



XIENCAC
ENCONTRO NACIONAL DE CONFORTO
NO AMBIENTE CONSTRUÍDO

VIIELACAC
ENCONTRO LATINO AMERICANO DE CONFORTO
NO AMBIENTE CONSTRUÍDO

Búzios - RJ - 2011

AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO LUMÍNICO DE EDIFICAÇÃO DE ENSINO SUPERIOR EM CIDADE DE CLIMA TROPICAL CONTINENTAL

Aline Cristina Jara da Silva (1); Jossé Antônio Lambert (2); Marta C. J. A. Nogueira (3); Raquel Moussalem Apolonio (4).

(1) Arquiteta, Mestre pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, alinejara@hotmail.com;

(2) Dra. Professora do Departamento de Arquitetura e Urbanismo, mcjanp@gmail.com

(3) Dr, Professor do Departamento de Engenharia Elétrica, lambert@ufmt.br;

(4) Arquiteta, Mestre pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, raquelmoussalem@hotmail.com

Universidade Federal de Mato Grosso, Programa de Pós-Graduação em Física Ambiental, Cuiabá–MT, 78068-635, Tel.: (65) 3615 8738.

RESUMO

Este trabalho tem como objetivo geral avaliar o desempenho lumínico de uma edificação de ensino superior, situada na Universidade Federal de Mato Grosso - UFMT. Para isso, foi realizado estudo de caso em três ambientes da Faculdade de Enfermagem - FAEN: sala de aula, sala de reunião e área de convivência. Os ambientes analisados foram monitorados por 15 dias consecutivos durante as estações do verão, outono e inverno no ano de 2010. O desempenho lumínico foi analisado por meio da verificação da iluminância média nos ambientes iluminados naturalmente e artificialmente. Constatou-se que há deficiências quanto à iluminação natural e artificial nos ambientes analisados. Os resultados obtidos contribuem na produção de futuras edificações do campus da UFMT, no sentido de direcionar as decisões de projeto para se obter ambientes com conforto lumínico eficientes energeticamente e que favoreçam o processo de ensino-aprendizagem dos usuários.

Palavras-chave: eficiência energética, conforto lumínico, conforto ambiental.

ABSTRACT

This paper's general objective is to evaluate the luminous performance of a graduation school edification in the Federal University of Mato Grosso – UFMT. For that matter, a case study was developed in three environments of the Nursing School – FAEN: classroom, meeting room and public area. The analyzed environments were monitored for 15 consecutive days in the summer, fall and winter of 2010. The luminous performance was analyzed through the verification of the average lightning in the environments lit natural and artificially. It was noted deficiency regarding the natural and artificial lighting in the environments analyzed. The results obtained contribute in the production of future edifications on campus, directing project decisions aiming to create thermal luminous comfort in energy efficient environments favoring the teaching and learning process of the users.

Keywords: energy efficiency, luminous comfort, environmental comfort.

1. INTRODUÇÃO

A cada dia torna-se evidente a real necessidade em relacionar a arquitetura às questões energéticas e ambientais, de forma a otimizar a concepção de ambientes confortáveis minimizando a exploração dos recursos naturais e os custos com energia elétrica.

O modernismo trouxe várias tendências arquitetônicas a diversos países do mundo, entre eles a utilização dos vidros de forma intensiva, que foi estendido das áreas de abertura para toda a extensão da fachada.

O uso exagerado do vidro não se limitou aos países de clima temperados, mas se expandiu aos países de clima tropicais, onde as médias de temperatura são altas durante grandes períodos do ano. Isso acarreta problemas referentes ao conforto ambiental, com o aumento da carga térmica no interior do ambiente além do ofuscamento.

Os sistemas de iluminação e o condicionamento de ar consomem parcela considerável da energia elétrica do setor residencial, público e comercial. O consumo de energia por meio destes sistemas está diretamente ligado ao projeto arquitetônico da edificação.

O conforto ambiental influencia na sensação de satisfação, na qualidade de vida e na produtividade do usuário. A arquitetura bioclimática baseia-se em estratégias arquitetônicas e construtivas que evitam o desperdício de energia e otimizam o conforto ambiental de seus usuários.

A edificação escolar deve ser um ambiente agradável, onde as pessoas possam realizar suas atividades de ensino. Por isso, ela deve ser sempre projetada com a intenção de garantir o máximo de conforto aos usuários. No caso das edificações construídas no campus da UFMT, o custo influencia as decisões de projeto, há uma tendência a padronização dos projetos arquitetônicos, reproduzindo-se, nos campi, as mesmas tipologias.

Ainda que os profissionais da área tenham conhecimento sobre os melhores equipamentos e técnicas para garantir o conforto do usuário, eles não o empregam em seus projetos por receio de alterar técnicas e modelos padrões fechados, onde já se conhecem os custos.

Oliveira (2007, p. 21) afirma que “a utilização de estratégias bioclimáticas e equipamentos energeticamente eficientes, em edificações corretamente planejadas desde a fase de projeto, podem reduzir significativamente o consumo de energia”.

Cuiabá possui grande disponibilidade de luz solar, que favorece o uso da iluminação natural como recurso fácil a ser aplicado nos projetos arquitetônicos. Oliveira (2007, p. 20) salienta que “diante dos novos conceitos na aplicação da eficiência energética, esta utilização é altamente recomendável, já que é uma fonte inesgotável, livre de custos de manutenção e que é produzida sem riscos ao meio ambiente”.

