

Estudo luminotécnico – Laboratório de Eletrônica do Centro Universitário de Patos de Minas – UNIPAM

*Luminothetic study – Electronics Laboratory of the Centro
Universitário de Patos de Minas – UNIPAM*

Gabriela Raissa Assunção de Andrade

Graduanda do curso de Arquitetura e Urbanismo (UNIPAM)

E-mail: gabriela_raissa.andrade@hotmail.com

Wesley Pereira Marcos

Professor orientador (UNIPAM)

E-mail: wesleypm@unipam.edu.br

Resumo: Diante da relevância de uma iluminação de excelência nas instituições de ensino e da importância do Centro Universitário de Patos de Minas na oferta de ensino de qualidade, o presente trabalho objetivou avaliar a influência dos fatores de iluminação tanto no período diurno, quanto no período noturno, levando em consideração os aspectos que influenciam, direta e indiretamente, na qualidade luminotécnica do Laboratório de Eletrônica. Os resultados obtidos mostraram que, no período diurno, existe uma variedade bastante considerável de iluminação e que os níveis de luz natural, nos pontos mais próximos às janelas, são bem elevados, e, à medida que cada ponto vai se afastando, o nível de luz fica cada vez mais baixo, causando uma grande desuniformidade de luz no laboratório. No período noturno, por sua vez, a iluminação no teto deve ser associada com outros pontos de luz, a fim de obter bons resultados.

Palavras-chave: Iluminação. Laboratório acadêmico. Incidência luminosa.

Abstract: Given the relevance of excellent lighting in educational institutions and the importance of the Centro Universitário de Patos de Minas in providing quality education, this study aimed to assess the influence of lighting factors both during the day and at night, taking into account the aspects that influence, directly and indirectly, the luminotechnical quality of the Electronics Laboratory. The results obtained showed that, during the day, there is a considerable variety of lighting and that the levels of natural light, in the points closest to the windows, are very high, and, as each point moves away, the level of light gets lower and lower, causing a great unevenness of light in the laboratory. At night, in turn, the lighting on the ceiling must be associated with other points of light in order to obtain good results.

Keywords: Lighting. Academic laboratory. Light incidence.

1 INTRODUÇÃO

A iluminação passou por diversas transformações ao longo dos anos, o que ocasionou o melhoramento dos desenvolvimentos técnicos preexistentes. Com a

evolução tecnológica e a crescente preocupação ambiental, surgem novas lâmpadas no mercado mundial, as quais se caracterizam por serem mais eficientes e ecologicamente corretas. (WANDERLEY, 2014).

Os projetos de iluminação, por sua vez, são guiados por diretrizes, as quais definem que uma boa iluminação ocorre quando as pessoas desempenham suas atividades habituais de maneira eficiente. Além disso, uma iluminação eficiente não pode comprometer a saúde visual dos usuários. Destaca-se que a iluminação pode ser fornecida por meio de recursos naturais ou artificiais, bem como por ambos os recursos simultaneamente (CARDOSO, 2016).

Para uma adequação geral nos processos projetuais, a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) regulamenta as normativas referentes aos parâmetros que contribuem para um ambiente luminoso. Dentre eles, a iluminância e sua distribuição, o ofuscamento, o direcionamento de luz, os aspectos da cor da luz e superfícies, a cintilação, a luz natural e manutenção são condições cruciais para o sucesso de uma excelência luminotécnica. O Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica (PROOCEL) e a NBR ISO/CIE 8995-1:2013 somam-se às fundamentações legais.

De acordo com Barrett *et al.* (2015), a ausência de iluminação adequada em ambientes, no geral, bem como o não atendimento às normas vigentes acarretam sérios problemas relacionados à saúde vital dos usuários. Nos ambientes de ensino, a iluminação inadequada ou a sua ausência é um agravante que torna a situação ainda mais crítica. É necessário considerar que a concepção do ambiente escolar é relevante no desenvolvimento intelectual humano, uma vez que é nesse meio em que se estabelecem as relações com o mundo e as pessoas. Desse modo, quaisquer aspectos que estão diretamente ligados a esse meio estão suscetíveis a interferências diretas.

A iluminação em ambientes escolares é de grande impacto. Perante diversos casos, as iniciativas para corrigir problemas correlacionados requerem ações corretivas simples, as quais acarretam custos-benefícios satisfatórios e eficientes em prol do desenvolvimento acadêmico do aluno. (BARRETT *et al.*, 2015).

Em síntese, o presente trabalho tem como diretriz formentar estudos e análises luminotécnicos, apresentando recursos que gerem benefícios à saúde visual dos usuários. Ressalta-se, por fim, que a eficiência nos projetos de iluminação é de suma importância para agregação de ensino de qualidade.

2 JUSTIFICATIVA

A luz, natural ou artificial, é essencial para a execução de tarefas e o desempenho de atividades rotineiras e cotidianas, pois torna possível que as informações visuais cheguem até as pessoas. Além disso, a luz é responsável por, aproximadamente, 80% da percepção humana. Nas instituições de ensino, o fornecimento de uma iluminação eficiente, capaz de garantir conforto luminoso e bem-estar aos usuários, é de grande relevância, pois o processo de ensino-aprendizagem é diretamente influenciado por ela.

