



Luminotécnica educacional com Neurolighting: Projeto luminotécnico em sala de atendimento especializado e escola inclusiva

Amanda Rodrigues dos Santos | mandaifsc2018@gmail.com¹
Pâmela Lídia dos Santos da Silva | pamela.l1998@aluno.ifsc.edu.br¹
Jéssica Louise da Silva | jessica.l10@aluno.ifsc.edu.br¹
Kauani Silva dos Santos | kauani.ss@aluno.ifsc.edu.br¹
João Gabriel da Silva | joao.g19@aluno.ifsc.edu.br¹
Joice Luiz Jeronimo | joice.jeronimo@ifsc.edu.br²

Edital de fomento nº 03/2025 - PROEN/PROPI/PROEX
Trabalho de Ensino, Pesquisa e Extensão
DT 4 - Inovação Tecnológica, Processos Produtivos e Futuro das Tecnologias

Resumo:

Este artigo apresenta um projeto de pesquisa e extensão desenvolvido no IFSC, câmpus Joinville, que aplicou princípios de *neurolighting* na requalificação do sistema de iluminação de uma Sala de Atendimento Educacional Especializado (AEE) e na elaboração de projeto luminotécnico para uma escola municipal de educação inclusiva. A proposta fundamenta-se em resultados de um Trabalho de Conclusão de Curso, com uso dos softwares SketchUp e DIALux para simulação de cenários de temperatura de cor e iluminância alinhados ao ritmo circadiano. O projeto foi estruturado em três etapas: diagnóstico das condições existentes, desenvolvimento do projeto luminotécnico e intervenção com instalação de sistema de iluminação dinâmica. Como resultados, observou-se aumento da iluminância, redução de cintilação e adequação da temperatura de cor às atividades pedagógicas. Conclui-se que a aplicação do *neurolighting* contribui para o conforto visual e a permanência dos estudantes, evidenciando o potencial da articulação entre pesquisa e extensão na qualificação de ambientes educacionais inclusivos. pesquisa e extensão é vetor essencial para a transformação de infraestruturas educacionais.

Palavras-chave: *Neurolighting*; Iluminação inclusiva; Atendimento educacional especializado; Luminotécnica; Ritmo circadiano.

Introdução

A qualidade da iluminação artificial em ambientes de aprendizagem exerce influência direta sobre processos neurofisiológicos que determinam atenção, memória de trabalho e regulação emocional (Viola *et al.*, 2008). Em espaços de Atendimento Educacional Especializado (AEE), essa influência é amplificada: indivíduos com Transtorno do Espectro Autista (TEA) e Transtorno do Déficit de Atenção com

¹ Estudante do curso Engenharia Elétrica do IFSC campus Joinville

² Servidor do curso de Engenharia Elétrica do IFSC campus Joinville

Hiperatividade (TDAH) apresentam respostas adversas a cintilação elevada, temperatura de cor inadequada e distribuição luminosa heterogênea — condições que seriam toleradas pela população neurotípica (Bogdashina, 2016).

A norma ABNT NBR ISO/CIE 8995-1:2013 fixa parâmetros mínimos de iluminância (300 lux para salas de aula) e IRC (≥ 80), mas não contempla a variação dinâmica de temperatura de cor ao longo da jornada, preconizada pelo *Neurolighting*. Esse campo articula neurociência, cronobiologia e engenharia luminotécnica para projetar sistemas que suportem ativamente o bem-estar circadiano e o desempenho cognitivo dos ocupantes (Figueiro; Rea, 2010). O presente artigo relata projeto de extensão do IFSC Câmpus Joinville que transpôs resultados de pesquisa de TCC para duas frentes: intervenção na Sala de AEE do câmpus e elaboração de projeto luminotécnico para a Escola Municipal Professora Helena Nunes, instituição que atende estudantes com deficiência intelectual, TEA e altas habilidades.

Fundamentação teórica

O *Neurolighting* consiste na aplicação de princípios da neurociência ao projeto de sistemas de iluminação, visando influenciar respostas cognitivas, emocionais e fisiológicas em ambientes construídos. Seu embasamento está na relação entre luz e sistema circadiano, regulado pelo núcleo supraquiasmático do hipotálamo, que sincroniza ritmos biológicos a partir de estímulos luminosos (Czeisler; Golombek, 2002).