2. OBJETIVO

Este trabalho tem como objetivo avaliar o desempenho lumínico da Faculdade de Enfermagem – FAEN, localizado na Universidade Federal de Mato Grosso, campus de Cuiabá.

3. MÉTODO

Este item apresenta a metodologia de pesquisa aplicada para o desenvolvimento do trabalho, dividida em duas etapas: 1) Coleta de dados e 2) Avaliação do desempenho lumínico.

3.1. Coleta de dados

A coleta de dados foi realizada em três ambientes da Faculdade de Enfermagem, localizada no campus da Universidade Federal de Mato Grosso. Os ambientes estudados foram: sala de aula, sala de reunião e área de convivência conforme pode ser visto na (Figura 1).



Figura 1 - Localização dos ambientes analisados

Para as medições de iluminação utilizou-se o Luxímetro Digital Portátil, modelo LD-510, marca ICEL conforme Figura 2.



Figura 2 - Luxímetro Digital Portátil

As Figuras 3 e 4 apresentam o posicionamento dos pontos de coleta de dados de cada ambiente estudado.

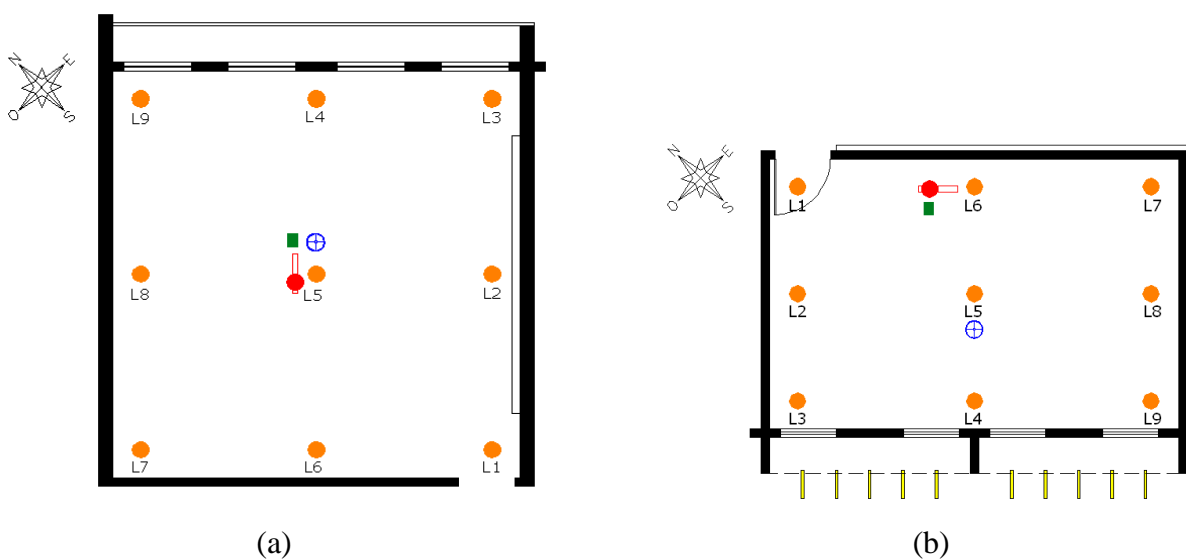


Figura 3 - Pontos de medição na sala de aula (a) e na sala de reunião (b).

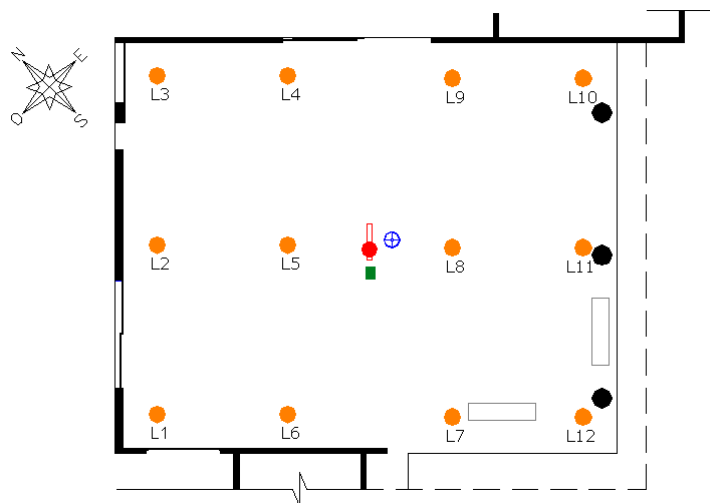


Figura 4 - Pontos de medição na área de convivência.

3.2. Avaliação do desempenho lumínico

Para verificar se a iluminação disponível nos ambientes encontra-se dentro dos limites da NBR-5413 (1992), que estabelece valores de 300 Lux para sala de aula, 200 lux para sala de reunião e 150 Lux para área de convivência (saguão), foram coletados dados horários de iluminância nas três estações do ano analisadas, em pontos internos e em um ponto externo à edificação.

