luminosa, iluminância, luminância e temperatura de cor, essenciais para a análise do desempenho visual e do conforto nos ambientes educacionais.

2.3.2 Intensidade Luminosa

Moreira (1999) define a intensidade luminosa como a relação entre o fluxo luminoso emitido por uma fonte em uma direção específica e o ângulo sólido no qual essa emissão ocorre, considerando-se o limite dessa razão à medida que o ângulo sólido tende a zero. A grandeza é expressa em candelas (cd), unidade que descreve a quantidade de luz direcionada a um ponto particular do espaço.

Figura 2 - Noção de Intensidade Luminosa



Fonte: Moreira (1999).

A Figura 2 ilustra o conceito de intensidade luminosa, representando a relação entre o fluxo luminoso emitido por uma fonte e a sua direção de propagação. Observa-se que o fluxo luminoso é distribuído dentro de um ângulo sólido, sendo a intensidade luminosa definida pela razão entre esse fluxo e a amplitude do ângulo correspondente. De acordo com Moreira (1999), essa representação gráfica permite compreender como a luz não é irradiada de forma homogênea em todas as direções, mas sim com variação de intensidade conforme o ângulo de emissão.

As fontes artificiais de luz raramente apresentam uma distribuição perfeitamente uniforme dessa intensidade, tornando necessário o cálculo da intensidade luminosa média para caracterizar com maior precisão o comportamento luminoso das luminárias (Moreira, 1999).

2.3.3 Fluxo Luminoso

O fluxo luminoso é uma das grandezas fundamentais da fotometria e corresponde à quantidade total de radiação visível emitida por uma fonte luminosa, ponderada pela sensibilidade do olho humano. Moreira (1999) explica que essa grandeza expressa o potencial da luz de gerar percepção visual, sendo medida em lúmens (lm). Trata-se, portanto, do somatório das radiações visíveis emitidas pela fonte, independentemente da direção de propagação.

Mamede (2017) amplia essa compreensão ao enfatizar que o fluxo luminoso diz respeito à parcela da energia radiante que efetivamente produz sensação visual ao atingir a retina. O autor ressalta ainda, que o fluxo luminoso não pode ser expresso em watts, pois considera exclusivamente a fração da radiação eletromagnética sensível ao sistema visual humano.

Figura 3 - Fluxo Luminoso em Lâmpada Fluorescente Compacta



Fonte: Manual de Iluminação Procel (2011).

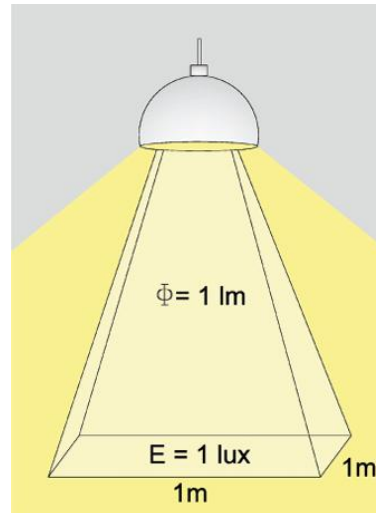
A Figura 3 permite visualizar a representação esquemática do fluxo luminoso emitido por uma lâmpada incandescente. Observa-se que a radiação luminosa é distribuída em todas as direções ao redor da fonte, ilustrando o conceito de emissão total de luz no espaço. A imagem demonstra como o fluxo luminoso é avaliado a partir da quantidade de radiação visível emitida, considerando a sensibilidade visual humana ao espectro luminoso.

Observa-se que o fluxo luminoso raramente se distribui de maneira uniforme sobre as superfícies, o que resulta em variações nos níveis de iluminância em diferentes pontos (Mamede, 2017). Diante disso, utiliza-se o fluxo luminoso médio como parâmetro de análise, permitindo uma avaliação mais equilibrada do desempenho do sistema de iluminação. Samed (2017) reforça essa perspectiva ao destacar que a irregularidade na distribuição do fluxo é inerente ao comportamento da luz, tornando a iluminância média um elemento indispensável no dimensionamento de projetos luminotécnicos voltados à qualidade visual e ao atendimento das necessidades ergonômicas do espaço.

2.2.4 Iluminância

A iluminância é uma das principais grandezas fotométricas empregadas para avaliar a quantidade de luz disponível sobre uma superfície. De acordo com Niskier e Macintyre (2000), essa grandeza corresponde à relação entre o fluxo luminoso incidente e a área sobre a qual ele se distribui, sendo interpretada como uma densidade de fluxo luminoso. O Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia (Inmetro), utiliza o termo iluminamento para designar essa mesma grandeza.

Mamede (2017) complementa essa definição ao afirmar que a iluminância corresponde à quantidade de fluxo luminoso que incide sobre uma superfície por unidade de área, sendo expressa em lux (lx). Assim, 1 lux equivale ao fluxo de 1 lúmen distribuído uniformemente sobre 1 m². Essa relação evidencia que a iluminância depende tanto da quantidade de luz emitida pela fonte quanto da área iluminada, de modo que as superfícies maiores resultam em níveis menores de iluminância para o mesmo fluxo luminoso.

Figura 4 - Representação do Conceito de Iluminância

Fonte: Manual de Iluminação Eficiente Procel (2011).

A iluminância pode ser expressa pela seguinte relação matemática:

$$E = \frac{F}{S} \text{ (lux)}$$

Em que:

E – iluminância, em lux (lx);

F - fluxo luminoso, em lumens (lm);

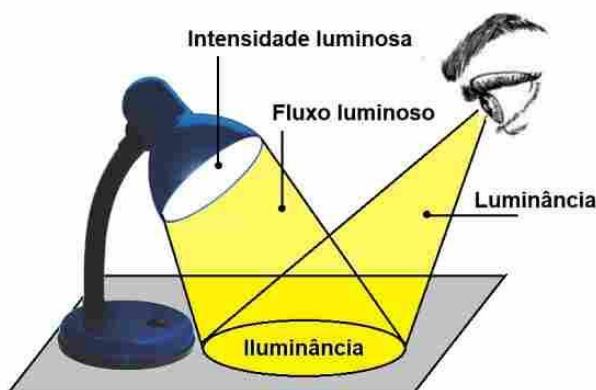
S - área da superfície iluminada, em metros quadrados (m²).

Gonçalves, Vianna e Moura (2011) definem a iluminância como a quantidade de fluxo luminoso que incide sobre uma superfície, destacando que, em ambientes reais, sua distribuição ocorre de forma não uniforme ao longo do espaço. Em razão dessa característica, os autores indicam que a avaliação das condições de iluminação deve considerar a iluminância média, obtida a partir de medições realizadas em diferentes pontos representativos do ambiente, a fim de verificar se os níveis atendem aos valores recomendados para a atividade desenvolvida. Esse procedimento possibilita a verificação das condições de desempenho visual. Segundo os autores, a determinação da iluminância é realizada de forma prática por meio do luxímetro, instrumento destinado à quantificação dessa grandeza luminotécnica, cujos resultados são expressos em lux, unidade padrão adotada para esse tipo de avaliação.

2.3.5 Luminância

A luminância é a grandeza fotométrica que descreve a intensidade da luz emitida, refletida ou transmitida por uma superfície em uma direção específica, observada sob determinado ângulo de visão. Segundo Nery (2012), essa grandeza expressa a parcela da luz que efetivamente se torna visível ao observador, após interagir com a superfície, e é medida em candela por metro quadrado (cd/m^2). A luminância, portanto, está diretamente associada à sensação de brilho percebida, constituindo um parâmetro fundamental para avaliar as condições visuais em um espaço.

Figura 5 - Representação da Luminância



Fonte: Viana (2019).

Os valores de luminância dependem não apenas da iluminância incidente, mas também das características físicas do material, como cor, textura e refletância (Nery, 2012). Superfícies claras e com alta capacidade de reflexão tendem a apresentar luminâncias elevadas, enquanto superfícies escuras ou com pouca refletividade resultam em luminâncias menores, mesmo sob as mesmas condições de iluminância. Essa relação evidencia que a percepção visual é influenciada tanto pela quantidade de luz disponível quanto pelas propriedades das superfícies presentes no ambiente.

Complementando essa perspectiva, Mamede (2017) destaca que a luminância está ligada ao processo perceptivo do observador, por ser a medida física que corresponde ao estímulo capaz de gerar a sensação de claridade. O autor explica que grandezas como fluxo luminoso, intensidade luminosa e iluminância não são percebidas diretamente pelo olho humano; elas somente se tornam perceptíveis quando a luz é refletida ou emitida por uma superfície, fenômeno que caracteriza a luminância.

Boyce (2014) explica que superfícies submetidas ao mesmo nível de iluminância podem apresentar valores distintos de luminância, em função de suas características de refletância. Materiais de coloração clara refletem maior quantidade de luz incidente, resultando em luminâncias mais elevadas, enquanto superfícies mais escuras refletem menos luz e, conseqüentemente, apresentam menor luminância. Dessa forma, o autor destaca que a percepção do brilho em um ambiente não depende apenas da quantidade de luz que incide sobre as superfícies, mas também da maneira como essa luz é refletida em direção ao observador.

2.2.6 Índice de Reprodução de Cor (IRC ou R_a)

O Índice de Reprodução de Cor (IRC) é um parâmetro utilizado para avaliar a capacidade de uma fonte luminosa de reproduzir as cores dos objetos de maneira fiel. Segundo Moreira (1999), esse índice expressa o grau de correspondência entre a cor real de um objeto e a aparência resultante quando iluminado artificialmente, sendo representado por um valor que varia de 0 a 100. Quanto mais próximo de 100, maior é a precisão cromática percebida pelo observador.

Feldman (2004) descreve que o IRC é determinado por um método padronizado internacionalmente, estabelecido pela Comissão Internacional de Iluminação (CIE). Nesse procedimento, a luz emitida por uma fonte é comparada com a luz natural do dia, utilizando oito cores de referência para medir a fidelidade cromática. A diferença percebida em cada cor gera um valor percentual, de modo que quanto maior for o desvio, menor é o índice obtido. Com base nesse método, os valores do IRC podem ser classificados como: 50 a 80, indicando reprodução de cor razoável; 80 a 90, reprodução de cor boa; e 90 a 100, reprodução de cor muito boa, permitindo avaliar a qualidade da luz em termos de percepção das cores.

Feldman (2004) complementa essas definições ao descrever que o IRC é determinado por um método padronizado pela Comissão Internacional de Iluminação (CIE), que compara o comportamento cromático de uma fonte de luz com a luz natural do dia. O processo é realizado por meio da análise de oito cores de referência, estimando-se o desvio cromático provocado pela fonte avaliada. Quanto maior o desvio em relação ao padrão, menor será o índice obtido. Com base nessa metodologia, o autor classifica o IRC em faixas que variam desde níveis regulares até valores que indicam excelente reprodução de cor. Com base nesse método, os valores do IRC podem ser classificados como: 50 a 80, indicando reprodução de cor razoável; 80 a 90, reprodução de cor boa; e 90 a 100, reprodução de cor muito boa, permitindo avaliar a qualidade da luz em termos de percepção das cores.

A Tabela 1 apresenta a classificação proposta por Moreira (1999), relacionando intervalos de IRC às respectivas categorias de desempenho cromático.

Tabela 1 - Índice de Reprodução de Cores (IRC)

Nível	Classificação	Reprodução	Aplicações
Nível 1	1a: 90 – 100 1b: 80 – 90	Excelente Muito boa	Testes de cor, floricultura, lojas, shoppings, residências.
Nível 2	2a: 70 – 80 2b: 60 – 70	Boa Razoável	Escritórios, ginásios, fábricas, oficinas.
Nível 3	40 – 60	Regular	Depósitos, postos de gasolina.
Nível 4	20 – 40	Insuficiente	Ruas, canteiros de obras, estacionamentos.

Fonte: Adaptado de Moreira (1999).

A análise dos valores apresentados na Tabela 1 indica que fontes com IRC entre 90 e 100 apresentam reprodução de cores excelente, sendo recomendadas para aplicações que demandam alta fidelidade cromática, como testes de cor e ambientes comerciais específicos. Faixas intermediárias, entre 70 e 90, apresentam reprodução de cores boa a muito boa e atendem adequadamente a ambientes como escolas, escritórios e áreas industriais, conforme o tipo de atividade visual. Já índices inferiores a 60 caracterizam reprodução regular a insuficiente, sendo geralmente destinados a locais com menor exigência de distinção cromática, como depósitos e áreas externas. Ressalta-se, entretanto, que a especificação de IRC muito elevado (próximo de 100) tende a aumentar o custo da solução luminotécnica; assim, a seleção do IRC deve ser compatível com o requisito da tarefa e com critérios de viabilidade técnico-econômica, evitando superdimensionamento.

2.3.7 Temperatura da cor

A temperatura de cor é um parâmetro utilizado para caracterizar a aparência cromática da luz emitida por uma fonte, expressa em Kelvin (K), estando associada à sensação visual percebida no ambiente. Conforme Feldman (2004), valores mais elevados de temperatura de cor estão relacionados a uma luz de tonalidade mais fria (tendência ao azulado), enquanto valores mais baixos correspondem a uma luz mais quente (tendência ao amarelado).

O manual luminotécnico da OSRAM relaciona o conceito ao comportamento de um corpo metálico aquecido, cuja emissão luminosa evolui do vermelho para o branco à medida que a temperatura aumenta, de modo que tons de “branco mais claro”, próximos à luz diurna

por volta de 6500 K, indicam temperatura de cor mais elevada, enquanto a luz amarelada típica de lâmpadas incandescentes situa-se em torno de 2700 K. Adicionalmente, o mesmo material ressalta que a cor da luz não interfere na eficiência energética da lâmpada, não sendo adequada a interpretação de que luz mais “clara” implica maior potência, devendo a especificação da temperatura da cor ser orientada por critérios de conforto visual e adequação ao uso do ambiente (OSRAM, 2000).