A exposição à luz de alta temperatura de cor no período matutino (5.000 K a 6.500 K) está associada à supressão da melatonina e ao aumento do cortisol, favorecendo alerta e desempenho cognitivo (Viola *et al.*, 2008). Em contrapartida, a redução gradual da temperatura de cor ao longo do dia (2.700 K a 4.000 K) contribui para relaxamento e consolidação da memória, respeitando o ciclo circadiano (Foster; Kreitzman, 2017). Essa abordagem, denominada Human Centric Lighting (HCL), fundamenta intervenções voltadas ao bem-estar e à aprendizagem.

No contexto educacional, especialmente para estudantes com TEA e TDAH, a qualidade da iluminação é crucial. Fatores como flicker, baixo IRC e distribuição inadequada da luz podem intensificar a hipersensibilidade sensorial e prejudicar a concentração (Kuller; Ballal; Laike, 2006). Recomenda-se o uso de sistemas LED com

IRC ≥ 90 e baixo nível de cintilação. A ABNT NBR ISO/CIE 8995-1:2013 estabelece 300 lux para salas de aula, enquanto o *Neurolighting* propõe o controle dinâmico da luz como suporte ao aprendizado.

Procedimentos metodológicos

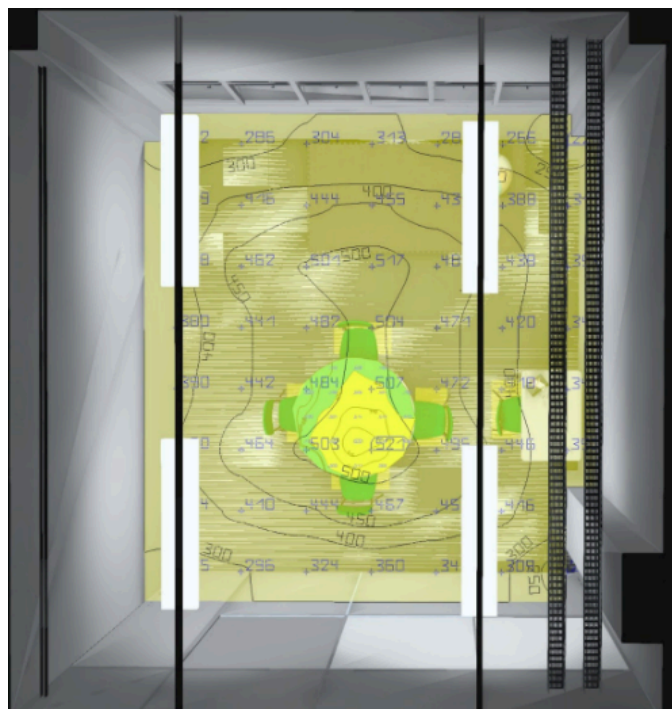
O projeto foi desenvolvido entre março e junho de 2025, em três etapas sequenciais: Diagnóstico; Projeto luminotécnico e Intervenção/ instalação

O diagnóstico fotométrico cobriu a Sala de AEE do IFSC e os ambientes da Escola Municipal Professora Helena Nunes. Na Sala de AEE, a iluminância foi medida em grid de nove pontos no plano de trabalho a 0,85 m do piso, com luxímetro digital calibrado (classe B, CIE 069:1987). A uniformidade foi calculada por $U_0 = E_{mín}/E_{médio}$ e a temperatura de cor registrada com termômetro de cor, conforme ABNT NBR ISO/CIE 8995-1:2013. Na escola parceira, realizaram-se levantamento dimensional dos quatro ambientes: Sala de Recursos Multifuncionais Tipo I e II, sala de estimulação visual e corredor. Foi também realizado entrevistas semiestruturadas com coordenadora pedagógica e dois professores do AEE sobre percepções do ambiente luminoso.

Com base no diagnóstico, os ambientes foram modelados em SketchUp e simulados em DIALux para verificação de iluminância, uniformidade ($U_0 \geq 0,70$), temperatura de cor e fator de cintilação. Para a Sala de AEE (Figura 1), o projeto estabeleceu três cenas circadianas controladas por protocolo DALI: Modo Ativação (6.500 K, 500 lux) para atividades cognitivas de alta demanda no início do período; Modo Concentração (4.000 K, 400 lux) para leitura e escrita; e Modo Relaxamento (2.700 K, 200 lux) para atividades sensoriais ao final da jornada. Para a escola parceira, o projeto executivo com memorial descritivo foi compilado para encaminhamento à Secretaria Municipal de Educação de Joinville.