Foram coletados no total 13.860 dados de iluminância, sendo 330 dados diários e 4.950 dados por estação do ano, exceto no verão que registrou 3.960 dados, pois o período de medição foi de 12 dias, enquanto que no outono e inverno foi de 15 dias cada.

Na sala de aula e sala de reunião foram escolhidos nove pontos distribuídos em uma malha para coletar dados de iluminância, na área de convivência foram escolhidos 12 pontos. Já no ambiente externo foi escolhido um ponto próximo ao abrigo termométrico para medição da iluminância externa.

As medições foram feitas com intervalos de uma hora utilizando o luxímetro digital, sendo que na sala de aula e na sala de reunião mediu-se primeiramente a iluminação natural do ambiente e posteriormente mediu-se a iluminação artificial somada à natural.

Os dados foram apresentados através de médias horárias por estação em cada um dos ambientes analisados, sendo feito posteriormente a análise através de gráficos demonstrativos da disponibilidade de luz nos ambientes.

No dia 05 de fevereiro de 2010, no período noturno foi realizada a medição da iluminação artificial sem a contribuição da natural, com base na NBR-5382 (1985) para verificação da iluminância de interiores de áreas retangulares nos ambientes estudados.

O método utilizado resultou em valores de iluminância média com no máximo 10% de erro sobre os valores que seriam obtidos pela divisão da área total em áreas de (50 x 50) cm, fazendo-se uma medição em cada área e calculando-se a média aritmética (NBR-5382, 1985). Para o cálculo da iluminância média de cada ambiente utilizou-se a Equação 1.

$$\text{Iluminância Média} = \frac{R (N - 1) (M - 1) Q (N - 1) T (M - 1) P}{NM} \quad (\text{Equação 1})$$

Onde:

R – Média aritmética de R1, R2, R3, R4, R5, R6, R7 e R8;

Q – Média aritmética de Q1, Q2, Q3 e Q4;

T – Média aritmética de T1, T2, T3 e T4;

P – Média aritmética de P1 e P2;

N – Número de luminárias por fila;

M – Número de filas.

O sistema de iluminação da sala de aula é composto por dezesseis lâmpadas fluorescentes T8 de 32W da marca Sylvania – Branco Confort, oito luminárias de sobrepor com refletor de alumínio alto brilho, com aletas da marca Lumavi e reatores eletrônicos com alto fator de potência da marca Tecnolight. O sistema de iluminação da sala de reunião é composto por oito lâmpadas fluorescentes T8 de 32W da marca

Sylvania – Branco Confort, quatro luminárias de sobrepor com refletor de alumínio alto brilho, com aletas da marca Lumavi e reatores eletrônicos com alto fator de potência da marca Tecnolight. A Figura 5 apresenta a localização das luminárias e os pontos de medição na sala de aula e na sala de reunião.

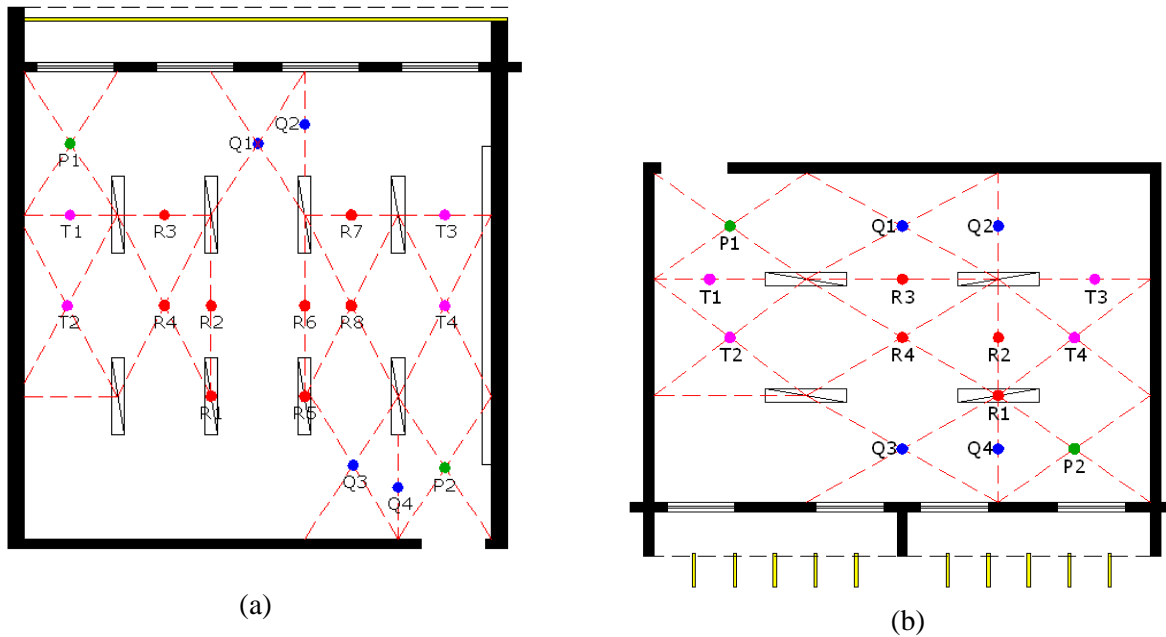


Figura 5 - Pontos de coleta de dados de iluminância no período noturno na sala de aula (a) e na sala de reunião (b)

O sistema de iluminação da área de convivência é composto por dezoito lâmpadas fluorescentes T8 de 32W da marca Sylvania – Branco Confort, nove luminárias de sobrepor com refletor de alumínio alto brilho, com aletas da marca Lumavi e reatores eletrônicos com alto fator de potência da marca Tecnolight. A Figura 50 apresenta a localização das luminárias e os pontos de medição na área de convivência.