Mamede (2002) e Nery (2012) explicam que a temperatura de cor permite classificar qualitativamente a aparência da luz emitida pelas fontes luminosas. Segundo os autores, temperaturas de cor mais baixas, em torno de 2.700 K a 3.000 K, geram luz de tonalidade quente, com aspecto amarelado e associada à sensação de aconchego. Valores intermediários, entre 4.000 K e 5.000 K, produzem luz neutra, caracterizada por maior equilíbrio cromático e adequada à maioria dos ambientes internos. Já temperaturas próximas de 6.500 K resultam em luz fria, de tonalidade azulada, que tende a criar uma atmosfera mais clara e estimulante. Essas variações demonstram que a temperatura de cor influencia diretamente a percepção visual e a ambientação dos espaços iluminados.

De acordo com Boyce (2014), a temperatura de cor e o Índice de Reprodução de Cor (IRC) constituem parâmetros distintos, porém complementares, para a avaliação da qualidade da iluminação. A temperatura de cor descreve a aparência da luz emitida pela fonte, variando entre tonalidades quentes, neutras ou frias conforme sua posição na escala de Kelvin, enquanto o IRC expressa o grau de fidelidade cromática proporcionado por essa luz ao iluminar diferentes superfícies. O autor destaca que fontes luminosas com IRC elevado tendem a reproduzir as cores com maior precisão, independentemente da temperatura de cor; contudo, temperaturas de cor muito baixas ou demasiadamente altas podem alterar a percepção das tonalidades, dificultando a distinção entre cores e influenciando negativamente o conforto visual.

2.3.8 Ofuscamento

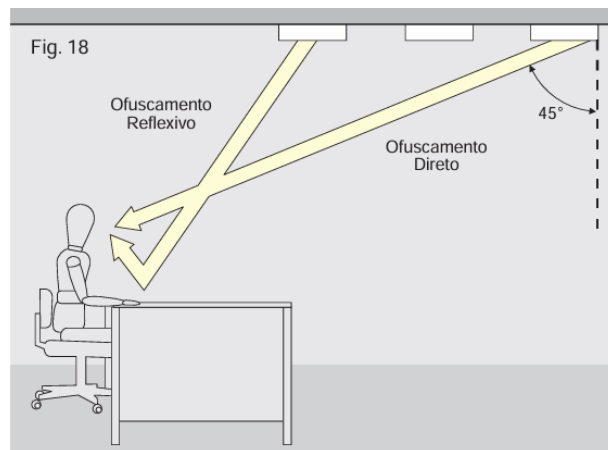
O estudo da iluminação em ambientes construídos não envolve apenas a quantidade de luz, mas também a qualidade com que ela é percebida pelo observador. Entre os fatores que podem comprometer o conforto visual está o ofuscamento, fenômeno frequentemente discutido na literatura por sua relevância em projetos de iluminação.

O ofuscamento resulta de diferenças significativas de luminância no campo visual ou de variações abruptas na percepção da luz, podendo ocasionar desconforto visual, fadiga e até perda momentânea da capacidade de enxergar detalhes (Lopes, 2006). O autor explica que sua

ocorrência depende de fatores como a intensidade luminosa da fonte, o tempo de exposição, a relação de luminância entre a fonte e o seu entorno e a posição relativa da fonte de luz em relação à área de trabalho. Nessa perspectiva, Lopes distingue duas categorias: i) ofuscamento direto, provocado pelas próprias fontes luminosas dentro do campo de visão; ii) ofuscamento indireto, causado pelo reflexo da luz sobre superfícies, como mesas, telas ou paredes.

O ofuscamento se manifesta quando há excesso de luminância proveniente de uma fonte luminosa, ultrapassando a capacidade de adaptação do sistema visual (Mamede, 2017). O autor ressalta que sua ocorrência pode ser mitigada por meio de estratégias de controle, como o uso de difusores, colmeias, materiais opacos e dispositivos que direcionam e distribuem a luz de maneira mais uniforme, confortável e adequado às atividades realizadas. A Figura 6 ilustra a diferença entre o ofuscamento direto e o indireto, evidenciando como a posição da fonte luminosa e o comportamento das superfícies refletoras influenciam a percepção visual.

Figura 6 - Tipos de Ofuscamento



Fonte: OSRAM (2005).

Após a identificação dos tipos de ofuscamento, torna-se relevante considerar os métodos utilizados internacionalmente para sua avaliação. Mamede (2017) destaca que diversos países europeus adotam critérios específicos baseados na satisfação visual dos observadores, nos níveis de luminância das luminárias, no ângulo de visão (φ) e nas dimensões do campo observado (D e H). Entre esses métodos, o ângulo de 45° é frequentemente adotado como referência, servindo como limite para a definição dos valores máximos de luminância permitidos quando luminárias são avaliadas na direção normal da visão. Esse parâmetro auxilia na prevenção do desconforto visual e orienta a escolha adequada das luminárias e de seus acabamentos ópticos.

2.4 SISTEMAS DE ILUMINAÇÃO EM AMBIENTES CONSTRUÍDOS

A iluminação nos ambientes construídos pode ser caracterizada a partir de dois sistemas principais: a iluminação natural e a iluminação artificial. Gonçalves, Vianna e Moura (2011) indicam que a iluminação natural é proveniente da luz solar e apresenta variações ao longo do tempo, influenciadas por fatores como a época do ano, data, hora do dia, condições climáticas e a qualidade do ar. Por sua vez, a iluminação artificial é gerada por fontes de energia elétrica e possibilita maior controle das condições luminosas do ambiente, especialmente no que se refere à intensidade, à distribuição espacial e à direção da luz, permitindo a manutenção de níveis de iluminância mais estáveis e previsíveis.

Embora a iluminação natural apresente benefícios associados ao bem-estar e à eficiência energética, sua variabilidade temporal pode resultar em períodos de insuficiência luminosa. Gonçalves, Vianna e Moura (2011) indicam que, nessas condições, a adoção da iluminação artificial é necessária para assegurar níveis adequados de iluminância e a continuidade do uso dos ambientes. De forma complementar, Pinto *et al.* (2013) destacam que a iluminação artificial deve atuar como sistema complementar à iluminação natural, garantindo a estabilidade dos níveis de iluminância ao longo do período de ocupação.

A dependência da iluminação artificial intensificou-se ao longo do desenvolvimento social e urbano. Lucena (2015) observa que o prolongamento das jornadas de trabalho e estudo, aliado à expansão dos ambientes internos, demandou sistemas artificiais capazes de proporcionar condições visuais adequadas em qualquer horário. Nesse contexto, a luz artificial passou a desempenhar não apenas a função de clarear ambientes, mas também de proporcionar condições adequadas para a realização das tarefas cotidianas especialmente em períodos noturnos.

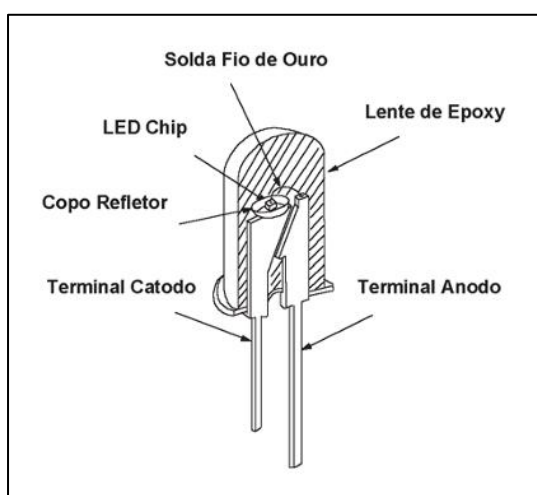
Além da distinção entre sistemas naturais e artificiais, a literatura luminotécnica enfatiza a importância de harmonizar esses dois componentes. A escolha da fonte luminosa e suas características, como temperatura de cor e reprodução cromática, deve considerar o comportamento da luz natural ao longo do dia. Nesse sentido, Negrisoni (2022) argumenta que a iluminação artificial deve buscar coerência com as condições naturais, recomendando o uso de lâmpadas de tonalidade quente em níveis reduzidos de iluminância e lâmpadas de tonalidade fria quando se deseja maior intensidade luminosa. A orientação apresentada pelo autor reforça a importância de selecionar lâmpadas que harmonizem com o tipo de atividade desenvolvida e com a quantidade de iluminância requerida no ambiente.

2.4.1 Lâmpadas de LED

A evolução dos Diodos emissores de luz (LEDs) transformou de maneira significativa o setor de iluminação, possibilitando soluções mais eficientes, duráveis e sustentáveis. Inicialmente utilizados apenas como indicadores luminosos em equipamentos eletrônicos, os LEDs passaram a desempenhar funções mais complexas à medida que seu fluxo luminoso foi aprimorado. De acordo com o Procel (2011), a descoberta de tecnologias capazes de gerar luz branca permitiu que esses dispositivos deixassem de ser usados exclusivamente como sinalizadores para se tornarem alternativas viáveis à iluminação geral, substituindo com eficiência as lâmpadas tradicionais.

O avanço tecnológico dos LEDs também está associado a benefícios ambientais e à redução do consumo energético. Santos *et al.* (2015) destacam que as lâmpadas LED se diferenciam das tecnologias de lâmpadas como as incandescentes e fluorescentes, por apresentarem menor demanda de energia, maior vida útil e ausência de substâncias tóxicas em sua composição. Essas características reduzem o impacto ambiental relacionado ao descarte, que no caso das lâmpadas fluorescentes exige cuidados especiais devido à presença de mercúrio. A durabilidade dos LEDs, superior às tecnologias anteriores, contribui ainda para a diminuição da frequência de substituições e, conseqüentemente, da geração de resíduos.

Figura 7 - Representação Interna de um Led



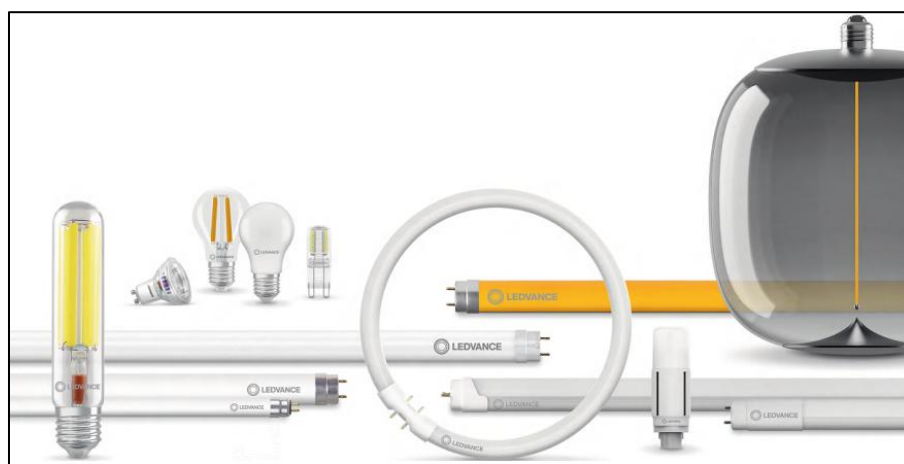
Fonte: LaPro – LEDs (2004).

As lâmpadas LED representam um marco no desenvolvimento da iluminação artificial, em razão do elevado rendimento luminoso, do custo acessível e da longa durabilidade, que pode variar entre 20.000 e 50.000 horas, dependendo da aplicação e do fabricante (Miranda, 2022).

O autor ressalta que os LEDs oferecem economia de energia que pode alcançar até 80% quando comparados a fontes incandescentes e fluorescentes, apresentando ainda a vantagem de não emitirem radiação infravermelha ou ultravioleta em níveis significativos, o que favorece maior segurança em ambientes internos.

A diversidade de modelos disponíveis no mercado permite que as lâmpadas LED atendam a diferentes demandas luminotécnicas, desde aplicações residenciais até ambientes industriais e comerciais. A Figura 8 apresenta alguns dos principais formatos, evidenciando a versatilidade da tecnologia LED em termos de design e aplicação.

Figura 8 - Modelos de Lâmpadas de LED



Fonte: Catálogo LEDVANCE (2025).

Nos últimos anos, o desenvolvimento dessa tecnologia impulsionou o surgimento de soluções mais avançadas, incluindo funcionalidades inteligentes de controle e personalização. De acordo com a Ledvance (2025), a nova geração de lâmpadas LED incorpora funcionalidades adicionais que ultrapassam o simples fornecimento de luz, oferecendo recursos inteligentes de controle e personalização. Um exemplo são as lâmpadas equipadas com controle remoto RGBW, que permitem ajustar a temperatura e a cor da luz, alterar o brilho, selecionar cenários de iluminação e até controlar múltiplas lâmpadas simultaneamente em um mesmo ambiente. Além das aplicações residenciais e comerciais, outro exemplo é o desenvolvimento dos tubos LED T8 com tecnologia Chip Control, projetados para ambientes que exigem iluminação sem radiação ultravioleta (UV), como as chamadas *yellow rooms*.

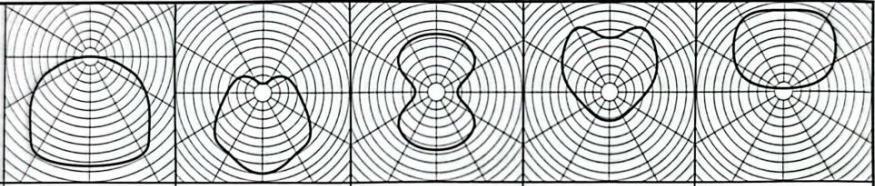
2.4.2 Luminárias

As luminárias desempenham papel fundamental nos sistemas de iluminação, atuando como o elemento que intermedia a fonte luminosa e o ambiente iluminado (Cavalin; Cervelin, 2009). Sua principal função é otimizar o aproveitamento do fluxo luminoso, direcionando-o de forma adequada ao plano de trabalho e garantindo eficiência óptica, desempenho adequado e conforto visual. Além de sustentarem as lâmpadas, as luminárias também controlam, filtram ou distribuem o fluxo emitido, influenciando diretamente o comportamento da luz no espaço.

Segundo Moreira (1999, p. 97), “os aparelhos de iluminação, ou seja, as luminárias, são equipamentos que recebem a fonte de luz (lâmpada) e modificam a distribuição espacial do fluxo luminoso produzido pela mesma”. Essa definição evidencia o papel técnico e funcional das luminárias nos sistemas de iluminação, uma vez que sua atuação vai além do simples suporte da fonte luminosa. Ao direcionar, difundir ou controlar o fluxo emitido, as luminárias assumem função essencial na organização da luz no ambiente, influenciando diretamente o desempenho luminotécnico, a uniformidade da iluminação, a ocorrência de ofuscamento e a percepção de brilho.