Diante da relevância de uma iluminação de excelência nas instituições de ensino e da importância do Centro Universitário de Patos de Minas na oferta de ensino de qualidade, pesquisas que abordem os aspectos luminotécnicos e que proponham melhorias nas salas de aulas e laboratórios nas dependências do campus são de grande importância. Além disso, a apresentação de propostas que possibilitem tornar a iluminação na instituição mais eficiente e sustentável pode contribuir para um maior conforto luminoso aos usuários dessa instituição educacional, bem como favorecer a saúde humana.

3 OBJETIVOS

A presente pesquisa teve como objetivo geral avaliar a eficiência luminotécnica do Laboratório de Eletrônica Básica do Centro Universitário de Patos de Minas (UNIPAM). Os objetivos específicos são (a) avaliar as condições de iluminação artificial e natural dos laboratórios em períodos diurnos e noturnos; (b) estudar os níveis de iluminância conforme o posicionamento, a configuração e a função dos sistemas existentes no local escolhido; (c) verificar a concordância do laboratório para com os requisitos da norma técnica vigente; (d) propor medidas para o melhoramento técnico luminotécnico consolidado considerando os aspectos de viabilidade econômica.

4 REFERENCIAL TEÓRICO

Visto que a educação tem enorme importância para a formação de profissionais capacitados, neste capítulo são tratadas referências que apontam que o aprendizado do aluno está diretamente ligado às condições das edificações escolares: aspectos ergonômicos, aproveitamento de iluminação natural, aspectos artificiais e conforto visual. Este capítulo, em questão, complementa a ideologia de que a iluminação é um fator primordial para maximizar o desempenho e o rendimento de aprendizagem, tendo como ênfase a importância da eficiência energética e sustentabilidade em projetos luminotécnicos, assim como o embasamento das normativas nesses projetos.

4.1 EFICIÊNCIA ENERGÉTICA E SUSTENTABILIDADE

No final do século XX, as discussões sobre a relevância da preservação ambiental, bem como sobre a necessidade de se obter mais eficiência energética, foram iniciadas mundialmente. Na década de 70, verificou-se o surgimento de diversas linhas de pensamento preventivas e corretivas no que tange às condições climáticas globais. Ressalta-se que, durante esse período, diversos países do mundo enfrentavam impactantes crises no setor petrolífero, o que tornava ainda mais urgentes medidas para a sustentabilidade mundial. Dessa forma, esse momento proporcionou o

desenvolvimento de estudos, conferências e a elaboração de documentos expondo medidas e atitudes a serem tomadas para preservação planetária. Portanto, o momento foi decisivo para o surgimento de diversas fontes energéticas alternativas (CARDOSO, 2016).

Diante da necessidade de preservar o meio ambiente e de garantir condições climáticas favoráveis ao desenvolvimento da vida, houve um aumento na responsabilidade social das empresas. Essas responsabilidades deixaram de visar apenas a um bom desempenho econômico e começaram a levar em consideração aspectos sociais, ambientais e políticos na tomada de decisão. Assim, as empresas passaram a ser observadas como instituições sociopolíticas que visam à sustentabilidade. Nesse cenário, surge também a preocupação das empresas com a eficiência energética (CARDOSO, 2016).

Cabe ressaltar que a relação entre o desempenho e o consumo energético que um determinado sistema ou equipamento que dependa de energia elétrica para funcionar é definida como eficiência energética. Outro fator relevante para a eficiência energética é a otimização dos recursos para minimização do desperdício. Esse processo de otimização resulta no desenvolvimento sustentável e na redução de custos, além de gerar atitudes de responsabilidade social e cidadania (SEBRAE-SP; ABESCO, 2015).

4.2 IMPORTÂNCIA DA ILUMINAÇÃO E DO PROJETO LUMINOTÉCNICO

A sensação de bem-estar e as atividades hormonais humanas são influenciadas pela qualidade e pelo brilho da iluminação (OSRAM, 2008). De acordo com Bigoni (2007), 80% da percepção humana é visual. Entretanto, Rezende (2014) afirma que a luz é responsável por, aproximadamente, 85% da capacidade de percepção humana.

Bocchese (2011) afirma que o homem depende da luz para viver e desempenhar atividades no contexto social. A iluminação, natural ou artificial, está presente nas atividades rotineiras e cotidianas das pessoas. Nesse contexto, evidencia-se que a iluminação tem a capacidade de influenciar diretamente o desempenho das atividades, pois a luz é indispensável para que as informações visuais cheguem até as pessoas. Salienta-se que o conceito de iluminar pode ser compreendido como a utilização da luz na criação de condições que possibilitem a execução de atividades com conforto e eficiência. Dessa forma, iluminar é muito mais amplo que a simples destinação de um fluxo luminoso a uma determinada superfície ou espaço (MORAES, 2006).