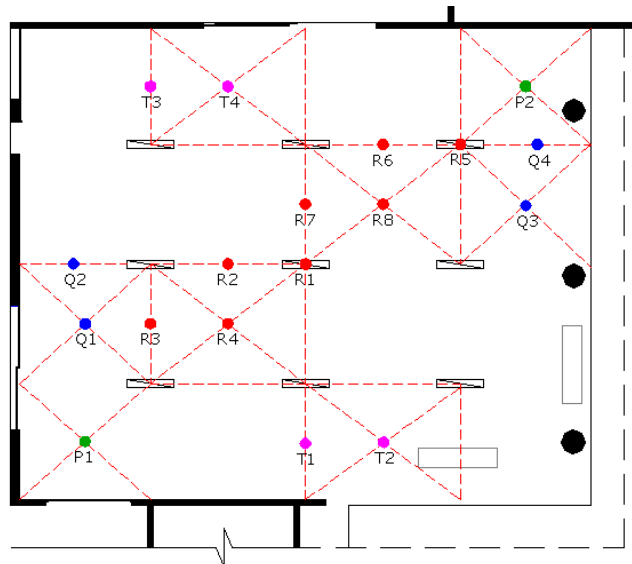


Figura 6 - Pontos de coleta de dados de iluminância na área de convivência no período noturno

Os sistemas de iluminação dos ambientes analisados são compostos de lâmpadas fluorescentes, luminárias com refletor de alumínio de alto brilho e reatores eletrônicos de alto fator de potência, ou seja, equipamentos mais econômicos e eficientes que favorecem a conservação de energia elétrica.

4. ANÁLISE DE RESULTADOS

4.1. Avaliação do desempenho lumínico

4.1.1. Sala de aula

A iluminação natural do ambiente interno, analisada no período do verão apresenta-se como insuficiente para

a atividade realizada, segundo a NBR 5413, a média de iluminância registrada para o período de coleta de dados foi de $35,83 \pm 22,22$ Lux, sendo que o mínimo exigido pela norma é de 300 Lux. Esta deficiência de iluminação natural se agrava devido à presença dos *brises soleils* metálicos, que além de possuírem as lâminas muito próximas, são pintados na cor amarela, que impede a entrada e distribuição da iluminação natural no ambiente, além do sombreamento causado pela arborização externa no período da manhã

Porém a média de iluminância registrada com a iluminação artificial somada a iluminação natural foi de $270,30 \pm 31,39$ Lux, que também não atende as exigências da norma, demonstrando a necessidade do uso da iluminação artificial em todos os horários do dia. A Figura 7 apresenta as médias horárias de iluminância medida ora com a iluminação artificial ligada ora desligada.

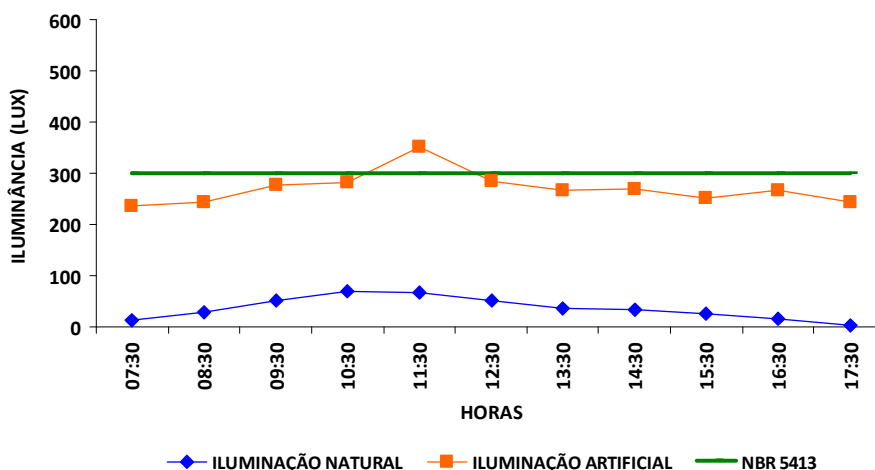


Figura 7 – Médias horárias de iluminância (Lux) natural e artificial, na sala de aula, correspondente à estação do Verão

A iluminação natural do ambiente interno analisada durante o outono apresenta-se como insuficiente para a atividade realizada, segundo a NBR 5413, a média de iluminância registrada para o período de coleta de dados foi de $44,50 \pm 32,71$ Lux, sendo que o mínimo exigido pela norma é de 300 Lux (Figura 8).

Isto ocorre, de fato, devido à presença dos *brises* metálicos pintados na cor amarela, que impede a entrada de iluminação natural no ambiente, além do sombreamento causado pela arborização externa no período diurno. Porém a iluminância registrada com a iluminação artificial somada a iluminação natural foi de $293,51 \pm 27,55$ Lux, que apesar de ser maior que na estação do verão, também não atende as exigências da norma, demonstrando a necessidade do uso da iluminação artificial em todos os horários do dia.

