

Desempenho lumínico em salas de aula segundo as normas nacionais: relato de uma experiência

Luana Furlan Silva¹
Sofia Schrader Vilas Boas²
Carlos Augusto Niemeyer³

Resumo: Este artigo apresenta os resultados de um estudo de caso de avaliação de desempenho lumínico em salas de aula com base na metodologia sugerida pelas normas nacionais ABNT: NBR 15.215-4 e NBR 8.995-13. Remete aos resultados do projeto de pesquisa de Iniciação Científica do Curso Técnico de Design de Interiores do campus Jacareí do IFSP. A experiência permitiu conduzir uma pesquisa real de análise de desempenho lumínico de salas de aula com manuseio de equipamento de medição de iluminância - Luxímetro - permitindo relevantes resultados que oferecem um diagnóstico do estado de conforto lumínico das salas de aula desta ala do campus.

Palavras-chave: Conforto Lumínico. Desempenho Lumínico em salas de aula. Conforto Ambiental.

Abstract: This paper presents the results of a case study of light performance evaluation in classrooms based on the methodology suggested by national standards ABNT: NBR 15.215-4 and NBR 8.995-13. Refer to the results of the research project of Scientific Initiation of the Technical Course of Interior Design of the Jacareí campus of the IFSP. The experiment allowed conducting a real research of classroom light performance analysis with handling of illuminance measurement equipment - Luxmeter - allowing relevant results that provide a diagnosis of the state of luminous comfort of the classrooms of this wing of the campus.

Keywords: Luminous Comfort. Light Performance in classrooms. Environmental comfort.

Introdução

O conceito de conforto ambiental relaciona-se a uma profunda sensação de bem-estar frente a manutenção de nossa saúde física e psíquica culminando em um sentimento pleno de satisfação com o ambiente físico em que vivemos.

Um ambiente habitável para ser considerado adequado deve atender positivamente a um conjunto de variáveis de conforto ambiental, buscando minimizar quaisquer efeitos negativos causadores de desconforto que venham a prejudicar o rendimento seja qual for a atividade nele envolvido. Atualmente, é indiscutível que questões ambientais são critérios imprescindíveis para definição da solução arquitetônica sob pena do projeto final não atender plenamente a requisitos de salubridade, conforto e eficiência.

¹ Técnica em Design de Interiores. IFSP- campus Jacareí. Luana.furlan16@hotmail.com

² Técnica em Design de Interiores. IFSP- campus Jacareí. Sofia.schrader15@gmail.com

³ Professor Doutor em Arquitetura e Urbanismo. IFSP- campus Jacareí. carlosniemeyer@ifsp.edu.br

Isso é mais evidente quando trabalhamos com ambientes escolares, recintos em que os alunos passam parte considerável de suas vidas submetidos às imposições do ambiente. Por este aspecto, é necessário que salas de aulas possam oferecer excelentes condições ambientais, aqui entendido como condições higrotérmicas, acústicas, visuais, de qualidade do ar e ergonômicas.

Este artigo, especificamente, vem trabalhar questões ligadas ao desempenho lumínico, importante variável ambiental ligada à saúde visual uma vez que depende-se de condições confortáveis de visibilidade na lousa e no plano de trabalho (carteira) para exercer adequadamente tarefas e atividades de estudo. Baseia-se nos resultados de um projeto de Iniciação Científica (IC) concluído em 2018 junto a alunos do curso técnico de Design de Interiores do campus Jacareí do IFSP, proposto no interesse de se avaliar as condições de conforto lumínico nas salas de aula situadas na ala leste do bloco de aulas. Para isso, foram feitos registros de iluminância, posteriormente comparados às normas nacionais da ABNT. O resultado do relatório aqui sintetizado previu levantar e quantificar o desempenho lumínico dos ambientes com base em procedimentos normativos.

Objetivo do estudo

O presente estudo tem o objetivo de promover uma avaliação de desempenho lumínico das salas de aula da ala leste do campus com base em levantamentos *in situ* através de aparelhos. O interesse foi confrontar a intensidade luminosa ou Iluminância existente no ambiente real com os valores mínimos exigidos pela norma técnica nacional ABNT NBR 8.995-13.