A classificação das luminárias para ambientes internos pode ser compreendida a partir da proporção de fluxo luminoso direcionada para o semi-espaço superior e inferior, conforme apresentado por Moreira (1999). Esta abordagem considera um plano horizontal que atravessa o centro da luminária, permitindo identificar como a luz é distribuída no espaço. A Figura 9 ilustra essa classificação, diferenciando luminárias diretas, semidiretas, difusas, semi-indiretas e indiretas.

Figura 9 - Classificação das luminárias de acordo com o direcionamento do fluxo luminoso

Diversos sistemas de iluminação	Curva fotométrica						
	Classificação		Direta	Semi-direta	Mista	Semi-indireta	Indireta
	Distribuição do fluxo luminoso (%)		0 – 10	10 – 40	40 – 60	60 – 90	90 – 100
	Para o semi-espaço superior	Para o semi-espaço inferior	100 – 90	90 – 60	60 – 40	40 – 10	10 – 0

Fonte: Moreira (1999).

Conforme ilustrado na Figura 9, os sistemas de iluminação diferenciam-se pela proporção de fluxo luminoso direcionada aos semi-espacos superior e inferior, permitindo a seleção da luminária mais adequada às características do ambiente, às exigências da tarefa visual e ao nível de conforto visual requerido.

A iluminação direta concentra entre 90% e 100% do fluxo luminoso no semiespaço inferior, incidindo de forma intensa sobre o plano de trabalho. De acordo com Moreira (1999), esse tipo de luminária apresenta elevado rendimento luminoso e boa eficiência energética, indicado para ambientes que demandam altos níveis de iluminância. Entretanto, o autor ressalta que essa configuração pode resultar em maior risco de ofuscamento e menor uniformidade luminosa quando o projeto não contempla adequadamente os elementos ópticos ou a distribuição correta das luminárias no espaço.

Na iluminação indireta, entre 60% e 90% do fluxo luminoso é direcionado ao semi-espaco superior, atingindo o plano de trabalho apenas após a reflexão no teto e nas paredes. Apesar do menor rendimento luminoso, esse sistema produz uma iluminação mais suave e confortável, reduzindo contrastes e favorecendo ambientes que demandam maior controle visual. Para que o desempenho seja satisfatório, é necessário que as superfícies refletoras apresentem altos índices de refletância, como destaca Moreira (1999).

Os sistemas de iluminação semidireto e misto apresentam resultados geralmente mais favoráveis por associarem bom rendimento luminoso a uma apresentação visual adequada (Moreira, 1999). No sistema semidireto, cerca de 60% a 90% do fluxo luminoso é direcionado ao semiespaço inferior, enquanto a parcela restante é distribuída para o semiespaço superior. Já nos sistemas mistos, a distribuição ocorre de forma mais equilibrada, com aproximadamente 40% a 60% do fluxo luminoso destinado a cada semiespaço. Segundo o autor, essas características tornam esses sistemas especialmente adequados para aplicações que demandam bom desempenho luminoso aliado a uma apresentação visual mais agradável.

Outro aspecto relevante no desempenho luminotécnico é a depreciação do fluxo luminoso ao longo do tempo. Moreira (1999) explica que a iluminância tende a diminuir durante a vida útil da instalação devido a fatores como perda de refletância dos materiais, acúmulo de poeira, degradação dos difusores e redução gradual do fluxo luminoso das fontes de luz. Para mitigar esse efeito, o autor ressalta a importância de um plano de manutenção sistemática envolvendo limpeza periódica das luminárias, substituição preventiva das lâmpadas e verificação das condições das superfícies refletoras. Tais práticas preservam o desempenho do sistema e garantem condições visuais adequadas ao longo do tempo.

ANÁLISE DA NORMA ABNT NBR ISO/CIE 8995-1:2013 - ILUMINAÇÃO DE AMBIENTES DE TRABALHO: INTERIOR

A ABNT NBR ISO/CIE 8995-1:2013 é a norma atualmente vigente no Brasil que estabelece critérios técnicos para o projeto, a avaliação e a manutenção dos sistemas de iluminação em ambientes de trabalho. Esse documento normativo foi elaborado em substituição à antiga NBR 5413 – Iluminância de Interiores, norma nacional que, por um longo período, orientou os níveis mínimos de iluminância aplicáveis a diferentes tipos de ambientes internos. Publicada oficialmente pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) em março de 2013, a NBR ISO/CIE 8995-1 passou a constituir a principal referência nacional para o dimensionamento e o controle da qualidade luminotécnica, abrangendo aspectos relacionados à visibilidade, ao conforto visual e à eficiência energética.

Conforme destaca Giacobbo (2014), essa substituição ocorreu em função da necessidade de harmonizar os padrões brasileiros com as diretrizes internacionais estabelecidas pela International Organization for Standardization (ISO) e pela Comissão Internacional de Iluminação (CIE), promovendo maior alinhamento dos parâmetros luminotécnicos às práticas internacionais, bem como a adequação às evoluções tecnológicas e científicas do setor.

O Quadro 1 apresenta uma comparação entre as normas NBR 5413 e ABNT NBR ISO/CIE 8995-1:2013, evidenciando as principais modificações introduzidas com a atualização normativa.

Quadro 1 - Comparação dos critérios luminotécnicos da NBR 5413 e da ABNT NBR ISO/CIE 8995-1:2013

Fatores	NBR 5413:1992 – Iluminância de Interiores	NBR ISO/CIE 8995-1:2013 – Iluminação de Ambientes de Trabalho – Parte 1: Interior
Idade	Considerava a idade como fator relevante no projeto. Apresentava uma grade dividida em três faixas etárias: menores de 40 anos, entre 40 e 55 anos e acima de 55 anos.	Não contempla o fator idade.
Índice de Ofuscamento	Não contemplava o controle de ofuscamento.	Introduz parâmetros para ofuscamento direto e refletido, com valores de referência e salas-padrão para controle. A norma enfatiza o controle do ofuscamento como parte da qualidade visual.

Refletância	Classificava as superfícies em três faixas: até 30%, de 30% a 70% e acima de 70%.	Introduz parâmetros para ofuscamento direto e refletido, com valores de referência e salas-padrão para controle. A norma enfatiza o controle do ofuscamento como parte da qualidade visual.
Dificuldade e Precisão da Tarefa Visual	Dividia as tarefas em três categorias: sem importância, importante e crítica.	Considera a complexidade da tarefa visual em conjunto com o ofuscamento, o índice de reprodução de cor e a iluminância, apresentando valores de referência específicos para diferentes tipos de tarefas e ambientes.
Índice de Reprodução de Cor (IRC)	Não contemplava esse parâmetro.	Recomenda que o fabricante forneça o valor do IRC das lâmpadas utilizadas, permitindo controle da fidelidade cromática.
Área de Tarefa e Entorno Imediato	Não contemplava esse parâmetro.	Define área de tarefa como a zona onde a atividade é executada e o entorno imediato como uma faixa de 0,5 m ao redor do plano de trabalho, com valores distintos de iluminância para cada área.
Manutenção	Não abordava manutenção	O Anexo D apresenta recomendações sobre manutenção, incluindo depreciação de lâmpadas, limpeza de luminárias e superfícies, e sugere fatores de manutenção conforme o tipo de ambiente e a periodicidade de limpeza.
Grade de Cálculos (Projetos Luminotécnicos)	Não contemplava critérios para cálculo computacional.	O Anexo B fornece critérios para elaboração de projetos em softwares de simulação, recomendando espaçamento entre luminárias e parâmetros geométricos para diferentes dimensões de salas.
Uniformidade	Não especificava parâmetros.	Recomenda que a uniformidade da iluminância seja superior a 0,7.
Temperatura de Cor	Não abordava esse aspecto.	Sugere valores mínimos de temperatura de cor adequados a determinados ambientes de trabalho, visando conforto e percepção visual.

Fonte: Adaptado de Giacobbo (2014).

Observa-se, a partir do comparativo apresentado por Giacobbo (2014), que a

substituição da NBR 5413 pela ABNT NBR ISO/CIE 8995-1:2013 representou uma evolução significativa nos critérios de avaliação luminotécnica adotados no Brasil. A norma atual deixou de se restringir à definição de valores mínimos de iluminância e passou a abranger aspectos mais amplos da qualidade da iluminação, tais como o controle do ofuscamento, a uniformidade luminosa, a refletância das superfícies, o índice de reprodução de cor e as diretrizes de manutenção dos sistemas de iluminação. Ademais, foram incorporados parâmetros de projeto voltados à análise computacional e à simulação luminotécnica, o que tornou o processo de dimensionamento mais rigoroso e alinhado às recomendações internacionais estabelecidas pela ISO e pela CIE.

A manutenção do sistema de iluminação constitui um dos aspectos abordados pela ABNT NBR ISO/CIE 8995-1:2013, uma vez que o desempenho luminotécnico de um ambiente não está relacionado apenas ao projeto inicial, mas também à preservação contínua das condições de operação ao longo do tempo. Nesse sentido, a norma indica que, com o decorrer do uso, ocorre a redução do fluxo luminoso fornecido pelo sistema de iluminação em função do envelhecimento das lâmpadas e das luminárias, bem como do acúmulo de sujeira, fatores que podem antecipar a perda do desempenho luminoso, dependendo das características dos equipamentos, das condições ambientais e do regime de operação (ABNT, 2013).

Diante desse cenário, a ABNT NBR ISO/CIE 8995-1:2013 estabelece o fator de manutenção (MF) como um parâmetro a ser considerado no projeto e na avaliação dos sistemas de iluminação. Esse fator expressa a relação entre a iluminância mantida e a iluminância inicial, incorporando as perdas naturais de fluxo luminoso associadas ao envelhecimento das lâmpadas, à degradação das luminárias e à acumulação de sujeira nas superfícies refletoras. A norma orienta que o fator de manutenção seja definido ainda na fase de projeto, considerando o tipo de ambiente, as condições de uso e a periodicidade das ações de limpeza, de modo a assegurar a manutenção dos níveis mínimos de iluminância ao longo da vida útil do sistema.

A ABNT NBR ISO/CIE 8995-1:2013 também dedica atenção à iluminância no entorno imediato da área de tarefa, indicando que esse nível de iluminância deve manter relação coerente com aquele adotado na própria tarefa, de modo a preservar o equilíbrio de luminância no campo visual, o conforto visual e o desempenho das atividades. Nesse contexto, a norma adverte que “mudanças drásticas nas iluminâncias ao redor da área de tarefa podem levar a um esforço visual estressante e desconforto” (ABNT, 2013, p. 5), razão pela qual variações acentuadas entre a área de tarefa e o seu entorno imediato devem ser evitadas em ambientes de uso contínuo.

A norma admite que a iluminância no entorno imediato seja inferior à da área de tarefa,

desde que não seja inferior aos valores mínimos recomendados, conforme apresentado na Tabela 2.

Tabela 2 - Valores de iluminância segundo a ABNT NBR ISO/CIE 8995-1:2013

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

Fonte: ABNT NBR ISO/CIE 8995-1 (2013).

A ABNT NBR ISO/CIE 8995-1:2013 aborda a luminância como um parâmetro qualitativo diretamente associado à percepção visual e ao conforto do usuário em ambientes de trabalho. Diferentemente da iluminância, que se refere à quantidade de luz incidente sobre uma superfície, a luminância está relacionada à luz refletida ou emitida pelas superfícies e percebida pelo observador, sendo determinante para a sensação visual durante a execução das atividades.

Nesse contexto, a norma enfatiza que a distribuição adequada das luminâncias no campo de visão é fundamental para preservar o equilíbrio visual e reduzir o esforço ocular. Diferenças excessivas de luminância entre a área de tarefa, o entorno imediato e o plano de fundo podem gerar desconforto visual, dificultar a adaptação do sistema visual e comprometer o desempenho das tarefas, especialmente em ambientes de uso contínuo, como os educacionais.

A ABNT NBR ISO/CIE 8995-1:2013 também relaciona a luminância ao fenômeno do ofuscamento, em especial ao ofuscamento direto provocado por luminárias com elevados níveis de luminância posicionadas no campo visual do usuário. Para o controle desse efeito, a norma adota o Índice de Ofuscamento Unificado (UGR), que considera a luminância das luminárias, sua posição em relação ao observador, bem como as características geométricas e refletivas do ambiente. Dessa forma, ainda que a norma não estabeleça valores numéricos mínimos ou máximos de luminância, seus efeitos são controlados por meio da limitação do ofuscamento.

Além disso, a norma destaca a influência das propriedades refletivas das superfícies internas, como teto, paredes, piso e mobiliário, sobre a luminância do ambiente. Superfícies com refletâncias adequadas favorecem uma distribuição mais homogênea da luminância, reduzem contrastes excessivos e auxiliam no aproveitamento do fluxo luminoso disponível. Por esse motivo, a ABNT NBR ISO/CIE 8995-1:2013 recomenda que as características das superfícies sejam consideradas ainda na fase de projeto luminotécnico, como parte integrante

da avaliação da qualidade da iluminação.

Em síntese, a abordagem da luminância na ABNT NBR ISO/CIE 8995-1:2013 reforça que a qualidade da iluminação não depende apenas do atendimento aos níveis de luminância recomendados, mas também do controle dos contrastes de luminância e do ofuscamento, assegurando condições adequadas de conforto visual e desempenho nas atividades desenvolvidas.

3.1 ILUMINÂNCIA MÉDIA E UNIFORMIDADE LUMINOSA SEGUNDO A ABNT NBR ISO/CIE 8995-1:2013

A ABNT NBR ISO/CIE 8995-1:2013 estabelece a iluminância média e a uniformidade luminosa como parâmetros fundamentais para a avaliação da qualidade dos sistemas de iluminação em ambientes de trabalho. Esses critérios permitem verificar não apenas a quantidade de luz disponível para a execução das tarefas visuais, mas também a forma como essa luz se distribui no espaço, influenciando diretamente o conforto visual, a adaptação do sistema visual e o desempenho dos usuários.