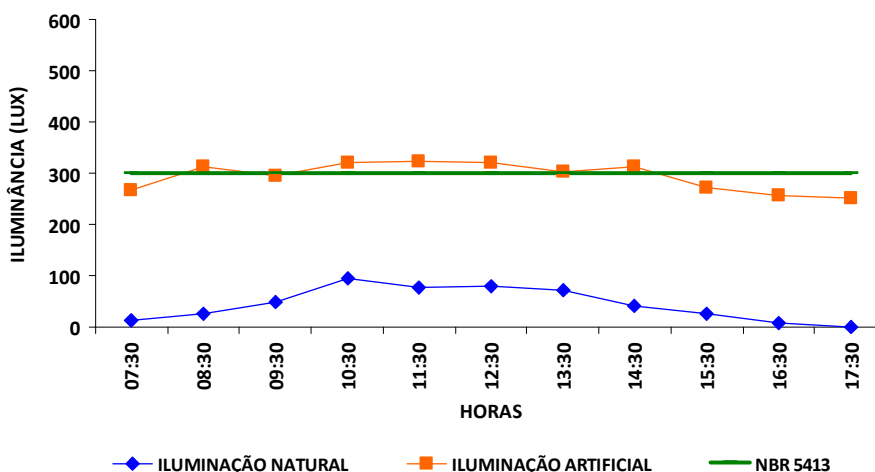


Figura 8 - Médias horárias de iluminância (Lux) natural e artificial, na sala de aula, correspondente à estação do outono

A iluminação natural do ambiente interno, analisada no período do inverno apresenta-se como insuficiente para a atividade realizada, segundo a NBR 5413, a média de iluminância registrada para o período de coleta de dados foi de $53,54 \pm 37,23$ Lux, sendo que o mínimo exigido pela norma é de 300 Lux.

Esta deficiência de iluminação natural se agrava devido à presença dos *brises soleils* metálicos, que além de possuírem as lâminas muito próximas, são pintados na cor amarela, que impede a entrada e distribuição da iluminação natural no ambiente, além do sombreamento causado pela arborização externa no

período da manhã. Porém a média de iluminância registrada com a iluminação artificial somada a iluminação natural foi de $315,63 \pm 39,48$ Lux, que supera as exigências da norma (Figura 9).

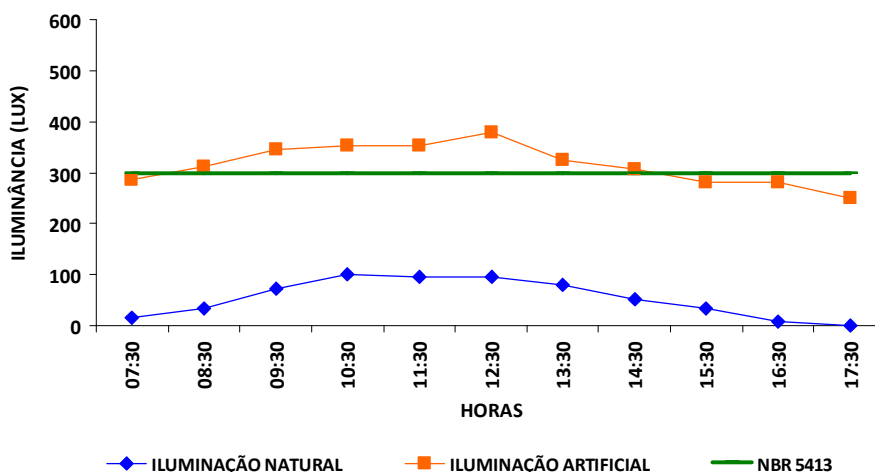


Figura 9 - Médias horárias de iluminância (Lux) natural e artificial, na sala de aula, correspondente à estação do inverno

4.1.2. Sala de reunião

A iluminação natural do ambiente interno, analisada no período do verão apresenta-se como insuficiente para a atividade realizada, na maioria das horas do dia, segundo a NBR 5413.

A iluminância média registrada para o período de coleta de dados foi de $112,04 \pm 84,15$ Lux, sendo que o mínimo exigido pela norma é de 200 Lux conforme Figura 10.

Apenas no período vespertino, no intervalo das 14h e 30min às 15h e 30min, a iluminação natural seria suficiente, atinge as exigências da NBR 5413 para as atividades realizadas, com médias horárias de 224,58 Lux e 303,54 Lux, respectivamente, isto se deve a orientação sudoeste do ambiente.

Porém a iluminância média registrada com a iluminação artificial somada a iluminação natural foi de $349,43 \pm 91,17$ Lux, que supera as exigências da norma, apresentando-se bem iluminada no período vespertino.

A iluminação natural do ambiente interno, analisada no período do outono apresenta-se como insuficiente para a atividade realizada, na maioria das horas do dia, segundo a NBR 5413.

A média registrada para o período de coleta de dados foi de $72,68 \pm 38,02$ Lux, sendo que o mínimo exigido pela norma é de 200 lux. Porém a iluminância média registrada com a iluminação artificial somada a iluminação natural foi de $300,33 \pm 33,94$ Lux, que supera as exigências da norma. A Figura 11 apresenta as médias horárias de iluminância para o período do outono.