As salas de aula do campus Jacareí do IFSP possuem dimensões de 8,15 m x 7,20 m por 3,50 m de pé-direito com amplas janelas tipo maxi-ar em sua maior dimensão. Não há qualquer dispositivo protetor de insolação nas fachadas (vide Fig. 2) tais como brises, cortinas, etc. exigindo, mas tão somente uma persiana vertical de tecido que, entretanto, provoca acentuado desconforto térmico na expectativa de proteger da insolação excessiva no período matutino. As medições lumínicas foram realizadas na sala 02 da ala leste do último piso do bloco de aulas e que compõem (junto com as salas 4 e 6) as salas de aula teóricas destinadas ao curso de Design de Interiores e que servem como paradigma para os demais setores de trabalho.

Ressaltam-se duas importantes pretensões que guiaram este estudo: primeiramente, oferecer um relevante estudo de caso em ciência e tecnologia com propósitos maiores de ampliação do conhecimento aos alunos, cuja teoria é vista regularmente na disciplina de Conforto Lumínico e Ergonomia (CLED3) do curso técnico em Design de Interiores do campus Jacareí do IFSP. Estudos práticos promovidos através de IC são de grande valia, como

instrumento de aprendizado e agente de fomento à interação entre o estudante, a escola e a comunidade. Em segundo lugar, este de cunho prático, obter relevantes informações acerca do desempenho lumínico dos ambientes que possam, por fim, corroborar propostas de melhorias futuras no sistema de conforto ambiental de nossos ambientes de trabalho e de estudo.

Fundamentação teórica

A principal função de uma edificação, seja ela de uso público ou não, é propiciar a seus usuários uma esperada proteção física e conforto para o desenvolvimento de atividades humanas. Essa harmonia no ambiente construído pode ser alcançada por meio de uma ciência aplicada no âmbito da arquitetura e do design chamada “conforto ambiental”, termo que descreve um estado de satisfação mental do ser humano com o ambiente, e que significa boas condições térmicas, acústicas, visuais, de qualidade do ar e ergonômicas para a realização de uma tarefa humana, seja de lazer, trabalho, descanso ou estudo (Pinheiro; Crivelaro, 2014).

A receita da boa prática de arquitetura é planejar espaços que ofereçam condições plenas de conforto ambiental permitindo a melhor integração possível do homem com seu ambiente. No contexto de uma unidade escolar, a preocupação com a qualidade ambiental deve ser fundamental uma vez que alunos ocupam um significativo tempo da vida nos bancos escolares, restritos, portanto, às condições ambientais impostas, estas nem sempre satisfatórias.

Alcançar um desempenho ambiental que seja satisfatório exige entendimento das distintas condições climáticas e também quanto às exigências de conforto. São estas que irão influenciar as diversas condições: térmicas, acústicas, perceptivo-psicológicas, antropométricas e, finalmente, lumínicas, afeta a boa visibilidade dos planos de trabalho, adequando, ainda, racionalidade no uso da energia evitando desperdícios no consumo. Um ótimo desempenho de conforto é alcançado quando esses componentes são devidamente contemplados, sendo considerado, dessa forma, importante parâmetro de sustentabilidade na construção.

Entretanto, a realidade de muitas salas de aula nas escolas brasileiras tem demonstrado um baixo desempenho ambiental, em especial a obra pública, fruto de uma visão historicamente limitada e reducionista da qualidade ambiental no Brasil, inviabilizando padrões construtivos mais sustentáveis e eficientes (Sombreira, et al, 2007). Uma realidade que pode e vem sendo gradativamente mudada.