A norma estabelece que a adequação luminotécnica de um ambiente não deve ser avaliada com base em um único parâmetro isolado, como a iluminância. Além disso, a ABNT NBR ISO/CIE 8995-1:2013 orienta que esses parâmetros sejam analisados de forma integrada com outros critérios luminotécnicos, como a luminância, controle do ofuscamento, índice de reprodução de cor e as características do entorno da tarefa, de modo a assegurar condições adequadas de conforto visual e desempenho nas atividades desenvolvidas.

3.1.1 Iluminância Média e Iluminância Mantida

A iluminância média corresponde ao valor médio da iluminância incidente sobre o plano de trabalho e expressa a quantidade global de luz disponível para a realização da tarefa visual. De acordo com a ABNT NBR ISO/CIE 8995-1:2013, esse parâmetro deve atender aos valores recomendados em função do tipo de atividade desenvolvida, considerando a complexidade da tarefa visual, a necessidade de precisão e as características do ambiente.

A norma adota o conceito de iluminância mantida, que corresponde ao valor mínimo de iluminância que deve ser garantido ao longo do tempo de operação do sistema de iluminação, considerando a redução do fluxo luminoso decorrente do envelhecimento das lâmpadas, da degradação das luminárias e do acúmulo de sujeira. Dessa forma, os níveis de iluminância

definidos em projeto e utilizados na avaliação devem assegurar que os valores mínimos recomendados sejam preservados durante todo o período de uso do sistema.

Embora distintos, os conceitos de iluminância média e iluminância mantida são diretamente relacionados, uma vez que a avaliação da conformidade luminotécnica é realizada por meio da comparação entre a iluminância média medida no ambiente e a iluminância mantida mínima exigida pela ABNT NBR ISO/CIE 8995-1:2013.

3.1.2 Uniformidade da Iluminância

A ABNT NBR ISO/CIE 8995-1:2013 aborda a uniformidade da iluminância como um critério de qualidade luminotécnica diretamente relacionado ao conforto visual. Esse parâmetro expressa o grau de homogeneidade da distribuição da luz sobre o plano de trabalho e é definido pela razão entre a iluminância mínima e a iluminância média.

De acordo com a norma, a uniformidade deve ser avaliada tanto na área de tarefa quanto no entorno imediato, de modo a evitar variações excessivas de iluminância que possam provocar contrastes acentuados no campo visual. Para a área de tarefa, a ABNT NBR ISO/CIE 8995-1:2013 recomenda que a uniformidade da iluminância seja igual ou superior a 0,7, assegurando uma distribuição luminosa mais homogênea. No entorno imediato, a norma estabelece que a uniformidade não deve ser inferior a 0,5, de forma a manter a coerência luminosa entre as diferentes zonas do campo visual e preservar o conforto visual dos usuários.

A norma destaca que níveis reduzidos de uniformidade indicam a presença de zonas com iluminâncias significativamente inferiores à média, o que exige maior adaptação do sistema visual e pode resultar em desconforto e fadiga ao longo do tempo, especialmente em ambientes de uso contínuo.

METODOLOGIA E DESENVOLVIMENTO DA PESQUISA

4.1 LOCAL DE ESTUDO

O local de desenvolvimento da pesquisa foi o Instituto Federal de Goiás – Câmpus Itumbiara, criado no contexto da expansão da Rede Federal de Educação Profissional, Científica e Tecnológica, autorizada pela Portaria nº 693/2008, publicada no Diário Oficial da União em 10 de junho de 2008. A implantação do campus teve como finalidade ampliar a oferta de educação técnica e superior na região sul do estado de Goiás, considerando o potencial industrial e agroindustrial do município de Itumbiara.

O campus, apresentado na Figura 10, possui horário de funcionamento das 07h às 22h30, oferecendo cursos nos períodos vespertino e noturno. A instituição oferta cursos técnicos integrados ao Ensino Médio, como Técnico em Agroindústria (EJA), Técnico em Eletrotécnica e Técnico em Química, além do curso técnico subsequente em Eletrotécnica. No nível superior, são ofertados cursos de Engenharia Elétrica, Engenharia de Controle e Automação e Licenciatura em Química, bem como uma pós-graduação em Ensino de Ciências e Matemática.

A infraestrutura do IFG Câmpus Itumbiara é composta por uma área superior a 113.000 m², contemplando salas de aula, biblioteca, anfiteatro, sala de videoconferência e diversos laboratórios especializados, incluindo os de Informática, Indústria, Química, Física, Biologia, Fontes de Energia e o Laboratório IFMaker, além de espaços destinados a atividades esportivas. Esse conjunto de ambientes proporciona condições adequadas para o desenvolvimento de atividades de ensino, pesquisa e extensão, bem como para a realização de estudos voltados à avaliação das condições de conforto ambiental, como a iluminação em salas de aula, foco desta pesquisa.

A infraestrutura do IFG Câmpus Itumbiara possui área superior a 113.000 m², abrangendo salas de aula, biblioteca, anfiteatro, sala de videoconferência e diversos laboratórios especializados (Informática, Indústria, Química, Física, Biologia, Fontes de Energia e IFMaker), além de espaços esportivos. Esse conjunto de ambientes possibilita o desenvolvimento de atividades de ensino, pesquisa e extensão e subsidia estudos de conforto ambiental, como a avaliação da iluminação em salas de aula, foco desta pesquisa.

Figura 10 - Local de estudo: Instituto Federal de Goiás – Câmpus Itumbiara



Fonte: Site IFG – Câmpus Itumbiara (2025).

O Instituto Federal de Goiás fundamenta suas atividades nos pilares do ensino, da pesquisa e da extensão, assegurando não apenas a formação técnica e superior dos estudantes, mas também o estímulo à pesquisa aplicada voltada ao desenvolvimento de soluções tecnológicas e à execução de projetos de extensão. Essas ações promovem a interação entre a instituição e a comunidade, favorecendo a difusão do conhecimento e o avanço científico e social no contexto regional.

4.1.1 Edificação Avaliada

A pesquisa foi realizada no bloco 100 do Câmpus, uma edificação que integra a estrutura original da unidade. Inicialmente projetado para atender a outras finalidades, esse prédio foi posteriormente adaptado para uso educacional, abrigando atualmente diversas salas de aula utilizadas de forma contínua para o desenvolvimento das atividades acadêmicas. Por se tratar de uma construção anterior à ampliação e modernização do Câmpus, esse espaço apresenta características construtivas e luminotécnicas distintas das edificações mais recentes, o que o caracteriza como um ambiente relevante para a análise proposta.

A escolha desse local teve como objetivo verificar se as condições de iluminação das salas de aula atendem às exigências estabelecidas pelas normas técnicas vigentes, bem como avaliar se essas condições favorecem o conforto visual e o desempenho das atividades educacionais. Além disso, o estudo possibilitou a análise do desempenho do sistema de iluminação existente, permitindo identificar eventuais oportunidades de adequação voltadas tanto ao bem-estar dos usuários quanto à melhoria da eficiência energética.

Para o desenvolvimento da pesquisa, foram consideradas salas de aula localizadas no bloco 100 do Instituto Federal de Goiás – Câmpus Itumbiara, selecionadas a partir de visitas

técnicas realizadas *in loco*. Essas visitas tiveram como finalidade o reconhecimento do ambiente escolar, a verificação da viabilidade para a execução das medições de iluminância e o levantamento das características físicas e luminotécnicas dos espaços analisados. Durante esse processo, avaliou-se a adequação das salas aos procedimentos metodológicos adotados, bem como a necessidade de realizar as medições em horários específicos, sem a presença de alunos, de modo a evitar interferências nos resultados e não comprometer o andamento das atividades acadêmicas. Algumas salas não foram incluídas no estudo por não estarem em uso no período da pesquisa ou por não atenderem aos critérios previamente estabelecidos para a análise.

4.2 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

O bloco 100 do câmpus abriga diversas salas de aula utilizadas regularmente para atividades acadêmicas nos períodos vespertino e noturno, configurando-se como um ambiente representativo para a análise das condições de iluminação artificial e suas implicações na qualidade do processo de ensino-aprendizagem. Considerando a predominância do uso da iluminação artificial no período noturno, as avaliações foram realizadas exclusivamente nesse turno, de modo a refletir as condições reais de operação do sistema luminotécnico. As medições de iluminância foram efetuadas no mês de abril de 2025, especificamente nos dias 07, 09, 14 e 16, contemplando as condições atuais de funcionamento do sistema de iluminação existente nas salas de aula analisadas.

4.2.1 Características das Salas de Aula

As salas de aula selecionadas para a realização das medições de iluminância integram o bloco 100, localizadas no pavimento inferior da edificação. Para a organização e apresentação dos resultados, os ambientes foram identificados conforme a nomenclatura institucional, sendo designados como Sala 1, Sala 2, Sala 3 e Sala 4. A seleção dessas salas justifica-se por sua utilização recorrente no período noturno, condição que torna a avaliação das condições de iluminação artificial particularmente representativa.

Esses espaços são representativos da rotina escolar noturna do câmpus e foram registrados por meio de levantamento fotográfico, com o objetivo de documentar suas características físicas, a disposição das luminárias e possíveis interferências que possam impactar o conforto visual dos usuários durante as atividades desenvolvidas.

As salas de aula analisadas apresentam características construtivas padronizadas, típicas da edificação original do bloco 100. Cada sala possui dimensões aproximadas de 5,94 m de largura por 9,75 m de comprimento, com pé-direito de 3,16 m. Em relação à iluminação natural, os ambientes contam com três janelas dispostas lateralmente, com dimensões aproximadas de 2,57 m de comprimento por 1,48 m de altura, equipadas com grades metálicas de proteção, elemento recorrente na estrutura do bloco. Essas características podem ser observadas na Figura 11, que ilustra a configuração típica das salas estudadas.

Além das janelas laterais, as salas contam com três aberturas do tipo basculante, localizadas na parte superior das paredes, as quais podem ser abertas para favorecer a ventilação natural do ambiente.

Figura 11 - Disposição das Janelas



Fonte: Acervo pessoal (2025).

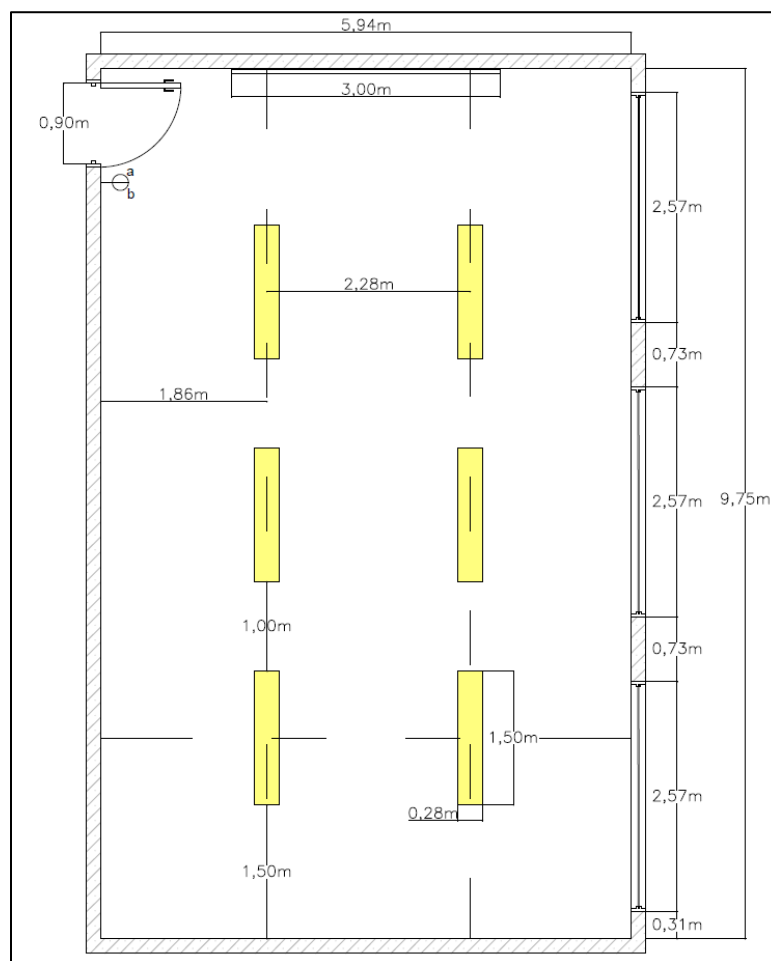
Essas dimensões refletem um padrão construtivo característico do bloco 100 do Câmpus Itumbiara, com ambientes de geometria predominantemente retangular e pé-direito compatível com a ventilação natural e a adequada instalação dos sistemas de iluminação artificial. As salas avaliadas possuem portas de madeira com dimensões aproximadas de 0,90 m de largura por 2,10 m de altura, pintadas na cor palha, conferindo ao ambiente um aspecto neutro e tradicional. O piso é composto por revestimento cerâmico retangular de cor avermelhada, com acabamento liso e aspecto brilhante, conforme ilustrado na Figura 12.

Figura 12 - Porta e Piso

Fonte: Acervo pessoal (2025).

As salas de aula analisadas apresentam um padrão cromático uniforme, refletindo uma padronização adotada na edificação. As paredes possuem acabamento em pintura na cor marfim, caracterizada por tonalidade clara e suave. O teto, pintado em branco, apresenta elevada capacidade de reflexão da luz artificial, auxiliando na distribuição luminosa no ambiente. As portas, com acabamento na cor palha, mantêm coerência cromática com os demais elementos construtivos, preservando a harmonia visual do espaço.

A Figura 13 apresenta o desenho do leiaute das salas de aula analisadas, com suas respectivas dimensões devidamente representadas. A planta ilustrativa possibilita a visualização da disposição do espaço interno, evidenciando a largura e o comprimento do ambiente, bem como a localização das janelas, portas e luminárias. Esse registro gráfico fundamenta a compreensão da distribuição dos pontos de medição adotados e da análise luminotécnica desenvolvida ao longo da pesquisa.