A iluminação natural do ambiente interno, analisada durante o inverno apresenta-se como insuficiente para a atividade realizada, na maioria das horas do dia, segundo a NBR 5413 (Figura 12).

A iluminância média registrada para o período de coleta de dados foi de $47,06 \pm 25,53$ Lux, sendo que o mínimo exigido pela norma é de 200 Lux. Porém, a iluminância média registrada com a iluminação artificial somada a iluminação natural foi de $267,66 \pm 22,88$ Lux, que supera as exigências da norma.

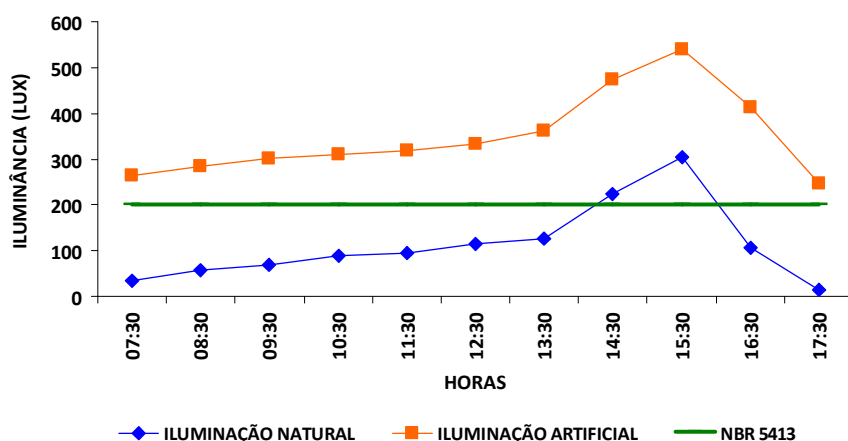


Figura 10 - Médias horárias de iluminância (Lux) natural e artificial, na sala de reunião, correspondente à estação do verão

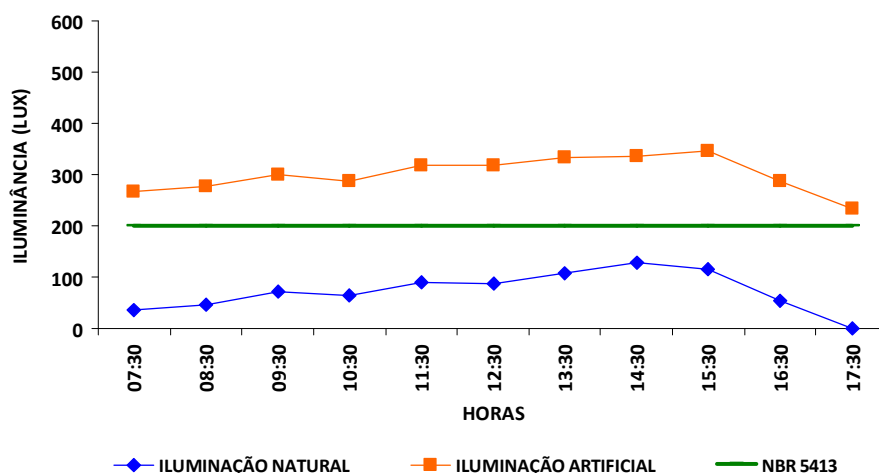


Figura 11 - Médias horárias de iluminância (Lux) natural e artificial, na sala de reunião, correspondente à estação do outono

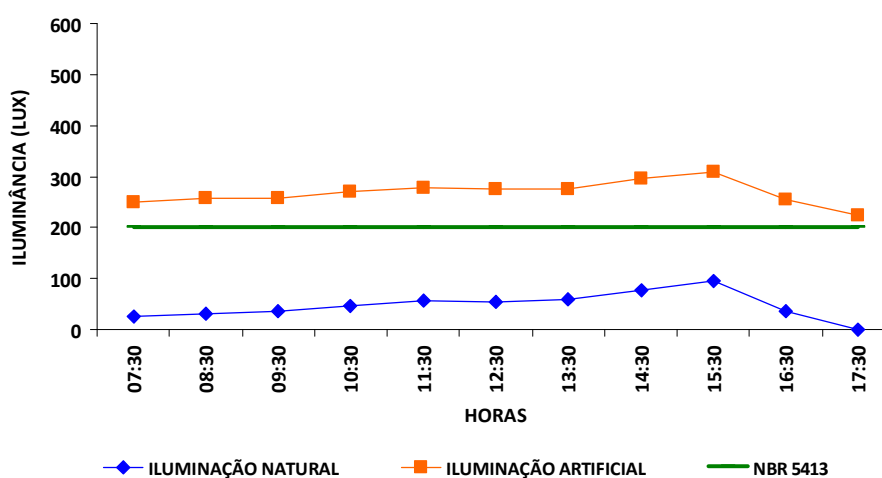


Figura 12 – Médias horárias de iluminância (Lux) natural e artificial, na sala de reunião, correspondente à estação do inverno

4.1.3. Área de Convivência

A iluminação natural da área de convivência, analisada durante um período no verão apresenta-se como suficiente para a atividade realizada, segundo a NBR 5413.