Diante disso, destaca-se a relevância de projetos luminotécnicos desenvolvidos de forma consciente e adequada para que se atinjam os objetivos propostos com eficiência (REZENDE, 2014; LIMA, 2010). Bocchese (2011) também destaca a importância de adotar sistemas luminícos para suprir as necessidades visuais humanas. Ainda segundo o autor, a luz é fundamental não apenas para que tarefas sejam executadas, mas também para que os usuários disponham de conforto e bem-estar.

Em relação aos projetos luminotécnicos, destaca-se que não se obtém uma boa iluminação de forma isolada, visto que ela é concebida a partir da sincronização com os aspectos arquitetônicos do ambiente. Assim, cada projeto luminotécnico deve atender as

necessidades específicas, o que o torna único em comparação aos demais projetos (CHOU, 2007; LIMA, 2010).

Barbosa (2010) destaca a importância de se considerar a iluminação de fundo. Além disso, esse autor afirma que atenção especial no desenvolvimento de projetos luminotécnicos deve ser direcionada a proporcionar um descanso visual, o qual é indispensável. Ademais, torna-se essencial não se preocupar exclusivamente com os pontos focais. Nesse contexto, enfatiza-se a relevância de se conhecer as características do usuário, visto que elas interferem na acuidade visual. Além disso, a faixa etária dos usuários e as diferenças particulares de cada indivíduo também afetam a acuidade visual.

4.3 ILUMINAÇÃO NA GERAÇÃO DE CONFORTO E BEM-ESTAR

De acordo com Osram (2008), o bom desempenho lumínico só será obtido quando se ilumina bem o ambiente. Entretanto, não se deve confundir iluminar bem com iluminar excessivamente. A iluminação deve ser realizada de modo a garantir conforto luminoso. Este, por sua vez, relaciona-se ao nível de esforço de adaptação do usuário. Dessa forma, quanto menor for o nível de esforço, maior a sensação de conforto.

O desconforto visual decorre de alguns fatores, como a falta de contraste, o ofuscamento em excesso e a ausência de brilho. Já em relação ao conforto luminoso, destaca-se que os fatores que mais exercem influência são a quantidade e a qualidade da luz, a distribuição luminosa no ambiente e os contrastes. Destaca-se que a qualidade da luz afeta a percepção psicológica da iluminação. Com luz de qualidade, os usuários dispõem de condições emocionais de maior agradabilidade e de orientação cronológica, espacial, cultural e histórica (AMARAL; GONÇALVES, 2002; BARBOSA, 2010).

4.4 ILUMINAÇÃO E LUMINOTÉCNICA NO AMBIENTE DAS SALAS DE AULA

A iluminação é um fator decisivo no ambiente da sala de aula, uma vez que o nível de iluminamento influencia diretamente na percepção e no rendimento dos alunos. Além disso, outro aspecto relacionado à iluminação neste ambiente é a fadiga visual, a qual pode afetar negativamente os usuários (ANJOS; MARIBONDO, 2009).

De acordo com Hybiner (2015), a iluminação nas instituições de ensino é um tema que não deve ser negligenciando, sendo de suma importância o direcionamento de atenção especial aos aspectos que envolvem a luminotécnica. Ainda segundo essa autora, a iluminação está diretamente relacionada ao desenvolvimento do aluno e ao processo de ensino e aprendizagem. A ausência da luz natural e dos sistemas de iluminação artificial e o dimensionamento incorreto ocasionam consequências no bem-estar e na saúde dos usuários que utilizam um determinado espaço.

De acordo com Frandoloso (2011), o conforto visual é de grande importância nas edificações que ofertam ensino, visto que são frequentes as atividades visuais no processo de aprendizagem, dentre as quais se destacam a escrita e a leitura. Dessa forma, nas edificações atuais, a iluminação é considerada um requisito funcional que reflete em eficiência. A iluminação tem sido tratada como essencial para a execução de tarefas. A produção humana será maior, mais rápida e com menor fadiga visual quando dispõe de um sistema luminotécnico eficiente e eficaz (VIANNA; GONÇALVES, 2011).

Uma iluminação eficiente contribui para o processo de ensino-aprendizagem, pois garante conforto visual e favorece a percepção dos alunos na sala de aula. Os fatores relacionados às condições do ambiente desempenham um papel decisivo no processo de aprendizagem, pois os estímulos educacionais são transmitidos a partir das percepções sensoriais, sendo a visão um dos estímulos mais importantes (BERTOLOTTI, 2007).

Nesse contexto, o desempenho visual é favorecido pelas boas condições de iluminação em um determinado ambiente. A luz natural, por exemplo, além de favorecer a reprodução das cores, proporciona maior facilidade na identificação dos contrastes e auxilia na percepção de formas tridimensionais. A qualidade da luz também é crucial para a saúde dos olhos, os quais são responsáveis por coletar e converter a luz visível a partir dos nervos óticos. Nesse processo, a luz é convertida em vinte e quatro impulsos elétricos, os quais são direcionados à região cerebral. Salienta-se que a luz natural é responsável por fornecer o mais rico espectro de luz e por atenuar o esforço implícito durante a realização de tarefas visuais.