Figura 13 - Leiaute das salas de aulas

Fonte: Autoria própria (2025).

4.2.2 Tipos de Luminárias e Lâmpadas Utilizadas

As salas de aula analisadas são equipadas com luminárias reaproveitadas de modelos originalmente projetados para lâmpadas fluorescentes com reator, atualmente adaptadas para o uso de lâmpadas tubulares LED. Essa adaptação mantém a estrutura física das luminárias existentes, adequando-as à tecnologia LED empregada no sistema de iluminação artificial.

As luminárias são do tipo sobrepor, confeccionadas em alumínio com acabamento em pintura branca, e encontram-se fixadas diretamente ao teto por meio de parafusos. Cada luminária possui dimensões de 1,50 m de comprimento por 0,28 m de largura e apresenta fundo refletor metálico interno, elemento que auxilia na distribuição do fluxo luminoso no ambiente.

A disposição das luminárias ocorre de forma linear, organizadas em duas fileiras paralelas ao longo do comprimento da sala, com três luminárias por fileira. O espaçamento entre as luminárias é de aproximadamente 2,5m (centro a centro), configuração que influencia

diretamente a distribuição da iluminância no plano de trabalho.

A disposição e as características das luminárias descritas podem ser observadas na Figura 14, que ilustra sua instalação no ambiente das salas de aula analisadas.

Figura 14 - Luminárias da Lâmapda LED



Fonte: Acervo pessoal (2025).

A Tabela 3 apresenta as principais características técnicas de uma lâmpada LED equivalente à utilizada nas luminárias instaladas nas salas analisadas. Os parâmetros apresentados, como potência, fluxo luminoso, temperatura de cor, tensão de alimentação, tipo de soquete e eficiência luminosa, permitem a caracterização da fonte de luz adotada e subsidiam a análise do desempenho do sistema de iluminação.

Tabela 3 - Dados Elétricos e Fotométricos

	Voltage [V]	Frequency [Hz]	Power (100%) [W]	Lumen Flux(100%) [lm]	CCT [K]	PF	CRI (Ra)	Beam Angle (C0/180)
ST8E-0.6M 9W/830	220-240	50/60	9	855	3000	>0.5	≥80	>160°
ST8E-0.6M 9W/840	220-240	50/60	9	900	4000	>0.5	≥80	>160°
ST8E-0.6M 9W/865	220-240	50/60	9	900	6500	>0.5	≥80	>160°
ST8E-1.2M 18W/830	220-240	50/60	18	1710	3000	>0.5	≥80	>160°
ST8E-1.2M 18W/840	220-240	50/60	18	1800	4000	>0.5	≥80	>160°
ST8E-1.2M 18W/865	220-240	50/60	18	1800	6500	>0.5	≥80	>160°]
ST8E-1.5M 20W/830	220-240	50/60	18	1900	3000	>0.5	≥80	>160°
ST8E-1.5M 20W/840	220-240	50/60	20	2000	4000	>0.5	≥80	>160°
ST8E-1.5M 20W/865	220-240	50/60	20	2000	6500	>0.5	≥80	>160°

Fonte: OSRAM SubstiTUBE Eco EM T8.

O sistema de acionamento das luminárias é realizado por comandos independentes. As luminárias estão distribuídas em duas fileiras, sendo cada fileira acionada por uma tecla distinta de um interruptor duplo, o que possibilita o controle separado do funcionamento das luminárias. Essa configuração, conforme pode ser visualizada na Figura 15, permite o ajuste do nível de iluminação de acordo com as necessidades das atividades desenvolvidas no ambiente, proporcionando maior flexibilidade no uso da iluminação artificial.

Figura 15 - Divisão dos Circuitos das Luminárias



Fonte: Acervo pessoal (2025).

As imagens apresentadas permitem compreender a disposição do sistema de acionamento das luminárias, destacando a divisão das fileiras e o funcionamento do interruptor duplo. Essa configuração favorece o controle do uso da iluminação artificial e possibilita a adequação do nível de luz às necessidades das atividades desenvolvidas no ambiente, podendo resultar na redução do consumo de energia em situações que não demandem a utilização integral do sistema de iluminação.

Durante a avaliação das luminárias e lâmpadas instaladas nas salas analisadas, observou-se que, de modo geral, os equipamentos encontram-se em condições satisfatórias de conservação e limpeza. Nas inspeções realizadas *in loco*, não foram identificadas lâmpadas queimadas ou com funcionamento comprometido, condição que favorece a manutenção da uniformidade da iluminação no ambiente. As superfícies das luminárias apresentaram-se livres de acúmulo excessivo de poeira ou sujeira, aspecto relevante para a preservação da eficiência luminosa e para a minimização de perdas no fluxo luminoso emitido pelas lâmpadas.

4.2.3 Organização espacial das salas

As salas de aula apresentam uma organização espacial funcional, composta por quatro fileiras de cadeiras destinadas aos alunos, conforme ilustrado na Figura 17. Duas dessas fileiras encontram-se posicionadas junto às paredes laterais, enquanto as outras duas estão dispostas de forma centralizada e padronizada, mantendo espaçamentos regulares entre si. Essa configuração favorece a circulação no ambiente e a visibilidade dos alunos em relação à área frontal da sala. Cada fileira comporta, em média, entre 8 e 10 cadeiras, organizadas de modo a otimizar o aproveitamento do espaço disponível.

Na parede frontal da sala, centralizado em relação às fileiras de cadeiras, encontra-se instalado um quadro branco de vidro, com dimensões de 3,0 m de largura por 1,2 m de altura. Ao lado do quadro está posicionada a mesa do professor, como demonstrado na Figura 16.

Figura 16 - Fotografia frontal das salas



Fonte: Acervo pessoal (2025).

As salas 01 e 03, assim como as salas 02 e 04, compartilham entre si a mesma parede frontal, onde estão instalados os quadros utilizados durante as aulas. Devido à simetria estrutural e à disposição interna, a mesa do professor costuma ser posicionada no lado direito do quadro em algumas salas e no lado esquerdo em outras. Essa alternância ocorre de forma padronizada conforme a orientação da planta do edifício, respeitando o leiaute e a circulação interna, sem prejuízo à funcionalidade do ambiente.

4.3 PROCEDIMENTOS DE MEDIÇÃO DA ILUMINÂNCIA

4.3.1 Equipamento Utilizado

Para a realização das medições de iluminância, foi utilizado o luxímetro digital Metrins, modelo INS-1366, conforme apresentado na Figura 17. Trata-se de um equipamento adequado para aplicações luminotécnicas e amplamente empregado em avaliações de sistemas de iluminação. O instrumento é dotado de sensor fotodiodo de silício, responsável pela captação da radiação luminosa incidente e pela conversão dos dados em valores de iluminância, expressos em lux (lx).

A escolha desse equipamento baseou-se na sua confiabilidade e precisão para a medição de diferentes tipos de fontes luminosas, incluindo lâmpadas LED, atualmente predominantes em ambientes educacionais. Dessa forma, o uso do luxímetro adotado assegura a obtenção de dados compatíveis com os requisitos técnicos necessários à avaliação do desempenho luminotécnico dos ambientes analisados.

Figura 17 - Luxímetro digital Metrins INS-1366



Fonte: Manual de instruções Metrins.

A seleção adequada do luxímetro é um aspecto relevante para a obtenção de medições confiáveis, especialmente em ambientes iluminados por lâmpadas LED, cujos espectros luminosos diferem daqueles das lâmpadas fluorescentes ou incandescentes tradicionais. A utilização de instrumentos inadequados pode resultar em leituras imprecisas da iluminância,

comprometendo a análise do desempenho luminotécnico do ambiente. Dessa forma, torna-se necessário o uso de equipamentos dotados de sensores apropriados para a medição de diferentes espectros de luz.

Embora a ABNT NBR ISO/CIE 8995-1:2013 não estabeleça requisitos específicos quanto à calibração de luxímetros, a verificação da calibração do instrumento é uma prática recomendada por normas e diretrizes voltadas às avaliações fotométricas. Nesse contexto, a Norma de Higiene Ocupacional NHO 11, elaborada pela Fundacentro, apresenta orientações relacionadas à calibração de instrumentos utilizados na medição da iluminância, visando assegurar a confiabilidade e a reprodutibilidade dos dados obtidos.

A calibração do equipamento assegura que as medições realizadas estejam compatíveis com os padrões técnicos aplicáveis, evitando desvios que possam influenciar os resultados da análise. No presente estudo, a calibração do luxímetro foi previamente verificada antes do início das medições, garantindo a precisão dos dados coletados e a confiabilidade das análises desenvolvidas. O certificado de calibração do equipamento encontra-se disponível no Anexo .

4.3.2 Método de Medição

A avaliação da iluminância em ambientes internos deve ser realizada com base em procedimentos padronizados, a fim de assegurar medições representativas das condições reais de iluminação. Para o desenvolvimento deste estudo, adotou-se o método das malhas, conforme as diretrizes estabelecidas pela ABNT NBR ISO/CIE 8995-1:2013, que apresenta orientações para a avaliação luminotécnica em ambientes de trabalho e educacionais.

De acordo com a norma, a sala de aula deve ser considerada como uma única área de trabalho, não se restringindo a regiões específicas, como mesas ou o quadro de ensino (ABNT, 2013, p. 28). Essa abordagem fundamenta-se no fato de que o leiaute das salas pode ser reorganizado conforme as necessidades pedagógicas, permitindo a redistribuição das carteiras e demais mobiliários. Além disso, os alunos não possuem posições fixas, podendo ocupar diferentes locais ao longo do período. Dessa forma, torna-se necessário que a iluminação apresente distribuição adequada em toda a área da sala, garantindo condições visuais satisfatórias em qualquer ponto do ambiente.

A adoção do método das malhas justifica-se pela necessidade de uma análise detalhada e compatível com os requisitos normativos, possibilitando a verificação da iluminância média e da uniformidade luminosa no plano de trabalho. Esse procedimento permite comparar os valores obtidos com os critérios estabelecidos pela norma, assegurando que os níveis de

iluminação atendam às exigências relacionadas ao conforto visual e ao desempenho das atividades educacionais. Na sequência, são apresentados os procedimentos adotados para a aplicação do método das malhas, incluindo a definição dos pontos de medição e os critérios utilizados na avaliação dos resultados.

4.3.2.1 Método das Malhas

O primeiro passo para a aplicação do método das malhas consiste na definição dos pontos de medição da iluminância, conforme estabelecido pela ABNT NBR ISO/CIE 8995-1:2013. De acordo com a norma, a área da sala deve ser subdividida em uma malha regular, sobre a qual são realizadas as medições, permitindo o cálculo da iluminância média e da uniformidade luminosa do ambiente.

A norma estabelece critérios para a definição do espaçamento entre os pontos de medição, em função das dimensões do ambiente analisado. A Tabela 4 apresenta os valores recomendados para o tamanho das malhas, conforme as diretrizes normativas.

Tabela 4 - Tamanho das malhas

Ambiente	Maior dimensão da zona ou sala d	Tamanho da malha p
Área da tarefa	Aproximadamente 1 m	0,2 m
Salas/zonas de salas pequenas	Aproximadamente 5 m	0,6 m
Salas médias	Aproximadamente 10 m	1 m
Salas grandes	Aproximadamente 50 m	3 m
NOTA: Recomenda-se que o tamanho da malha não seja excedido.		

Fonte: NBR ISO/CIE 8995-1 (2013).

O tamanho da malha, representado por “p”, corresponde à distância entre os pontos de medição é determinado em função da maior dimensão da superfície de referência, representada por “d”. Dessa forma, ambientes com maiores dimensões admitem espaçamentos maiores entre os pontos, desde que seja mantida uma distribuição adequada para a avaliação da uniformidade da iluminância.

Segundo a ABNT NBR ISO/CIE 8995-1:2013, o espaçamento máximo entre os pontos de medição pode ser determinado pela seguinte relação:

$$p = 0,2 \times 5 \log_{10} d$$

Em que:

- p é o tamanho da malha, ou seja, a distância entre os pontos onde as medições de iluminância serão realizadas, expressa em metros (m).
- d é a maior dimensão da superfície de referência (comprimento ou largura), expressa em metros (m).
- n é número total de pontos de medição necessários para cobrir toda a superfície de referência de acordo com o espaçamento determinado por p .

A aplicação dessa relação assegura que a malha de pontos de medição seja proporcional ao tamanho do ambiente, permitindo uma avaliação representativa da distribuição luminosa. Em ambientes menores, os pontos de medição ficam mais próximos entre si, enquanto em ambientes maiores o espaçamento pode ser ampliado, sempre respeitando os limites estabelecidos pela norma.

Os valores de iluminância obtidos a partir das medições têm como finalidade verificar a conformidade do ambiente com os requisitos normativos de iluminação. Para isso, os resultados são comparados com as recomendações apresentadas na Tabela 5, que estabelece os valores mínimos de iluminância, bem como critérios relacionados ao ofuscamento e à qualidade da cor para ambientes escolares.

Tabela 5 - Recomendações de iluminação, especificação da iluminância, ofuscamento e qualidade de cor

Tipo de ambiente, tarefa ou atividade	$\bar{E}_m$ (lux)	UGRL	Ra	Observações
Sala de leitura	500	19	80	Recomenda-se que a iluminação seja controlável.
Quadro negro	500	19	80	Prevenir reflexões especulares.
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: NBR ISO/CIE 8995-1 (2013)

De acordo com a ABNT NBR ISO/CIE 8995-1:2013, as salas de aula utilizadas no período noturno devem apresentar iluminância média mantida mínima de 500 lux sobre o plano de trabalho, valor considerado adequado para atividades como leitura, escrita e demais tarefas

educacionais.