Em maio de 2025, a Sala de AEE recebeu luminárias de embutir com módulos LED dimerizáveis, temperatura ajustável entre 2.700 K e 6.500 K e IRC ≥ 92 , conectadas a controlador DALI programável. O projeto executivo da escola parceira foi entregue à Secretaria Municipal de Educação de Joinville em junho de 2025.

Figura 1 – Simulação DIALux da Sala AEE



Fonte: Autoria própria (2025).

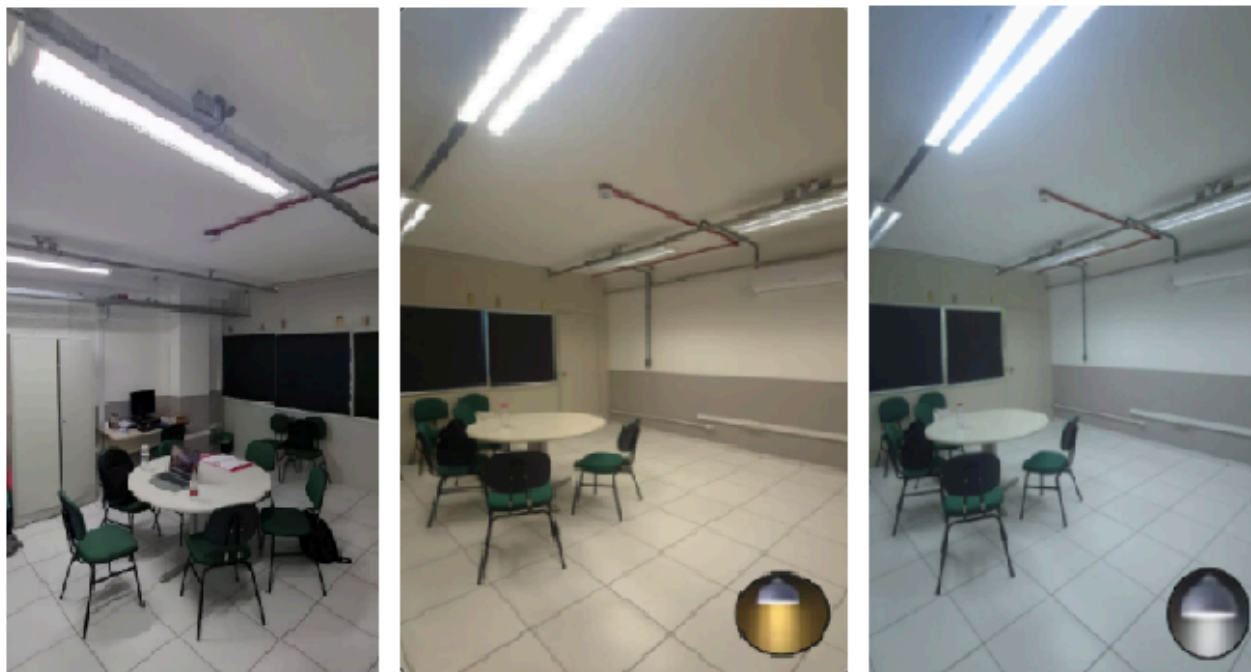
Resultados e discussões

O diagnóstico inicial da Sala de AEE do IFSC Joinville revelou iluminância média de 187 lux no plano de trabalho, 37% abaixo do mínimo normativo. A temperatura de cor das lâmpadas fluorescentes era de 6.200K sem controle de intensidade, expondo os estudantes a luz fria de alta intensidade durante toda a jornada. Foram identificadas cintilação visível em duas das quatro luminárias, condição prejudicial aos estudantes com TEA atendidos no espaço.

Após a intervenção, as medições registraram iluminância média de 523 lux no modo Ativação, uniformidade de 0,74 e IRC de 93 (Figura 2). O fator de cintilação das novas luminárias foi de 2,3%, dentro da faixa recomendada. Em avaliação qualitativa realizada 30 dias após a instalação, os professores relataram melhora perceptível na permanência dos estudantes nas atividades e redução de episódios de agitação durante

as primeiras horas do período, coincidentes com o uso do modo de temperatura de cor elevada.