4.5 NORMATIVAS

As normas vigentes auxiliam diretamente na verificação do dimensionamento do projeto luminotécnico dos ambientes. A Norma Brasileira Regulamentadora – NBR 5413 (Iluminância de interiores) (ABNT, 1992) define a iluminância como a quantidade de luz incidente numa superfície: “limite da razão do fluxo luminoso recebido pela superfície em torno de um ponto considerado, para a área da superfície quando esta tende para o zero”.

Publicada em 21 de março de 2013 e validada em 21 de abril de 2013, a NBR ISO 8995-1 entrou em vigor como a norma mais atualizada de luminotécnica. É de autoria da Comissão de Estudo CE-03:034.04 (Aplicações Luminotécnicas e Medições Fotométricas) do Comitê Brasileiro de Eletricidade (Cobei). Ela se destaca pelos requisitos a serem avaliados: controle de ofuscamento, índice de reprodução da cor (RA), iluminação de tarefas e critérios quantitativos, como o atendimento aos níveis de iluminância. Além disso, determina requisitos para aumentar a eficiência no ambiente corporativo, especificando os requisitos de iluminação para locais de uso interno e as circunstâncias para que os ocupantes realizem funções visuais de forma eficaz.

A Figura 1 demonstra os valores de iluminância de acordo com a classe de tarefas visuais e seu tipo de atividade executada, enquanto a Figura 2 indica a iluminância indicada para determinados ambientes.

Figura 1 – Tabela com índices de iluminação, conforme classificação.

Classe	Iluminância (lux)	Tipo de Atividade
A Iluminação geral para áreas usadas intermitentemente ou com tarefas visuais simples	20 - 30 - 50	Áreas públicas com arredores escuros.
	50 - 75 - 100	Orientação simples para permanência curta.
	100 - 150 - 200	Recintos não usados para trabalho contínuo; depósitos.
	200 - 300 - 500	Tarefas com requisitos visuais limitados, trabalho bruto de maquinaria, auditórios.
B Iluminação geral para área de trabalho	500 - 750 - 1000	Tarefas com requisitos visuais normais, trabalho médio de maquinaria, escritórios.
	1000 - 1500 - 2000	Tarefas com requisitos especiais, gravação manual, inspeção, indústria de roupa.
C Iluminação adicional para tarefas visuais difíceis	2000 - 3000 - 5000	Tarefas visuais muito exatas e prolongadas, eletrônica de tamanho pequeno.
	5000 - 7500 - 10000	Tarefas visuais muito exatas e prolongadas, montagem de microeletrônica.
	10000 - 15000 - 20000	Tarefas visuais muito especiais, cirurgia

Fonte: NBR 5413, 1992

Figura 2 – Tabela com índices de iluminação, conforme uso.

Ambientes	Iluminância (Lux)
Barbearias	
– Geral	150 - 200 - 300
Bibliotecas	
– Salas de Leitura	300 - 500 - 750
– Recinto das estantes	200 - 300 - 500
– Fichário	200 - 300 - 500
Escolas	
– Salas de Aulas	200 - 300 - 500
– Quadros negros	300 - 500 - 750
– Salas de trabalhos manuais	200 - 300 - 500
– Laboratórios	
.Geral	150 - 200 - 300
.Local	300 - 500 - 750
– Anfiteatros e Auditórios	
.Platéia	150 - 200 - 300
.Tribuna	300 - 500 - 750
– Sala de desenho	300 - 500 - 750
– Sala de Reuniões	150 - 200 - 300
– Salas de Educação física	100 - 150 - 200
Escritórios	
– Sala de:	
.Registros, cartografia, etc	750 - 1000 - 1500
.Desenho, engenharia mecânica e arquitetura	750 - 1000 - 1500
.Desenho decorativo e esboço	300 - 500 - 750

Fonte: NBR 5413, 1992

5 METODOLOGIA

O Laboratório de Eletrônica é contemplado por segregações de espaços como a área de soldagem e de almoxarifado; entretanto, para esta pesquisa, foi definido apenas o espaço de maior acesso e de uso contínuo dos usuários. A avaliação das condições dos laboratórios foi realizada em cinco etapas de desenvolvimento. A primeira etapa consistiu no levantamento de dados práticos e mapeamento dos laboratórios. Nessa etapa, foram mensuradas as variáveis: área total dos laboratórios, tipologias de iluminação já existentes no local, tonalidade das paredes, altura do pé direito e a utilidade específica de cada ambiente.

Na segunda etapa, foram desempenhados procedimentos técnicos conforme estabelecido nas normas e manuais pertinentes à iluminância em ambientes escolares, os quais determinam os princípios de teste luminotécnicos, conforme regras nacionais da Associação Brasileira de Normas Técnicas. Nessa etapa, foram coletadas as medições lumínicas, com o auxílio do luxímetro digital portátil. Ele foi calibrado e inspecionado em cada aferição a ser realizada. As medições tiveram horário programado, sendo o início da avaliação às 8 horas da manhã e a finalização às 20 horas. As aferições foram feitas com todas as esquadrias e dispositivos possíveis fechados, de modo que quaisquer fontes luminosas externas não influenciassem no processo de medição.