Diversos estudos de conforto ambiental no ambiente escolar reiteram a necessária observância de critérios que atendam necessidades humanas de comodidade, sem o qual, conseqüentemente, persistirá a ocorrência de situações de baixo rendimento e produtividade no

Ambientes de permanência prolongada, caso de salas de aula, devem ser prioritariamente objeto de atenção de designers e arquitetos para se evitar condições impróprias à saúde das pessoas que ocupam cotidianamente esses locais. Neste aspecto, boas condições lumínicas são essenciais evidentemente para o desenvolvimento de atividades intelectuais que exijam a leitura e a escrita. Em uma estação de trabalho, tal exigência não é menos importante. Nos ambientes de ensino-aprendizagem, todavia, a perfeita visualização da lousa e do plano de trabalho (carteira) pelo aluno exige um nível de iluminância adequado sob pena de provocar cansaço do aparelho visual e, por extensão, repercutir negativamente no aprendizado.

No Brasil, a Norma ABNT NBR 15.251-4 prescreve o método para a verificação experimental das condições de iluminância em ambientes internos. Tais levantamentos serão confrontados com condições mínimas de iluminância prescritas em outra norma técnica nacional, a ABNT NBR 8.995-13, que especifica os requisitos de iluminação necessários para o bom desempenho de tarefas visuais com conforto e segurança. Essas normas são basilares para fundamentar estudos de análise de desempenho lumínico.

No Brasil, a Norma ABNT NBR 15.251-4 prescreve o método para a verificação experimental das condições de iluminância em ambientes internos. Tais levantamentos serão confrontados com condições mínimas de iluminância prescritas em outra norma técnica nacional, a ABNT NBR 8.995-13, que especifica os requisitos de iluminação necessários para o bom desempenho de tarefas visuais com conforto e segurança. Essas normas são basilares para fundamentar estudos de análise de desempenho lumínico.

Figura 1: Vista aérea do bloco escolar com destaque à projeção da sala estudada e sua orientação em relação ao norte magnético



Fonte: Google Earth

Assim sendo, apropriando-se dos valores normativos recomendados, tem-se que uma sala de aula deve possuir no plano de trabalho valores de iluminância médios de 300 lux/dia e 500 lux/noite, segundo recomenda a NBR 8.995-13. Observa-se que o bloco de aulas (vide Fig. 1) possui fachadas voltadas para orientações distintas: a ala leste, objeto deste estudo, recebe insolação de verão desde o nascer do sol até cerca das 12:00 horas, e até pelas 13:00 hs nos equinócios (primavera e outono). A carga acentuada de insolação direta que esta fachada

recebe, resultado da ausência de dispositivos externos de proteção, como brises e marquises (vide Fig. 2), acarreta problemas térmicos bem como um acentuado deslumbramento (incômodo na visão) nos horários de pico devido ao reflexo da luz natural nas paredes brancas da sala. Na Figura 1, a seguir, visualiza-se a implantação desta sala, bastante insolada, ao pegar todo o sol da manhã e do início da tarde.

Figura 2 a/b: Vista externa e interna da sala 2



Fonte: Imagens do autor

Materiais e Métodos

As medições de Iluminância foram feitas com base na utilização de um Luxímetro digital de propriedade do professor orientador, o mesmo utilizado em demonstrações práticas em sala de aula nas disciplinas de conforto ambiental na área de Design de Interiores. O aparelho da marca AKSO Modelo AK 309 possui resolução de 1 Lux sendo as medições tomadas em um plano de trabalho hipotético, recomendado pela norma técnica, a 75 cm do solo (vide Fig. 4-5), tomados em 16 (dezesesseis) pontos equidistantes da sala; estes marcados previamente no piso, com base no cálculo do índice do local (K) conforme recomenda a metodologia disposta na NBR 15.215-4. Para determinar o número de pontos necessários de medição deve-se determinar o índice do local (K) pela equação dada abaixo e recorrer à tabela 2 da norma (vide Tabela 1):

$$K = \frac{C \times L}{Hm \times (C + L)}$$

Onde:

L é a largura do ambiente, em metros;

C é o comprimento do ambiente, em metros;

Hm é a distância vertical, em metros, entre a superfície de trabalho e o topo da janela, em metros, conforme indicado na Figura 3.