A iluminância média registrada para o período de coleta de dados foi de $2.613,32 \pm 957,04$ Lux, sendo que o mínimo exigido pela norma seria de 150 Lux. Desta forma a iluminação natural do ambiente supera as exigências da norma (Figura 13), isto se deve a presença de esquadrias de vidro fixo sob o telhado nas orientações nordeste e sudoeste, que permite a entrada de iluminação natural durante todo o dia.

A iluminância média registrada no ambiente externo foi de $48.545,74 \pm 24.977,38$ Lux.

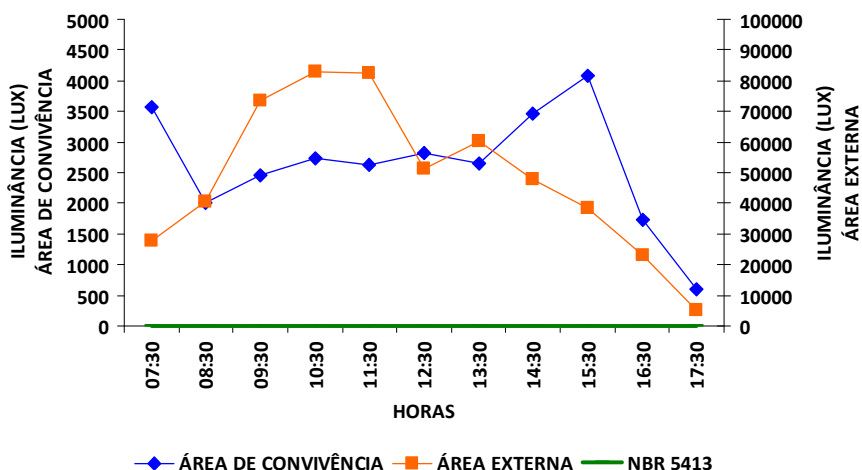


Figura 13 - Médias horárias de iluminância (Lux) natural e artificial, na área de convivência, correspondente à estação do verão

A iluminação natural do ambiente interno, analisada no período do outono apresenta-se como suficiente para a atividade realizada, segundo a NBR 5413, a iluminância média registrada para o período de coleta de dados foi de $1.843,91 \pm 938,57$ Lux, sendo que o mínimo exigido pela norma seria de 150 Lux. Desta forma a iluminação natural do ambiente supera as exigências da norma (Figura 14), isto se deve a presença de esquadrias altas de vidro fixo nas orientações nordeste e sudoeste, que permite a entrada de iluminação natural durante todo o dia. A iluminância média registrada no ambiente externo foi de $49.937,87 \pm 28.622,69$ Lux.

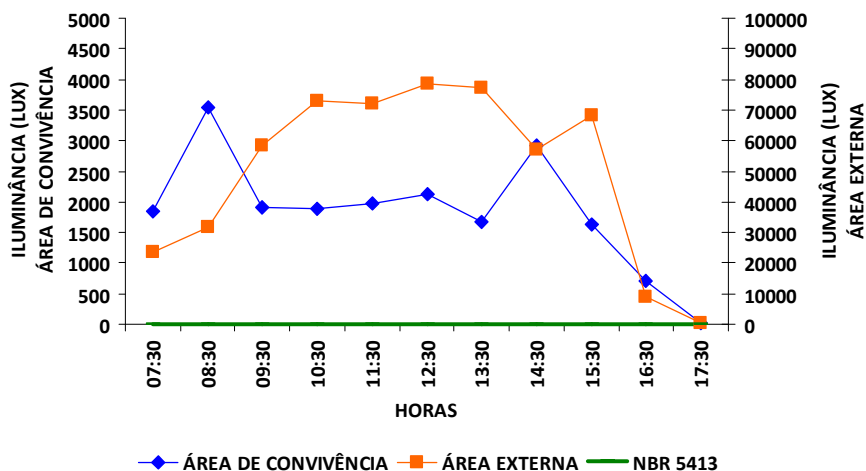


Figura 14 - Médias horárias de iluminância (Lux) natural e artificial, na área de convivência, correspondente à estação do outono

A iluminação natural do ambiente interno, analisada durante um período no inverno apresenta-se suficiente para a atividade realizada, segundo a NBR 5413, a iluminância média registrada para o período de coleta de dados foi de $1.664,17 \pm 831,08$ Lux, sendo que o mínimo exigido pela norma seria de 150 Lux.

Desta forma a iluminação natural do ambiente supera as exigências da norma (Figura 15), isto se deve a presença de esquadrias altas com vidros fixos transparentes nas orientações nordeste e sudoeste, às cores claras nas paredes, que proporcionam melhor reflexão da luz no ambiente e ainda, devido à abertura na extremidade sudeste do ambiente, que permite a entrada de iluminação natural durante todo o dia.

Porém em virtude da incidência solar direta nas esquadrias, que não possuem proteção solar, ocorre o ofuscamento em algumas horas do dia. A iluminância média registrada no ambiente externo foi de $58.437,48 \pm 34.993,98$ Lux.