Na terceira etapa, foram analisados e avaliados, de modo analítico, todos os dados e informações levantados nas etapas anteriores. Nessa etapa, foi considerada a influência das alterações advindas do estado de uso, das condições climáticas dos dias de coleta das medições, dos horários de funcionamento, dos aspectos arquitetônicos e dos usuários dos laboratórios em questão.

Em relação à quarta etapa, foram apresentados resultados e discussões sobre a eficiência luminotécnica dos laboratórios institucionais. Portanto, na quinta e última etapa, foram feitas sugestões de melhorias com base nos índices de iluminação dispostos na Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), na NBR ISO/CIE 8995-1:2013 e em normativas afins.

As medições foram coletadas com o auxílio do equipamento Termo-higro-anemômetro-Luxímetro Digital (LM – 8000 A). Tal equipamento é um dos mais indicados; tem quatro funções de medidas, o que o torna bastante versátil e preciso para medições profissionais. Com ele, podem-se realizar coletas de dados de temperatura, umidade relativa, velocidade do ar e luminosidade dos locais em análise. Em pauta, neste trabalho foram utilizadas as funções de medição da luminosidade, analisadas em lux e para a aferição das medidas de temperatura do ambiente.

Tais aferições foram feitas às 8h, 10h, 14h, 16h e 20h. Levando em consideração as bancadas dispostas no laboratório, foram coletados quatro pontos e, após medição, foi feita uma média de valores.

Outros pontos importantes estão ligados à confiabilidade do equipamento em uso e à previsão do tempo. Dessa maneira, assim como mostrada na figura abaixo, o equipamento também dispõe de um selo de calibração na data do dia 17/05/2019. Teve-se também o cuidado de ajustar o leitor de luminosidade para 0 lux antes de todas as coletas de medidas.

Figura 3 — Termo-Higro-Anemômetro-Luxímetro Digital



Fonte: Arquivos dos autores, 2019.

Figura 4 — Coleta de amostragem



Fonte: Arquivos dos autores, 2019.

Figura 5 — Etiqueta de calibragem



Fonte: Arquivos dos autores, 2019.

6 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A altura em que foi realizado o recolhimento da iluminância foi de 92 cm acima do piso, o que equivale à altura da superfície de trabalho dos alunos, no caso, as bancadas. Teve-se o cuidado para evitar sombreamento próximo à área de medição para que não influenciasse nos resultados obtidos com valores em lux.

O dia escolhido para aferição foi 2 de setembro de 2019 – o tempo não estava nublado e as temperaturas mantiveram-se regulares durante todo o período do dia. Abaixo, encontram-se as fotografias das bancadas, fotografadas em horários distintos da disposição das nuvens no dia da coleta de dados. Em sequência, têm-se as tabelas dos dados das aferições.

Figura 6 — Laboratório de Eletrônica, com luz artificial



Fonte: Arquivos dos autores, 2019.

Figura 7 — Laboratório com iluminação artificial e natural



Fonte: Arquivos dos autores, 2019.

Figura 8 — Laboratório com iluminação artificial e natural



Fonte: arquivos dos autores, 2019.

Figura 9 – Foto mostrando vista da janela frontal



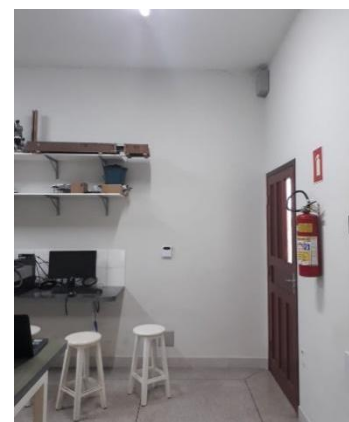
Fonte: Arquivos dos autores, 2019.

Figura 10 – Foto mostrando vista da janela frontal



Fonte: Arquivos dos autores, 2019.

Figura 11 – Foto interna do laboratório



Fonte: Arquivos dos autores, 2019.

Tabela 1 – Dados coletados, em relação à luz artificial, às 8 horas da manhã, no município de Patos de Minas, MG, no ano 2019

Luz artificial – 22 °C – 8 horas da manhã					
Pontos	Bancada 1	Bancada 2	Bancada 3	Bancada 4	Bancada 5
1 ponto (Lux)	31	52	24	54	36
2 ponto (Lux)	22	44	16	44	32
3 ponto (Lux)	26	41	22	45	33
4 ponto (Lux)	28	44	30	56	40
Média em lux	26,75	45,25	23	49,75	35,25

Fonte: Dados da pesquisa, 2019.

Tabela 2 – Dados coletados, em relação à luz natural mais luz artificial, às 8 horas da manhã, no município de Patos de Minas, MG, no ano 2019.

Luz natural mais luz artificial – 22 °C – 8 horas da manhã					
Pontos	Bancada 1	Bancada 2	Bancada 3	Bancada 4	Bancada 5
1 ponto (Lux)	74	119	89	136	81
2 ponto (Lux)	110	129	99	156	76
3 ponto (Lux)	194	265	213	277	153
4 ponto (Lux)	581	417	459	495	370
Média em lux	239,75	232,5	215	266	170

Fonte: Dados da pesquisa, 2019.