Figura 3: Determinação de H_m pela ABNT NBR 15.215-4 (Pg. 7). Neste estudo, o H_m é 2,25 m

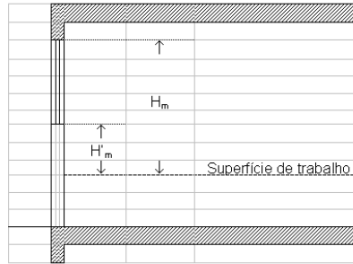


Tabela 1: Determinação de número de pontos de medição. No destaque a quantidade de pontos de medição indicados para a sala em estudo.

K	Nº de pontos
$K < 1$	9
$1 \leq K < 2$	16
$2 \leq K < 3$	25
$K \geq 3$	36

¹⁾ Fonte: CIBSE [1984].

Fonte: NBR 15.215-4 (Pg. 7).

Pela aplicação da equação dada obtem-se o índice $K = 1,40$ indicando, portanto, um total de 16 (dezesseis) pontos de medição nesta sala (vide Tabela 1), sendo estes medidos com trena e marcados com fita crepe no chão para onde se posicionou o aparelho a 75 cm do piso, sempre de frente para a janela, evitando a sombra do operador sobre o sensor do aparelho.

Figuras 4-5: Na imagem as medições de iluminância, sempre efetuadas em dupla. No detalhe o Luxímetro utilizado.



As medições foram tomadas a cada 2 horas das 8:00 hs às 18:00 hs com as luzes acesas e apagadas (iluminação composta). Foram feitas duas medições: a de verão (dia 05 de março)

e a de outono (04 de junho) buscando aferir os níveis de conforto ao longo do semestre letivo. Os resultados, exibidos graficamente, permitiram avaliar o perfil da iluminância nos diversos horários do dia, e em seguida comparados aos valores normativos.

Análise dos resultados

Tratamento dos dados e análise dos resultados

As medições foram anotadas sistematicamente e tabuladas, produzindo-se gráficos em Excel que permitiram a visualização do fenômeno. Os dados comportaram conclusões, e apresentadas no Relatório Final de IC visando sua divulgação em diversos eventos acadêmicos e, ainda, basear posteriores tomadas de decisão em avaliações físicas pós-ocupacionais.

As medições permitiram gerar gráficos com formato específico à esta finalidade, com uma nuance de valores compatível a geometria da sala conforme modelo normativo sugere e que permite assim uma necessária análise do recinto. Como limites de conforto na análise final foram utilizados os limites fornecidos pela NBR 8.995-13 que são, respectivamente, 300 lux/dia e 500 lux/noite no plano de trabalho considerado, à 75 cm do piso, conforme estabelece a norma técnica e que corresponde à altura das carteiras. As Figuras 6 e 7 mostram os resultados das medições horárias com legenda indicativa de iluminância nos diversos setores da sala. A escala cromática do gráfico é a cada 50 Lux até chegar a 1000 Lux; daí em diante a escala passa a ser a cada 200 Lux (vide abaixo) nas duas situações: com lâmpadas acesas (círculo branco) ou apagadas (círculo preto), simbolicamente representadas com círculos caracterizados a esquerda.