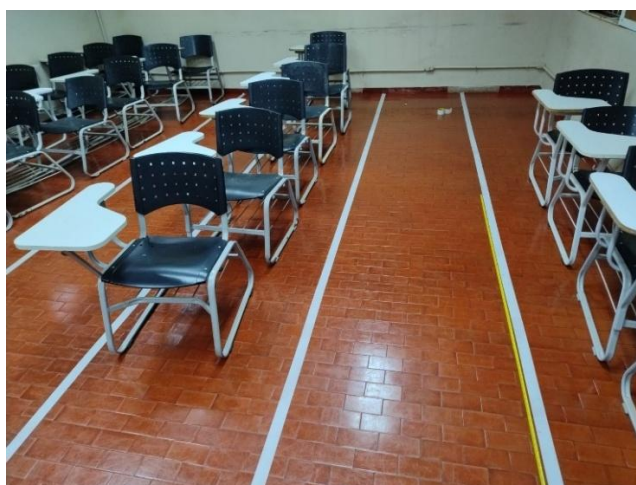
4.3.2.2 Definição dos Pontos de Medição na Malha

De acordo com a ABNT NBR ISO/CIE 8995-1:2013, superfícies de referência retangulares devem ser subdivididas em pequenas áreas quadradas, com os pontos de medição posicionados no centro de cada subdivisão. Esse procedimento garante uma amostragem uniforme da iluminância, permitindo a avaliação adequada da distribuição luminosa no ambiente.

Conforme estabelecido na Tabela 5 (NBR ISO/CIE 8995-1), o espaçamento entre os pontos de medição, definido pelo tamanho da malha, deve ser determinado em função da maior dimensão da área analisada. As salas de aula avaliadas enquadram-se na categoria de salas de médio porte, apresentando maior dimensão próxima de 10 m (9,72 m). Dessa forma, adotou-se um espaçamento de 1,0 m entre os pontos de medição, resultando em uma malha de 1 m², adequada para a análise da iluminância média e da uniformidade luminosa do ambiente.

Para facilitar o posicionamento dos pontos de medição e assegurar a correta aplicação do método das malhas, as linhas da malha foram traçadas no piso com fita crepe. Inicialmente, foram demarcadas as linhas horizontais, orientadas no sentido da maior dimensão da sala, a partir do fundo em direção ao quadro, conforme ilustrado na Figura 18.

Figura 18 - Início do tracejado da malha



Fonte: Acervo pessoal (2025).

Em seguida, foram traçadas as linhas verticais, correspondentes à menor dimensão da sala, completando a malha com quadrantes de 1 m², de acordo com o padrão definido para este estudo. A configuração final da malha de medição pode ser observada na Figura 19.

Figura 19 - Malhas de medições



Fonte: Acervo pessoal (2025).

Essa padronização assegura uma distribuição homogênea dos pontos de medição ao longo do ambiente, favorecendo a coleta sistemática dos dados e proporcionando maior precisão na avaliação da uniformidade luminosa.

Para atender às exigências da norma, que orienta que as medições sejam realizadas no centro de cada malha, foi desenvolvido um suporte específico para o posicionamento do luxímetro. O suporte foi ajustado para a altura do plano de trabalho, correspondente à altura das carteiras escolares, aproximadamente 0,72 m em relação ao piso, garantindo que as medições representassem fielmente as condições visuais dos usuários durante o uso real do ambiente. O suporte utilizado pode ser observado na Figura 20.

Figura 20 - Suporte no centro da malha



Fonte: Acervo pessoal (2025).

As medições de iluminância foram realizadas ponto a ponto, com o luxímetro

cuidadosamente posicionado no centro de cada quadrante da malha, abrangendo todos os pontos definidos, de modo a obter uma visão representativa da distribuição luminosa e da variação dos níveis de iluminância em toda a área da sala. Esse procedimento assegura a precisão das leituras e a confiabilidade dos dados obtidos, em conformidade com as diretrizes da norma técnica vigente.

Em razão das dimensões das salas analisadas, não foi possível formar quadrantes completos de 1 m² até o limite frontal do ambiente. Por esse motivo, a malha foi traçada a partir do fundo da sala em direção ao quadro. A última fileira de pontos de medição, localizada próxima à parede frontal, não resultou em quadrados completos. Contudo, os espaços remanescentes apresentavam dimensões superiores a 0,60 m, o que possibilitou o posicionamento central do luxímetro e a continuidade das medições sem prejuízo à representatividade dos resultados. A Figura 21 ilustra o posicionamento do luxímetro durante o processo de medição.

Figura 21 - Posicionamento do Luxímetro



Fonte: Acervo pessoal (2025).

4.3.2.3 Condições da Medição Segundo NHO 11

Para garantir a precisão e a representatividade das medições de iluminância no ambiente educacional analisado, foram considerados diversos fatores capazes de influenciar os resultados, como o horário das medições, a existência de interferências externas e internas, as condições normais de funcionamento do sistema de iluminação e o tempo de estabilização do equipamento de medição.

As medições foram realizadas com o sistema de iluminação operando em suas condições usuais de funcionamento, isto é, com todas as luminárias da sala devidamente ligadas, reproduzindo a situação real de uso durante as atividades acadêmicas. Eventuais anomalias observadas nas luminárias ou lâmpadas foram previamente registradas, de modo a evitar distorções na análise dos resultados.

Os levantamentos foram executados no período noturno, em conformidade com as orientações da Norma de Higiene Ocupacional NHO 11 (Fundacentro), que recomenda a realização das medições sob as condições mais desfavoráveis de uso do ambiente (NHO 11). Considerando que as salas analisadas são utilizadas também à noite, essa abordagem permite avaliar o desempenho do sistema de iluminação artificial sem interferência da luz natural, assegurando que os valores obtidos representem de forma fidedigna as condições visuais às quais os usuários estão submetidos.

De acordo com a NHO 11, as medições de iluminância devem ser realizadas no plano da tarefa visual. Em salas de aula, esse plano corresponde à superfície das carteiras escolares. Assim, o luxímetro foi posicionado a uma altura de 0,72 m em relação ao piso, simulando a condição real de leitura, escrita e demais atividades desenvolvidas pelos alunos. A Figura 22 ilustra o posicionamento da altura do equipamento durante as medições.

Figura 22 - Altura das carteiras



Fonte: Acervo pessoal (2025).

A correta definição da altura de medição é um fator determinante para a obtenção de

resultados confiáveis e alinhados aos critérios normativos aplicáveis a ambientes educacionais, garantindo que os valores registrados reflitam adequadamente a iluminância incidente sobre o plano de trabalho.

Com o objetivo de minimizar interferências externas, foram adotadas boas práticas de medição, conforme recomendado pela NHO 11. Entre essas práticas, evitou-se o uso de roupas claras durante as medições, a fim de reduzir reflexões indesejadas da luz, e cuidou-se do posicionamento do operador para não projetar sombras ou reflexos sobre o sensor óptico do luxímetro. Além disso, antes de cada sequência de medições, verificou-se se o sensor encontrava-se limpo e em boas condições de uso, livre de poeira, abrasões ou resíduos que pudessem comprometer as leituras.

Outro aspecto considerado foi o tempo de estabilização do equipamento. As medições seguiram as recomendações do fabricante, conforme o manual do luxímetro. Antes do início, o aparelho permaneceu ligado pelo período indicado, assegurando a estabilização dos sensores e leituras confiáveis, evitando variações logo após a ativação.

A estratégia adotada para a coleta dos dados de iluminância foi planejada de modo a assegurar precisão e organização durante a execução das medições. Para isso, contou-se com o apoio de um auxiliar, ajudando no traçado das linhas da malha no piso das salas, utilizando fita crepe. Esse procedimento permitiu a correta delimitação dos pontos centrais de cada quadrante.

Durante a etapa de coleta, concentrou-se na realização das medições ponto a ponto, posicionando cuidadosamente o luxímetro no centro de cada malha e protegendo o sensor óptico com sua tampa após cada leitura, a fim de evitar interferências externas. Simultaneamente, o auxiliar ficou responsável pelo registro dos valores obtidos em tabela apropriada, garantindo a organização e a confiabilidade dos dados coletados.

Todo o processo de preparação do ambiente, incluindo o traçado da malha e a realização das medições ponto a ponto, teve duração aproximada de duas horas por sala, tempo necessário para assegurar uma coleta cuidadosa, completa e tecnicamente confiável dos dados utilizados na análise da iluminância.

4.3.3 Iluminância Média e Uniformidade Luminosa

A avaliação da qualidade da iluminação artificial nas salas de aula foi realizada por meio de medições *in loco* com o auxílio de um luxímetro, conforme os procedimentos descritos anteriormente. Os dados obtidos foram utilizados para o cálculo da iluminância média e da uniformidade luminosa, dois parâmetros fundamentais definidos pela NBR ISO/CIE 8995-

1:2013, norma que estabelece critérios para garantir condições visuais adequadas ao desempenho das tarefas. Com o sistema de iluminação completamente acionado, os níveis de iluminância foram registrados ponto a ponto, no centro da malha traçada no piso das salas, permitindo uma análise precisa da quantidade e da distribuição da luz no plano de trabalho.

A iluminância média (E_{med}) representa o valor médio da quantidade de luz incidente por unidade de área em todos os pontos medidos da malha, expressa em lux (lx). Esse valor foi obtido a partir da seguinte fórmula:

$$E_{med} = \frac{E_1 + E_2 + E_3 + \dots + E_n}{n}$$

Onde:

- $E_1, E_2, E_3, \dots, E_n$ = valores de iluminância medidos em cada ponto;
- n = número total de pontos de medição.

Já a uniformidade da iluminância (U_o) avalia a regularidade da distribuição luminosa sobre a superfície de trabalho, sendo calculada pela razão entre o valor mínimo medido ($E_{mín}$) e a iluminância média (E_{med}):

$$U_o = \frac{E_{mín}}{E_{med}}$$

De acordo com a ABNT NBR ISO/CIE 8995-1:2013 (p. 6), a iluminância deve variar de forma gradual no espaço, evitando transições bruscas que possam provocar desconforto visual. Para ambientes educacionais, a norma estabelece que a uniformidade da iluminância na área de tarefa não deve ser inferior a 0,70, de modo a evitar zonas com baixos níveis de iluminação que possam comprometer a qualidade visual e o desempenho das atividades acadêmicas.

Com base nessas expressões matemáticas, foram realizados os cálculos da iluminância média e da uniformidade luminosa a partir dos valores obtidos em cada sala analisada. Os resultados permitiram verificar a conformidade das condições de iluminação com os critérios normativos vigentes e subsidiaram a identificação de possíveis necessidades de adequação no sistema de iluminação existente.

APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS DADOS DE ILUMINÂNCIA E UNIFORMIDADE

Os dados obtidos nas medições de iluminância foram organizados por meio de representações gráficas do leiaute de cada sala, nas quais foram inseridos os valores medidos no centro de cada malha definida no ambiente, mantendo-se o espaçamento de 1 m² adotado durante o processo de medição.

Para o tratamento e a análise dos dados, foi utilizado o *software* Microsoft Excel, a partir do qual foram elaborados gráficos de contorno que representam a distribuição da iluminância ao longo dos ambientes analisados. Esses gráficos possibilitam a visualização espacial dos níveis de iluminância, evidenciando variações ao longo da área das salas. Com o objetivo de facilitar a interpretação dos resultados, os gráficos gerados foram sobrepostos ao leiaute das salas com o auxílio do *software* Paint, permitindo a correlação direta entre os valores medidos e a configuração física dos ambientes.

Essa abordagem gráfica proporciona uma leitura clara da distribuição luminosa, favorecendo a identificação de regiões com desempenho luminotécnico adequado e de áreas que apresentam possíveis deficiências de iluminação. A partir dessas representações, permite-se analisar a uniformidade da iluminância, verificar a conformidade com os níveis mínimos recomendados pela norma e avaliar se a disposição das luminárias favorece uma distribuição adequada da luz nos espaços destinados às atividades acadêmicas.

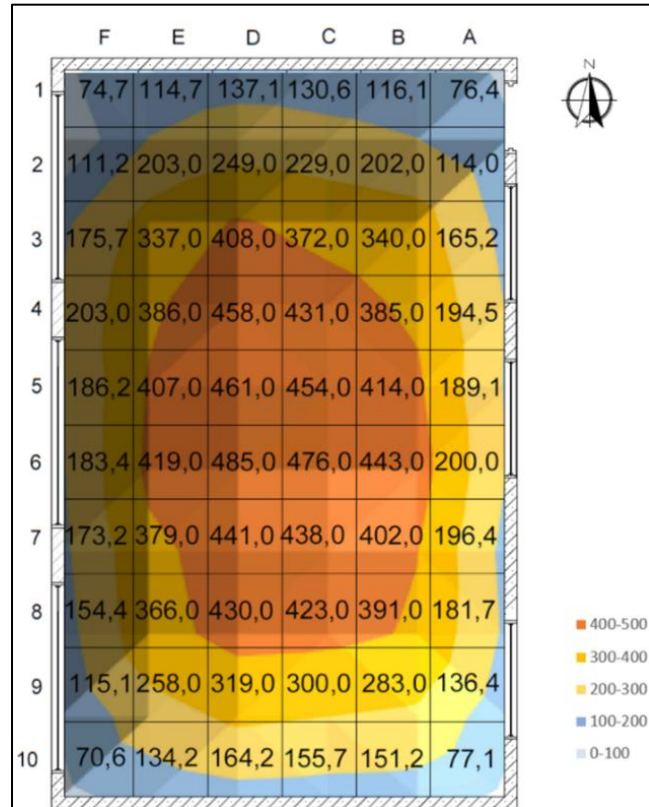
5.1 ANÁLISE DA ILUMINAÇÃO ARTIFICIAL DAS SALAS DE AULA

Com base nos dados obtidos por meio das medições realizadas *in loco*, foi possível identificar os níveis de iluminância nas salas de aula com o sistema de iluminação artificial completamente acionado. Seguindo os procedimentos metodológicos descritos no capítulo anterior, foram levantadas informações representativas sobre o desempenho do sistema de iluminação instalado, as quais são analisadas a seguir com o auxílio de representações gráficas e indicadores luminotécnicos.

A Figura 23 apresenta o leiaute da Sala 01 com os valores de iluminância medidos no centro de cada malha de 1 m², bem como o respectivo gráfico de contorno, que representa de forma contínua a distribuição luminosa sobre o plano de trabalho. Essa representação permite visualizar a variação espacial da iluminância no ambiente, facilitando a identificação de regiões com maiores e menores níveis de iluminação e auxiliando na avaliação da uniformidade do

sistema instalado.