Tabela 3 – Dados coletados, em relação à luz natural, às 8 horas da manhã, no município de Patos de Minas, MG, no ano 2019.

Luz natural – 22 °C – 8 horas da manhã					
Pontos	Bancada 1	Bancada 2	Bancada 3	Bancada 4	Bancada 5
1 ponto (Lux)	7	35	20	37	10
2 ponto (Lux)	46	46	47	37	19
3 ponto (Lux)	135	227	93	156	73
4 ponto (Lux)	333	525	415	382	256
Média em lux	130,25	208,25	143,75	153	89,5

Fonte: Dados da pesquisa, 2019.

Tabela 4 – Dados coletados, em relação à luz artificial, às 10 horas da manhã, no município de Patos de Minas, MG, no ano 2019.

Luz artificial – 22 °C – 10 horas da manhã					
Pontos	Bancada 1	Bancada 2	Bancada 3	Bancada 4	Bancada 5
1 ponto (Lux)	26	54	20	55	34
2 ponto (Lux)	23	52	11	45	29
3 ponto (Lux)	26	52	27	49	41
4 ponto (Lux)	15	35	33	61	38
Média em lux	22,5	48,25	22,75	52,5	35,5

Fonte: Dados da pesquisa, 2019.

Tabela 5 – Dados coletados, em relação à luz natural mais luz artificial, às 10 horas da manhã, no município de Patos de Minas, MG, no ano 2019.

Luz natural mais artificial – 22 °C – 10 horas da manhã					
Pontos	Bancada 1	Bancada 2	Bancada 3	Bancada 4	Bancada 5
1 ponto (Lux)	98	141	129	175	112
2 ponto (Lux)	132	155	164	195	138
3 ponto (Lux)	273	268	289	322	269
4 ponto (Lux)	470	581	568	696	546
Média em lux	243,25	286,25	287,5	347	266,25

Fonte: Dados da pesquisa, 2019.

Tabela 6 – Dados coletados, em relação à luz natural, às 10 horas da manhã, no município de Patos de Minas, MG, no ano 2019

Luz natural – 22 °C – 10 horas da manhã					
Pontos	Bancada 1	Bancada 2	Bancada 3	Bancada 4	Bancada 5
1 ponto (Lux)	39	53	57	63	27
2 ponto (Lux)	85	66	86	94	41
3 ponto (Lux)	171	252	217	292	168
4 ponto (Lux)	380	566	535	558	474
Média em lux	168,75	234,25	223,75	251,75	177,5

Fonte: Dados da pesquisa, 2019.

Tabela 7 – Dados coletados, em relação à luz artificial, às 14 horas, no município de Patos de Minas, MG, no ano 2019

Luz artificial – 22 °C – 14 horas					
Pontos	Bancada 1	Bancada 2	Bancada 3	Bancada 4	Bancada 5
1 ponto (Lux)	28	54	23	42	Em uso
2 ponto (Lux)	26	51	16	46	Em uso
3 ponto (Lux)	25	46	21	51	36
4 ponto (Lux)	25	26	31	59	40
Média em lux	26	44,25	22,75	49,5	38

Fonte: Dados da pesquisa, 2019.

Tabela 8 – Dados coletados, em relação à luz natural mais luz artificial, às 14 horas, no município de Patos de Minas, MG, no ano 2019

Luz natural mais artificial – 22 °C – 14 horas					
Pontos	Bancada 1	Bancada 2	Bancada 3	Bancada 4	Bancada 5
1 ponto (Lux)	81	127	97	183	Em uso
2 ponto (Lux)	121	159	122	177	Em uso
3 ponto (Lux)	226	299	194	355	224
4 ponto (Lux)	445	758	414	688	611
Média em lux	218,25	335,75	206,75	350,75	417,5

Fonte: Dados da pesquisa, 2019.

Tabela 9 – Dados coletados, em relação à luz natural, às 14 horas, no município de Patos de Minas, MG, no ano 2019

Luz natural mais artificial – 22 °C – 14 horas					
Pontos	Bancada 1	Bancada 2	Bancada 3	Bancada 4	Bancada 5
Os usuários do laboratório estavam em atividade nesse momento. A análise luminotécnica com apenas a luz natural ficou impossibilitada.					

Fonte: Arquivos dos autores, 2019.

Tabela 10 – Dados coletados, em relação à luz artificial, às 16 horas, no município de Patos de Minas, MG, no ano 2019.

Luz artificial – 25 °C – 16 horas					
Pontos	Bancada 1	Bancada 2	Bancada 3	Bancada 4	Bancada 5
1 ponto (Lux)	49	76	36	86	55
2 ponto (Lux)	47	72	36	70	44
3 ponto (Lux)	51	74	36	70	50
4 ponto (Lux)	54	74	48	74	62
Média em lux	50,25	74	39	75	52,75

Fonte: Dados da pesquisa, 2019.

Tabela 11 – Dados coletados, em relação à luz natural mais luz artificial, às 16 horas, no município de Patos de Minas, MG, no ano 2019.