Figura 2 – (a) Sala AEE antes, (b) Sala AEE com 3000k, (c) Sala AEE com 5000K



Fonte: Autoria própria (2025).

Para a Escola Municipal Professora Helena Nunes, o projeto contemplou quatro ambientes: Sala de Recursos Multifuncionais Tipo I, Tipo II, sala de estimulação visual e corredor. As simulações indicaram iluminância média de 210 lux nas salas existentes, com uniformidade de 0,42, ambos abaixo dos parâmetros normativos. O projeto especificou painéis LED de 40 W a 4.000 K para as salas de recursos e luminárias dimerizáveis para a sala de estimulação, atingindo iluminância média de 480 lux e uniformidade de 0,75 nas simulações.

A estimativa de implementação foi de R\$ 28.400,00 para as quatro salas, com retorno energético previsto em 4,2 anos pela redução de 68% no consumo elétrico. O projeto executivo foi entregue à Secretaria Municipal de Educação para viabilização junto ao FNDE. Os resultados confirmam que sistemas de iluminação dinâmica alinhados ao ritmo circadiano favorecem a atenção e reduzem a sobrecarga sensorial em ambientes de educação especial, com custo de implementação viável.

Considerações finais

O projeto atingiu seus objetivos ao materializar a transferência do conhecimento produzido na pesquisa para dois contextos reais da educação inclusiva em Joinville/SC. A intervenção na Sala de AEE do IFSC demonstrou a viabilidade técnica do *Neurolighting* em escala real, enquanto o projeto entregue à escola parceira representa instrumento concreto de transformação da infraestrutura educacional para estudantes com necessidades especiais.

A principal limitação reside na natureza qualitativa da avaliação comportamental, o que impede inferência causal entre mudanças fotométricas e alterações comportamentais. Estudos futuros devem incorporar protocolos de observação sistematizada e delineamentos quase-experimentais. Para trabalhos futuros, prevê-se a ampliação para outras salas do câmpus, o acompanhamento longitudinal da escola parceira e o desenvolvimento de protocolo simplificado de diagnóstico fotométrico para gestores escolares.

Do ponto de vista da formação profissional, a experiência proporcionou aos estudantes o ciclo completo engenharia-sociedade: da fundamentação teórica e simulação computacional à execução em obra real e à interlocução com gestores educacionais. As principais dificuldades foram a limitação orçamentária para equipamentos de maior custo e o processo burocrático para autorização das obras no câmpus, superadas com apoio institucional do IFSC.

A indissociabilidade entre pesquisa e extensão revelou-se condição metodológica: sem as simulações do TCC, a intervenção não teria base técnica; sem a extensão, o conhecimento permaneceria restrito ao ambiente acadêmico. Como projeção futura, a equipe vislumbra a ampliação do projeto para outras salas do câmpus e o acompanhamento da implementação na escola parceira, com avaliação quantitativa dos efeitos sobre indicadores de permanência e desempenho escolar.



Referências

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR ISO/CIE 8995-1**: iluminação de ambientes de trabalho – parte 1: interior. Rio de Janeiro: ABNT, 2013.

BOGDASHINA, Olga. **Sensory perceptual issues in autism and Asperger syndrome**. 2. ed. London: Jessica Kingsley Publishers, 2016.

CZEISLER, Charles A.; GOLOMBEK, Diego A. Biological rhythms and circadian clocks. In: KANDEL, Eric R. *et al.* **Principles of Neural Science**. 4. ed. New York: McGraw-Hill, 2002.

FIGUEIRO, Mariana G.; REA, Mark S. The effects of red and blue lights on circadian variations in cortisol, alpha amylase, and melatonin. **International Journal of Endocrinology**, [S. l.], v. 2010, 2010.

FOSTER, Russell G.; KREITZMAN, Leon. **Circadian rhythms**: a very short introduction. Oxford: Oxford University Press, 2017.

KÜLLER, Rikard; BALLAL, Sujay; LAIKE, Thorbjörn. The impact of light and colour on psychological mood: a cross-cultural study of indoor work environments. **Ergonomics**, [S. l.], v. 49, n. 14, p. 1496–1507, 2006.

VIOLA, Alessandra U. *et al.* Blue-enriched white light in the workplace improves self-reported alertness, performance and sleep quality. **Scandinavian Journal of Work, Environment & Health**, [S. l.], v. 34, n. 4, p. 297–306, 2008.