Figura 23 - Gráfico de superfície de contorno e valores da iluminância sala 01



Fonte: Elaborado pela autora (2025).

A iluminância média da Sala 01 foi determinada a partir da média aritmética dos valores medidos, conforme procedimento estabelecido pela ABNT NBR ISO/CIE 8995-1:2013. O valor obtido foi de 267,85 lx, resultado inferior ao nível mínimo de 500 lx recomendado pela norma para salas de aula utilizadas no período noturno. O maior valor de iluminância foi registrado no ponto D6, com 485,0 lx, enquanto o menor valor foi observado no ponto F10, com 70,6 lx. Esses valores extremos evidenciam uma variação significativa na distribuição da luz ao longo do ambiente.

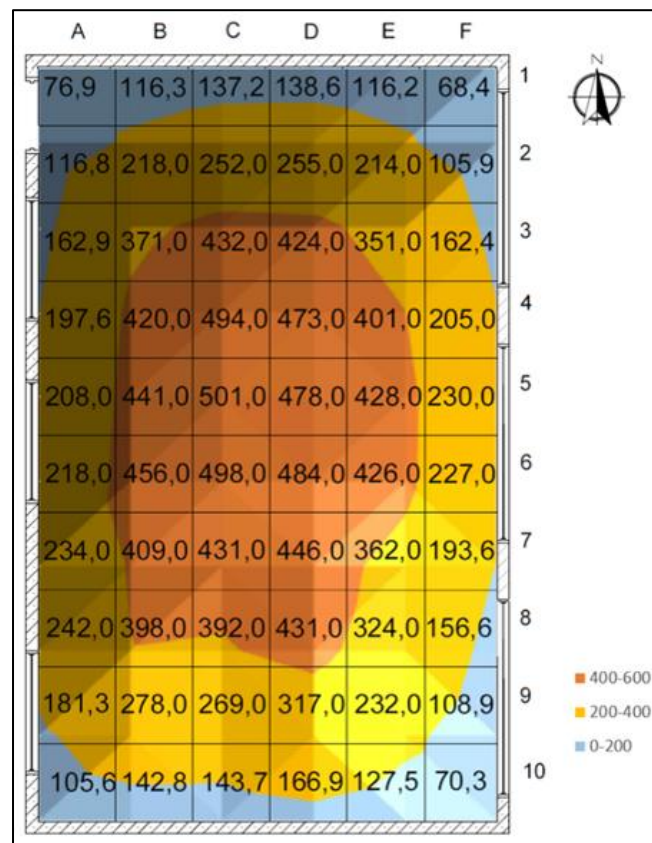
A uniformidade da iluminância (U_0) foi calculada pela razão entre o menor valor medido e a iluminância média, conforme a Equação $U_0 = E_{\min} / \bar{E}_{\text{médio}}$. O resultado obtido foi $U_0 = 0,26$, valor consideravelmente inferior ao mínimo recomendado de 0,70, estabelecido pela ABNT NBR ISO/CIE 8995-1:2013 para ambientes educacionais. Esse resultado indica que a iluminação não apresenta variação gradual no espaço, contrariando a recomendação normativa de que o plano da tarefa seja iluminado da forma mais uniforme possível.

A baixa uniformidade observada reflete uma distribuição luminosa desigual, com

maiores níveis de iluminância concentrados nas proximidades das luminárias e valores significativamente reduzidos em áreas periféricas da sala. Essa condição pode ocasionar desconforto visual e comprometer o desempenho de atividades como leitura e escrita, especialmente para usuários posicionados em regiões com iluminância insuficiente.

A Figura 24 apresenta os valores medidos de iluminância na Sala 2, dispostos graficamente conforme o traçado da malha adotado. Considerando que as salas analisadas apresentam padrão construtivo e sistema de iluminação semelhantes, essa representação visual permite a continuidade da análise comparativa do desempenho do sistema de iluminação.

Figura 24 - Gráfico de superfície de contorno e valores da iluminância sala 02



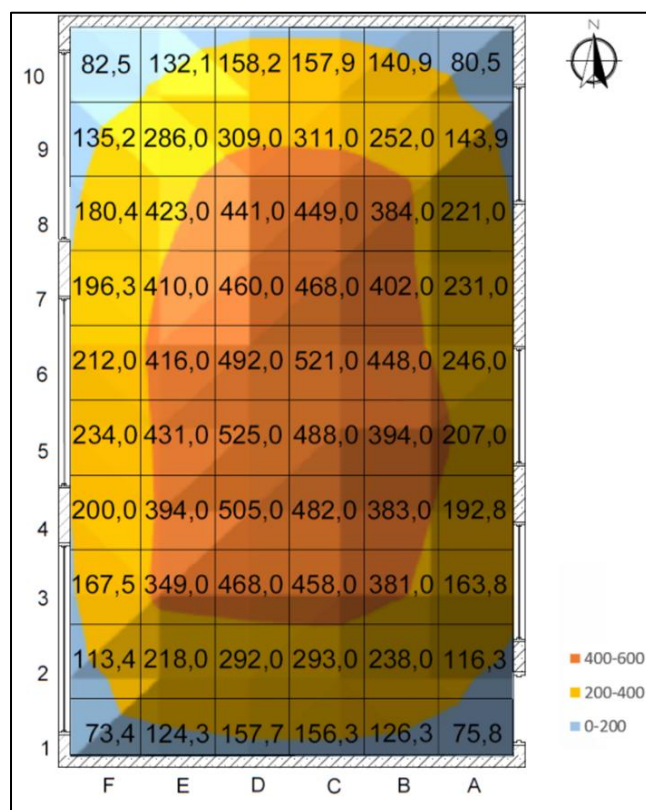
Fonte: Elaborado pela autora (2025).

Com base nas medições realizadas, o maior valor de iluminância registrado na Sala 02 foi de 501,0 lx, observado no ponto C5, sendo este o único ponto que atinge o nível mínimo de iluminância recomendado pela norma para salas de aula no período noturno. Em contrapartida, o menor valor medido foi de 68,4 lx, registrado no ponto F10, localizado em uma das extremidades da sala, evidenciando uma variação significativa nos níveis de iluminação ao longo do ambiente.

A iluminância média calculada para a Sala 02 foi de 277,77 lx, valor substancialmente inferior ao mínimo de 500 lux estabelecido pela ABNT NBR ISO/CIE 8995-1:2013. Quanto à uniformidade da iluminância, o índice obtido, calculado pela razão entre a iluminância mínima e a iluminância média, foi de $U_0 = 0,25$, valor bastante inferior ao mínimo recomendado de 0,70. Esse resultado indica que a distribuição da luz no ambiente ocorre de forma desigual, com concentrações pontuais próximas às luminárias e níveis insuficientes em áreas periféricas, condição que pode comprometer o conforto visual e o desempenho das atividades acadêmicas desenvolvidas na sala.

A Figura 25 apresenta a distribuição espacial dos níveis de iluminância medidos na Sala 03, com os valores posicionados no centro de cada malha, conforme a metodologia aplicada nas salas anteriormente analisadas. Diferentemente das demais, a Sala 03 apresentou três pontos com valores iguais ou superiores a 500 lux, sendo eles os pontos D5 (525,0 lux), D4 (505,0 lux) e C6 (521,0 lux). Esses resultados indicam maior intensidade luminosa em regiões próximas às luminárias. Entretanto, a presença de pontos isolados que atendem ao valor normativo não assegura, por si só, uma distribuição luminosa adequada em todo o ambiente.

Figura 25 - Gráfico de contorno da iluminância e valores medidos – Sala 03



Fonte: Elaborado pela autora (2025).

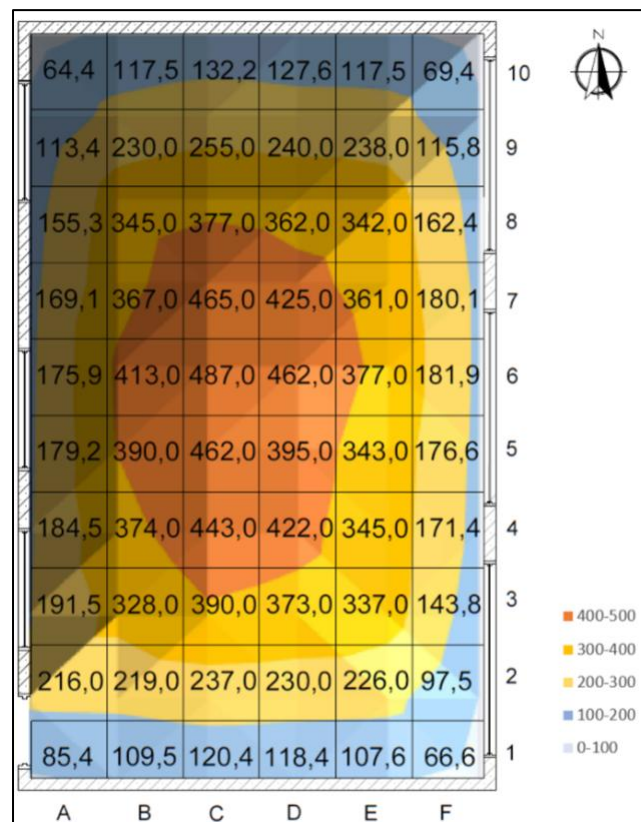
Com base nas medições realizadas, o maior valor de iluminância foi registrado no ponto

D5, com 525,0 lx, configurando-se como o valor máximo entre todos os pontos avaliados nesta sala. Em contrapartida, o menor valor medido foi identificado no ponto F1, localizado em uma das extremidades do ambiente, com 73,4 lx, evidenciando a existência de áreas com níveis de iluminação significativamente inferiores aos recomendados pela norma.

A iluminância média calculada para a Sala 03 foi de 286,61 lx, valor inferior ao mínimo de 500 lx. Quanto à uniformidade da iluminância, o índice obtido foi de $U_0 = 0,26$, também abaixo do valor mínimo recomendado de 0,70. Esses resultados demonstram que, apesar da ocorrência pontual de níveis adequados de iluminância, o sistema de iluminação instalado não assegura distribuição luminosa homogênea e não atende plenamente aos requisitos normativos de desempenho para ambientes educacionais.

A Figura 26 apresenta a distribuição dos valores de iluminância medidos na Sala 04, mantendo o mesmo padrão de representação adotado nas demais salas analisadas, o que permite uma comparação direta entre os ambientes. A visualização gráfica evidencia que os maiores níveis de iluminância concentram-se nas regiões próximas às luminárias, sem uma distribuição homogênea ao longo do espaço.

Figura 26 - Gráfico de contorno da iluminância e valores medidos – Sala 04



Fonte: Elaborado pela autora (2025).

Com base nas medições realizadas ponto a ponto, o maior valor de iluminância registrado na Sala 04 foi de 487,0 lx, observado no ponto C6, enquanto o menor valor foi de 64,4 lx, identificado no ponto A10, localizado próximo à extremidade do ambiente. Esses resultados indicam uma variação expressiva dos níveis de iluminância ao longo da sala.

A iluminância média calculada para a Sala 04 foi de 250,18 lx, valor inferior ao mínimo de 500 lx recomendado pela ABNT NBR ISO/CIE 8995-1:2013 para salas de aula utilizadas no período noturno. Quanto à uniformidade da iluminância, o índice obtido foi de $U_0 = 0,26$, também abaixo do valor mínimo recomendado de 0,70, evidenciando uma distribuição luminosa inadequada sobre o plano de trabalho.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A presente pesquisa teve como objetivo avaliar as condições de iluminação artificial nas salas de aula no período noturno, do bloco 100 do Instituto Federal de Goiás – Câmpus Itumbiara, por meio de medições de iluminâncias realizadas *in loco*, verificando a conformidade dos resultados obtidos com os critérios técnicos estabelecidos pela ABNT NBR ISO/CIE 8995-1:2013. A adoção desse enfoque permitiu uma análise fundamentada em dados reais, refletindo de forma fidedigna o desempenho do sistema de iluminação existente nos ambientes avaliados.

Os resultados obtidos a partir das medições evidenciaram um padrão recorrente de desempenho insatisfatório do sistema de iluminação artificial nas salas analisadas. Em todas as salas de aula, os valores de iluminância média calculados apresentaram-se inferiores ao nível mínimo de 500 lux recomendado pela norma para ambientes educacionais utilizados no período noturno. Tal constatação indica que, sob as condições atuais de operação, o sistema de iluminação não fornece níveis adequados de luz para o desenvolvimento das atividades acadêmicas que demandam atenção visual contínua, como leitura, escrita e acompanhamento de conteúdos expositivos.

Além da iluminância média, a avaliação da uniformidade da iluminação revelou resultados igualmente críticos. Os índices de uniformidade calculados para as salas analisadas mostraram-se significativamente inferiores ao valor mínimo de 0,70 estabelecido pela ABNT NBR ISO/CIE 8995-1:2013. Esse aspecto é particularmente relevante, uma vez que a uniformidade da iluminação é um dos parâmetros fundamentais para a garantia do conforto visual, pois está diretamente associada à distribuição equilibrada da luz sobre o plano de trabalho. A baixa uniformidade observada indica a existência de contrastes excessivos entre diferentes regiões da sala, o que pode provocar fadiga visual, dificuldade de adaptação ocular e desconforto durante o uso prolongado do ambiente.

A análise espacial da distribuição da iluminância, por meio dos gráficos de contorno elaborados, permitiu identificar que os maiores níveis de iluminação se concentram, de modo geral, nas proximidades abaixo das luminárias, enquanto áreas periféricas e regiões mais afastadas das fontes luminosas apresentam valores significativamente reduzidos. Esse comportamento evidencia que o sistema de iluminação existente não promove uma distribuição luminosa homogênea, contrariando as recomendações normativas que preconizam a iluminação uniforme do plano da tarefa como condição essencial para ambientes de ensino.