Luz natural mais artificial – 23.6 °C – 16 horas					
Pontos	Bancada 1	Bancada 2	Bancada 3	Bancada 4	Bancada 5
1 ponto (Lux)	134	155	139	204	143
2 ponto (Lux)	267	180	178	236	155
3 ponto (Lux)	615	393	315	460	302
4 ponto (Lux)	645	895	802	1012	880
Média em lux	415,25	405,75	358,5	478	370

Fonte: Dados da pesquisa, 2019.

Tabela 12 – Dados coletados, em relação à luz natural, às 14 horas, no município de Patos de Minas, MG, no ano 2019

Luz natural – 23.6 °C – 16 horas					
Pontos	Bancada 1	Bancada 2	Bancada 3	Bancada 4	Bancada 5
1 ponto (Lux)	47	59	73	82	57
2 ponto (Lux)	93	71	110	121	85
3 ponto (Lux)	215	247	256	276	209
4 ponto (Lux)	620	808	838	933	673
Média em lux	243,75	296,25	319,25	353	256

Fonte: Dados da pesquisa, 2019.

Tabela 13 – Dados coletados, em relação à luz artificial, às 20 horas da manhã, no município de Patos de Minas, MG, no ano 2019

Luz artificial – 22 °C – 20 horas					
Pontos	Bancada 1	Bancada 2	Bancada 3	Bancada 4	Bancada 5
1 ponto (Lux)	35	48	26	40	43
2 ponto (Lux)	34	51	29	44	36
3 ponto (Lux)	37	52	24	53	38
4 ponto (Lux)	25	29	29	60	42
Média em lux	32,75	45	27	49,25	39,75

Fonte: Dados da pesquisa, 2019.

Ao se observarem os resultados, percebe-se que a iluminação dentro do laboratório não é uniforme. Ela é mais intensa nos 4º pontos das bancadas, os quais estão próximos às janelas, e a iluminação do teto é direta sobre as bancadas. Durante o dia, os níveis de luz natural, nos pontos mais próximos às janelas, são bem elevados e, à medida que cada ponto vai se afastando, o nível de luz vai ficando cada vez mais baixo, causando uma grande desuniformidade de luz nas salas. No período noturno, observou que existem outros fatores a serem analisados, pois, se existe uma variedade maior de uso, no laboratório em questão há computadores acessíveis aos alunos, utilizados em determinadas aulas. A iluminação acoplada nas bancadas deve ser mais bem analisada, uma vez que elas podem ser usadas paralelamente.

O maior valor encontrados foi de 1012 lux e o menor de 7 lux. Dessa forma, é possível predeterminar que apenas a iluminação natural ou apenas as luzes artificiais do teto não atendem o estabelecido por norma. O uso exclusivo de apenas um desses recursos é insuficiente para atender a demanda necessária no ambiente.

Em resumo, há dificuldade em obter resultados sem alterar o fluxo de funcionamento dos laboratórios.

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Pelos dados analisados, a norma não é atendida em todos os pontos do laboratório, entretanto, existe uma preocupação de oferecer recursos cabíveis para diferenciação de iluminação conforme atividade realizada. O edifício, por exemplo, é composto de brises de alvenaria que impedem que a incidência solar seja excessiva. A utilização de um quadro branco permite que não cause distração aos usuários, o que melhora o rendimento deles. Também há luzes acopladas nas bancadas, que podem ser acessadas conforme necessidade. Estudos mais precisos sobre a verdadeira eficiência desses recursos extras são de extrema importância para melhor entender a iluminação do laboratório em questão, uma vez que, dependendo do uso, tais iluminações podem prejudicar a atividade de outro usuário que esteja próximo.

Observou-se que a setorização de cada espaço aprimora a esquematização e o detalhamento técnico necessário no laboratório. Em outros casos, é possível observar que a iluminância está acima do máximo e há a incidência direta de raios solares na sala. Para haver uma distribuição uniforme e correta da iluminação para conforto e não prejuízos aos usuários, a cortina do laboratório deve ser utilizada, sempre que houver variações significativas na incidência.

Em relação à luz artificial do teto, há necessidade de otimização, uma vez que a ela não tem incidência uniforme sobre a bancada. Uso de rebaixamento de gessos, sobre as vigas existentes, pode ser uma boa aplicação, pois tornaria dispensável o uso de iluminação extra e tornaria adequado o controle, o que traria menos gastos de energia com iluminação e mais conforto e bem-estar dos usuários aumentado.

REFERÊNCIAS

AMARAL, Juliana Vervloet do; GONÇALVES, Aldo Carlos de Moura. Análise de Iluminação de Lojas de Moda: visando Conforto e Eficiência. **NUTAU' 2002: sustentabilidade, arquitetura, desenho urbano**. São Paulo, 2002. Disponível em: <https://revistas.ufg.br/reec/article/view/25841>.

ANJOS, Gilney Christierny Barros dos; MARIBONDO, Juscelino de Farias. Estudo luminotécnico em ambientes de sala de aula: análise em um curso de administração de uma universidade federal. **Revista Qualitas**, 2009. Disponível em: <http://revista.uepb.edu.br/index.php/qualitas/article/view/379>.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **NBR 5382/1985: verificação de iluminância de interiores**. Rio de Janeiro, 1992.