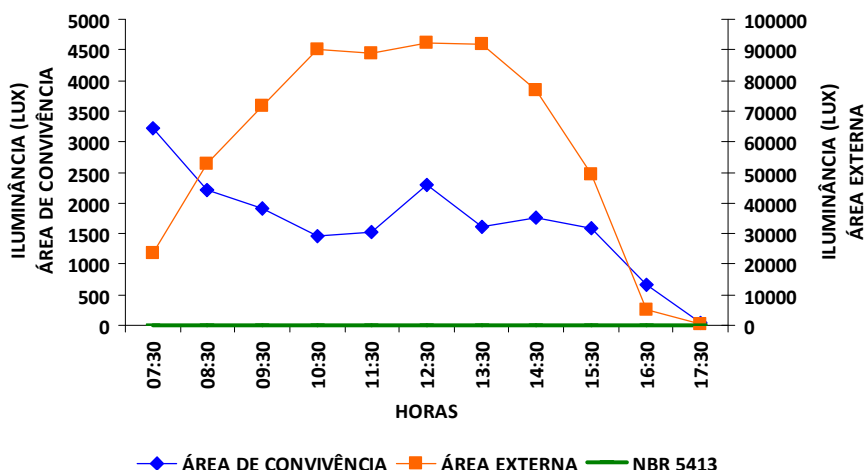


Figura 15 - Médias horárias de iluminância (Lux) natural e artificial, na área de convivência, correspondente à estação do inverno

4.2. Verificação da iluminância de interiores segundo NBR 5382

Após verificação da iluminância de interiores segundo a NBR 5382, nota-se que a sala de aula obteve uma média de 279,06 Lux, ou seja, não atende as exigências mínimas da norma para a atividade realizada, que seria de 300 Lux.

Para a sala de reunião a iluminância média alcançada foi de 259,13 Lux, superando as exigências mínimas da norma para a atividade realizada, que seria de 200 Lux. Porém a área de convivência obteve o

valor de iluminância média de 83,47 Lux, resultado muito inferior ao exigido pela norma para a atividade realizada no local, o valor mínimo para o ambiente seria de 150 Lux.

Com isso, observa-se que apenas a sala de reunião não só atende como também supera as exigências da NBR 5413, enquanto que a sala de aula e área de convivência ficam aquém das necessidades reais de iluminação para a realização das atividades nos ambientes.

Considera-se a iluminação como um fator ambiental que necessita de intervenção urgente nos ambientes analisados, a boa iluminação aumenta a produtividade, pois a percepção visual dos objetos melhora o desempenho de qualquer atividade. Segundo Durante et al. (2009), não se tem consciência das vantagens de uma iluminação adequada e por isso, na escala perceptiva individual, esses fatores adquirem importância secundária no julgamento dos usuários.

5. CONCLUSÕES

Em Cuiabá há luz natural abundante, devido a sua posição geográfica, entretanto não se faz uso dela. Percebe-se que na sala de aula e sala de reunião a iluminação natural é insuficiente ou mal distribuída. Nota-se que os projetistas não têm dado a devida atenção à questão da iluminação, do posicionamento das aberturas, limitando-se as precauções e recomendações, quando tomadas, a questões relativas à temperatura, julgadas por todos, técnicos ou não, como fator de projeto mais importante. As questões relativas à iluminação ficam em segundo plano, uma vez que, os usuários geralmente não tem consciência de sua importância e, portanto, os procedimentos não são cobrados (DURANTE et al, 2009).

Em relação à iluminância dos ambientes, observa-se que o ambiente externo apresenta médias de iluminância bastante altas, pois a região possui uma grande quantidade de radiação solar devido sua posição geográfica.

Percebe-se que a área de convivência possui maior disponibilidade de luz natural, a iluminância média encontrada no ambiente supera a NBR 5413, porém em virtude da incidência solar direta nas esquadrias, que não possuem proteção solar, ocorre o ofuscamento em algumas horas do dia.

Tanto a sala de aula como a sala de reunião não possuem disponibilidade de iluminação natural suficiente para atingir às exigências da norma. Portanto torna-se indispensável o uso de iluminação artificial nestes ambientes, onerando os gastos com energia elétrica.

Com relação à verificação da iluminância média segundo a NBR 5382 nos ambientes analisados no período noturno, apenas a sala de reunião atinge às exigências da NBR 5413, sendo que a área de convivência fica muito aquém do mínimo exigido, sendo necessária uma readequação dos ambientes com novo projeto luminotécnico.

Em termos de recomendações a serem feitas para a melhoria das condições de conforto lumínico nos ambientes propõe-se um novo projeto luminotécnico para a sala de aula e área de convivência, que apesar de possuírem lâmpadas fluorescentes e reatores eletrônicos, mais econômicos e eficientes, o sistema de iluminação encontra-se subdimensionado principalmente para o período noturno.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - NBR 5382/1985. **Verificação de Iluminância de Interiores**. Rio de Janeiro.
- _____. NBR 5413/1992 – **Iluminância de Interiores**. Rio de Janeiro.
- DURANTE, L. C. et al. **Arquitetura escolar e conforto ambiental em Cuiabá-MT**. Coleção Estudos em Conforto Ambiental, Cuiabá, MT, v.1, p.163-174, 2009.
- OLIVEIRA, A. S. **Análise de desempenho térmico e consumo de Energia em residências na cidade de Cuiabá/MT: Estudo de caso**. Cuiabá-MT, 2007. 109 f. Dissertação (Mestrado em Física Ambiental) – Universidade Federal de Mato Grosso.