Outro aspecto relevante observado ao longo da análise diz respeito ao atendimento pontual dos valores normativos em determinados pontos isolados das salas. Em algumas

situações, foram registrados valores de iluminância iguais ou superiores a 500 lux; contudo, tais ocorrências não se estenderam de forma consistente ao longo do ambiente. A norma ABNT NBR ISO/CIE 8995-1:2013 estabelece que a avaliação da iluminação deve considerar não apenas valores máximos ou pontuais, mas principalmente a iluminância média e a uniformidade, de modo a assegurar condições visuais adequadas para todos os usuários. Dessa forma, a presença de pontos isolados que atendem ao valor mínimo normativo não é suficiente para caracterizar a conformidade do ambiente na totalidade.

Os resultados obtidos permitem concluir que o sistema de iluminação artificial instalado nas salas de aula do bloco 100 do Instituto Federal de Goiás – Câmpus Itumbiara não atende plenamente aos requisitos estabelecidos pela norma vigente, tanto no que se refere à iluminância média quanto à uniformidade da iluminação. Essa condição pode impactar negativamente o conforto visual dos usuários, comprometendo o desempenho das atividades educacionais e a permanência prolongada dos estudantes e professores nos ambientes avaliados, especialmente no período noturno, quando a iluminação artificial assume papel predominante.

Do ponto de vista técnico e normativo, a pesquisa evidencia a importância da realização de avaliações periódicas das condições de iluminação em edificações educacionais, sobretudo em estruturas mais antigas, cujos sistemas luminotécnicos podem não ter sido concebidos de acordo com os critérios atualmente exigidos pelas normas técnicas. A aplicação da metodologia de medições *in loco* mostrou-se adequada para a verificação do desempenho real do sistema de iluminação, permitindo identificar não conformidades que não seriam perceptíveis apenas por inspeções visuais ou análises qualitativas.

Como limitações do estudo, destaca-se o fato de a avaliação ter sido restrita a um conjunto específico de salas de aula e às condições operacionais existentes no momento das medições, não contemplando intervenções no sistema de iluminação nem análises complementares relacionadas ao consumo de energia ou ao controle de ofuscamento. Ressalta-se ainda que fatores como manutenção das luminárias, envelhecimento das lâmpadas e condições específicas de uso dos ambientes podem influenciar os resultados obtidos.

Diante disso, recomenda-se que trabalhos futuros aprofundem a análise do desempenho luminotécnico dessas e de outras salas de aula, incluindo estudos para readequação do sistema de iluminação, avaliações pós-intervenção e investigações complementares envolvendo eficiência energética, controle de ofuscamento e percepção subjetiva dos usuários. Adicionalmente, sugere-se incorporar de forma sistemática a influência das características das superfícies internas (cores e refletâncias de paredes, teto, piso e mobiliário) sobre os resultados obtidos, uma vez que acabamentos como pinturas em tons bege e piso em tonalidade vermelha

podem alterar a distribuição do fluxo luminoso, a iluminância no plano de trabalho e a uniformidade do ambiente. Recomenda-se, portanto, que futuras análises incluam simulações comparativas com diferentes cenários de acabamento, de modo a subsidiar decisões de adequação que aprimorem as condições ambientais em espaços educacionais, alinhando conforto visual, desempenho acadêmico e atendimento aos requisitos normativos vigentes.

Por fim, conclui-se que a avaliação sistemática das condições de iluminação artificial, fundamentada em medições técnicas e na verificação de conformidade com normas específicas, constitui uma ferramenta importante para o diagnóstico da qualidade dos ambientes educacionais. Os resultados apresentados neste trabalho reforçam a necessidade de atenção contínua às condições luminotécnicas das salas de aula, de modo a assegurar ambientes mais adequados, seguros e compatíveis com as exigências atuais do processo de ensino e aprendizagem.

REFERÊNCIAS

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR ISO/CIE 8995-1:2013**: Iluminação de ambientes de trabalho – Parte 1: Interior. Rio de Janeiro: ABNT, 2013.
- BARRETT, Peter; DAVIES, Fay; ZHANG, Yufan; BARRETT, Lucinda. The impact of classroom design on pupils' learning: final results of a holistic, multi-level analysis. **Building and Environment**, v. 89, p. 118-133, jul. 2015. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0360132315000700>. Acesso em: 20 mar. 2025.
- BOYCE, Peter Robert. **Human factors in lighting**. 3. ed. Boca Raton: CRC Press, 2014.
- CAVALIN, Geraldo; CERVELIN, Severino. **Instalações elétricas prediais**: conforme norma NBR 5410:2004. 20. ed. São Paulo: Érica, 2009.
- CERVELIN, Severino; CAVALIN, Geraldo. **Instalações elétricas prediais**: teoria & prática. Curitiba: Base, 2008.
- FELDMAN, Daniel Coelho. Índice de reprodução de cor. **Lume Arquitetura**, n. 70, p. 66-71, 2014.
- FERREIRA, Michele Menezes. **Eficientização e modernização da iluminação para diferentes tipos de sala de aula**. 2021. 137 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2021.
- FURIAN, Peter Hermes. Espectro eletromagnético. **Ilustração vetorial**, 2013. Disponível em: <https://www.shutterstock.com/pt/image-vector/electromagnetic-spectrum-144068875>. Acesso em: 18 dez. 2025.
- GIACOBBO, Júnior. **Estudos de caso comparativos entre normas de iluminação**: NBR 5413 e ABNT NBR ISO/CIE 8995-1. 2014. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Escola de Engenharia, 2014. Disponível em: <https://lume.ufrgs.br/handle/10183/105051>. Acesso em: 17 set. 2025.
- GONÇALVES, Joana Carla Soares; VIANNA, Nelson Solano; MOURA, Norberto Corrêa da Silva. **Iluminação natural e artificial**. Rio de Janeiro: PROCEL Edifica, 2011.
- LEDVANCE. **Catálogo Lampadas de LED 2024/2025**. Disponível em: <https://www.caiado.pt/images/uploaded/CatalogosCaiado/catalogo-ledvance-lampadas-led-2025.pdf>. Acesso em: 13 set. 2025.
- LIBARDI, Ester Bisolli. **Iluminação no ambiente escolar: a influência da iluminação em escolas de ensino fundamental da rede pública municipal na cidade de Linhares – ES**. 2017. Trabalho Final de Graduação (Bacharelado em Arquitetura e Urbanismo) – Faculdades Integradas de Aracruz, Aracruz, 2017.
- LOPES, Aline Cesa de Sousa. **Avaliação de duas propostas de sistema de iluminação artificial complementar ao sistema de iluminação natural existente em sala de aula padrão**. 2006. 149 p. Dissertação de Mestrado. Curso de pós-graduação em Arquitetura e Urbanismo. Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2006. Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/89514>. Acesso em: 31 Ago. 2025.

LUCENA, Mariana Caldas Melo. **Iluminação em salas de aula do Centro de Tecnologia da Universidade Federal da Paraíba: um estudo de caso**. 2015. 114 f. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) - Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2015.

Disponível em: <https://repositorio.ufpb.br/jspui/handle/tede/8379>. Acesso em: 13 set. 2025.

MAMEDE FILHO, João. **Instalações elétricas industriais**: de acordo com a norma brasileira NBR 5419:2015. 9. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2017.

MAMEDE, J. R. **Instalações elétricas**: teoria e prática. 2. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2017.

METRINS. **Manual de instruções do luxímetro digital INS-1366**. Metrins, s.d. Disponível em: [https://www.instrusul.com.br/produto/luximetro-digital-para-led-atende-nho-11-modelo-ins-1366-200000-lux-](https://www.instrusul.com.br/produto/luximetro-digital-para-led-atende-nho-11-modelo-ins-1366-200000-lux-19767?srsItd=AfmBOorwJsnw1uzklCCLRpDPDJGzIHCDvq6bgQVewFIfdLarUAADGsI7)

[19767?srsItd=AfmBOorwJsnw1uzklCCLRpDPDJGzIHCDvq6bgQVewFIfdLarUAADGsI7](https://www.instrusul.com.br/produto/luximetro-digital-para-led-atende-nho-11-modelo-ins-1366-200000-lux-19767?srsItd=AfmBOorwJsnw1uzklCCLRpDPDJGzIHCDvq6bgQVewFIfdLarUAADGsI7). Acesso em: 2 de mar. 2025.

MIRANDA, Vivaldo Neto. **Estudo luminotécnico do bloco de salas de aula de uma escola no interior do Rio Grande do Norte**. 2022. 63 f. Monografia (Graduação) – Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Curso de Ciência e Tecnologia, 2022. Disponível em: <https://repositorio.ufersa.edu.br/items/66b74dab-595f-4bb5-8758-170f670530ba>. Acesso em: 13 out. 2025.

MOREIRA, Vinicius de Araújo. **Iluminação elétrica**. São Paulo: Edgard Blücher, 1999.

NEGRISOLI, Manoel Eduardo Miranda. **Instalações elétricas**: projetos prediais em baixa tensão. 3. rev. São Paulo: Editora Blucher, 1987.

NERY, Norberto. **Instalações elétricas**: princípios e aplicações. 2. ed. São Paulo: Érica, 2012.

NISKIER, Júlio; MACINTYRE, Archibald Joseph. **Instalações elétricas**. 4. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2000.

OSRAM. **Manual Luminotécnico Prático**. Osram, São Paulo, 2000. 28p. Disponível em: <https://www.feis.unesp.br/Home/departamentos/engenhariaeletrica/manual-luminotecnico-pratico.pdf>. Acesso em: 31 Ago. 2025.

PINTO, Manuel; ALMEIDA, R. M. S. F.; PINHO, P. G.; LEMOS, L. T. Caracterização da iluminância em salas de aula de escolas da cidade de Viseu. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON ENGINEERING FOR ECONOMIC DEVELOPMENT (ICEUBI), 2013, Covilhã, Portugal. **Anais [...]**. Covilhã: University of Beira Interior, 2013. Disponível em: https://repositorio.ipv.pt/bitstream/10400.19/2407/3/ICEUBI2013_M%20Pinto.pdf. Acesso em: 10 ago. 2025.

PROCEL (Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica). **Manual de iluminação**. Rio de Janeiro: Eletrobras/Procel/Procel Edifica, 2011. 54 p. Disponível em: <http://paginapessoal.utfpr.edu.br/mafinocchio/disciplinas-da-graduacao/engenharia-de-iluminacao/MANUALDEILUMINACAOPROCEL.pdf/view>. Acesso em: 18 ago. 2025.

PROGRAMA NACIONAL DE CONSERVAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA (PROCEL). **Manual de iluminação**. Rio de Janeiro: Eletrobras/Procel, 2011. Disponível em:

<https://www.gov.br/mme/pt-br/assuntos/ee/publicacoes-e-estudos/ManualdeiluminacaoeficienteProcel.pdf>. Acesso em: 15 set. 2025.

SAMED, Márcia Marcondes Altimari. **Fundamentos de instalações elétricas**. Curitiba: InterSaberes, 2017.

SCOPACASA, Vicente A. Introdução à tecnologia de LED. **LA_PRO LEDs**, Local, v. 01, n. 32, p. 2004. Disponível em: chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcgclefindmkaj/https://www.lumearquitetura.com.br/pdf/LA_Pro1/02%20-%20pro_leds_Vis%C3%A3o_Geral.pdf. Acesso em: 06 set. 2025.

SILVA, André Luiz de Souza; AZERÊDO, Jaucele. O uso da iluminação natural como diretriz nos projetos de arquitetura escolar. *In: ENCONTRO NACIONAL DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO*, 15., 2019. Anais [...], 2019. p. 2876–2885. Disponível em: <https://eventos.antac.org.br/index.php/encac/article/view/4357>. Acesso em: 29 jul. 2025.

TRAJANO, Lucas Alves. **Projeto de iluminação interna de uma escola de ensino fundamental e médio utilizando a norma ABNT NBR ISO/CIE 8995-1**. 2023. 46 f. : il. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Elétrica) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba, Unidade Acadêmica de Processos Industriais, 2023. Disponível em: <https://repositorio.ifpb.edu.br/handle/177683/2811>. Acesso em: 20 mar. 2025.

TRONCON, Luiz Ernesto de Almeida. Ambiente educacional. **Revista de Medicina**, São Paulo, v. 1, n. 2, p. 82–87, 2014. Disponível em: <https://revistas.usp.br/rmrp/article/view/86614/89544>. Acesso em: 17 jun. 2025.

VIANA, Dandara. Entenda o que é luminotécnica. **Guia da Engenharia**, 14 mar. 2019. Disponível em: <https://www.guiadaengenharia.com/luminotecnica/>. Acesso em: 15 dez. 2025.

ANEXO


Instrusul
 INSTRUMENTOS DE MEDIÇÃO

Certificado de Calibração nº 186876

Objeto: Luxímetro Digital
Folha 1/1

1 **Nº de autenticação:** ----

Fabricante: METRINS **Modelo:** INS-1366 **Série:** H12C-I02389

Cliente: NIELE ALVES
LIMA
ITUMBIARA
(GO)

Data da calibração: 03/02/2025 **Data da emissão:** 03/02/2025

Procedimento: Os procedimentos utilizados para a calibração estão de acordo com o MT 002 ed. 01 rev.01.

2 Padrões Utilizados:

- Medidor de Intensidade Luminosa com certificado de calibração RBC L0073/2023 - Validade do Padrão: 5/2025

Condições Ambientais: Temperatura: $23 \pm 3^{\circ}\text{C}$ Umidade Relativa do Ar: entre 35 e 70%

Incerteza de Medição: Vide tabela de resultados para um nível de confiança de aproximadamente 95%.

RESULTADOS OBTIDOS

3 CALIBRAÇÃO

Escala de Medição: 2000 lux					
VM (lux)	399,00	761,00	1168,00	1544,00	1771,00
VVC (lux)	390,00	750,00	1150,00	1520,00	1740,00
EM (lux)	9,00	11,00	18,00	24,00	31,00
IM (%)	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5
k	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00

CONVENÇÕES	
VVC	Valor Verdadeiro Convencional
VM	Valor Médio de cada ponto
EM	Erro de Medição (VM - VVC)
IM	Incerteza de Medição, para um nível de confiança de 95 %.

- Não é permitida a reprodução parcial deste documento sem a prévia autorização da Instrusul Instrumentos de Medição.

- Os resultados são válidos somente para o estado do objeto no momento da medição.

Fernando Kauer
Responsável Técnico
CREA: RS177080