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

BARBOSA, Cláudia Verônica Torres. **Percepção da iluminação no espaço da arquitetura**: preferências humanas em ambientes de trabalho. 2010. 238 f. Tese (Doutorado em Arquitetura e Urbanismo) – Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2010.

BARRETT, P. *et al.* The impact of classroom design on pupil's learning: Final results of a holistic, multi-level analysis. **Building and Environment**, [s. l.], v. 89, 2015.

BERTOLOTI, D. **Iluminação natural em projetos de escolas**: uma proposta de metodologia para melhorar a qualidade da iluminação e conservar energia. São Paulo: [s. n.], 2007.

BIGONI, Silvia. **A importância da iluminação como suporte de vendas**. 2007. Disponível em: <http://paulooliveira.wordpress.com/2007/04/11/a-importancia-da-iluminacao-comosuporte-devendas/>.

BOCCHESI, M. F. **Projeto luminotécnico em escola no município de Feliz**: otimização do aproveitamento de luz natural. 2011, 92 f. Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2011.

CARDOSO, Isabela Loureiro. **Projeto luminotécnico e iluminação eficiente e iluminação eficiente energeticamente no setor supermercadista**. 2016. Disponível em: http://www.inee.org.br/down_loads/eficiencia/projeto_luminotecnico_eficiente_supermercados.pdf.

CARVALHO, I. C. Linha histórica da arquitetura escolar no Brasil. *In*: _____. **Projeto arquitetônico escolar**: uma proposta voltada à educação ambiental. Pará: [s.n.], 2011. Disponível em: <http://germinai.wordpress.com/textos-classicos-sobreeducacao/linha-historica-da-arquitetura-escolar-do-brasil/>.

CHRISTIERRY, Gilney Barros dos Anjos; MARIBONDO, Juscelino de Farias. Estudo luminotécnico em ambientes de sala: análise em um curso de administração de uma universidade federal. **Revista Qualitas**, 2009. Disponível em: <http://revista.uepb.edu.br/index.php/qualitas/article/view/379/277>.

CHOU, Ivone. Iluminação de espaços comerciais. **Revista Lume Arquitetura**, São Paulo, n. 24, p. 54-57, fev./mar. 2007.

FRANDOLOSO, M. A. L. **Crêterios de projeto para escolas fundamentais bioclimáticas**. 2001, 233 f. Dissertação (Mestrado em Arquitetura) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2011.

HYBINER, Juliana Mara B. H. **Análise da iluminação em salas de aulas de escolas da rede de ensino pública das superintendências regionais de ensino de Juiz de Fora, Ponte Nova e Ubá, MG.** Viçosa, MG, 2015. Disponível em:
<http://www.locus.ufv.br/handle/123456789/7662>.

KOWALTOWSKI, D. C. C. K. **Arquitetura Escolar: o projeto do ambiente de ensino.** São Paulo: Oficina de Textos, 2011.

LIMA, Mariana Regina Coimbra de. **Percepção visual aplicada à arquitetura e iluminação.** Rio de Janeiro: Editora Ciência Moderna, 2010.

MORAES, Douglas Teixeira. **Efeitos dos programas de luz sobre o desempenho, rendimento de abate, aspectos econômicos e resposta imunológica em frangos de corte.** 2006. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte. 2006. Disponível em:
http://www.bibliotecadigital.ufmg.br/dspace/bitstream/handle/1843/HESA-6ZQP72/douglas_teixeira_moraes.pdf?sequence=1/.

OSRAM. **Iluminação: conceitos e projetos.** 2008. Disponível em:
<http://www.osram.com.br>.

REZENDE, Cristina Carvalho. **Fundamentos para projetos luminotécnicos comerciais: enfoque em livrarias.** 2014. Disponível em:
<https://revistas.ufg.br/reec/article/download/25841/17039/>.

REZENDE, Débora; lisita, Orlando. Fundamentos para projetos luminotécnicos comerciais: enfoque em livrarias. **Revista Eletrônica de Engenharia Civil**, v. 9, n. 1, 2014. Disponível em: <https://revistas.ufg.br/reec/article/view/25841/17039>.

RODRIGUES, Pierre. Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica – Procel. **Manual de Iluminação Eficiente.** 2002. Disponível em:
http://www.cqgp.sp.gov.br/gt_licitacoes/publicacoes/procel%20predio_pub_manual_iluminacao.pdf.

SEBRAE-SP E ABESCO. **Comércio e serviços: economize energia para lucrar mais.** 2015. Disponível em:
https://www.ambienteenergia.com.br/wpcontent/uploads/2015/09/comercio_servicos_economize_energia_para_lucrar_mais.pdf.

VIANNA, N. S.; GONÇALVES, J. C. S. **Iluminação e arquitetura.** São Paulo: Virtus, 2001.

WANDERLEY, Thiago Costa. A evolução das lâmpadas e a grande revolução dos LEDs. **Revista Especialize On-line IPOG**, Goiânia, v. 1, n. 9, dez. 2014.