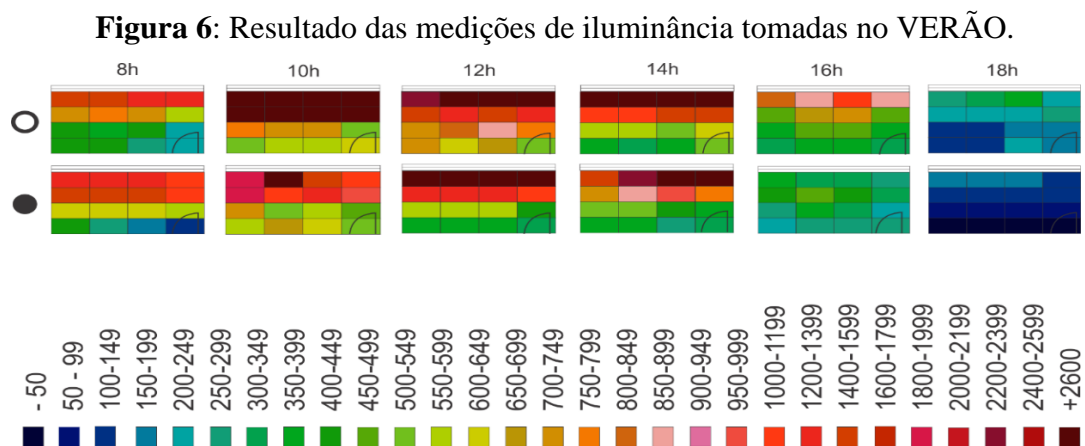
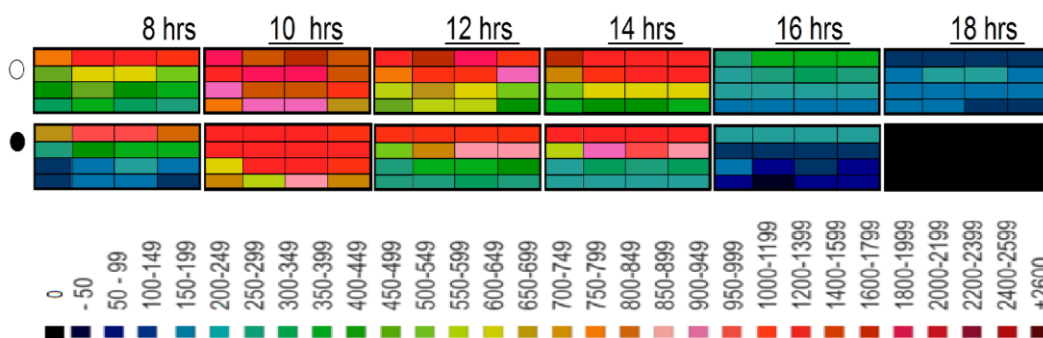


Figura 7: Resultado das medições de iluminância tomadas no OUTONO



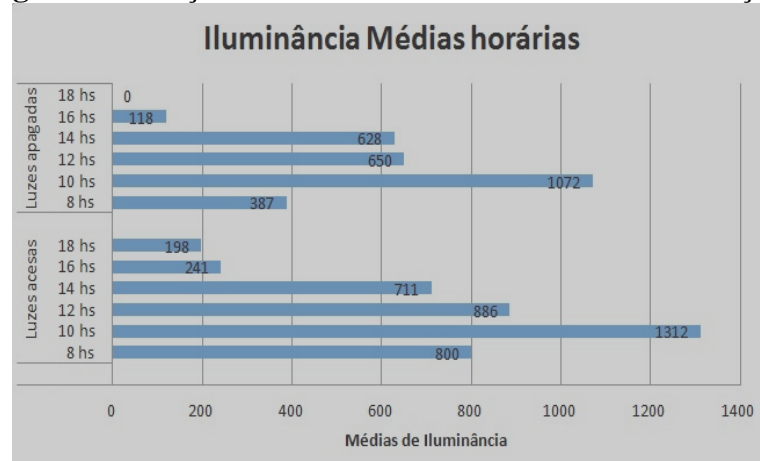
A Iluminância média horária levantada no dia típico de verão pode ser observada no gráfico abaixo (Fig. 8), dia caracterizado por forte nebulosidade; e na de outono na sequência (Fig. 9), dia considerado bom e de forte insolação. As médias tomadas no verão demonstraram que apesar da intensidade da luz ser menor com luzes apagadas, em ambos os casos a iluminação geral foi bem acima do mínimo de 300 lux/dia preconizado pela norma técnica. Todavia, observando sua variação espacial, nota-se que na parede da porta (Fig. 6) já se observa uma queda acentuada da luminosidade a partir das 16h o que dificilmente permitiria manter as luzes apagadas sem provocar algum desconforto localizado. Essa sala, ressalta-se, por sua implantação à leste recebe muita luz da manhã. O gráfico da Fig. 7 (acima) mostra os resultados da Iluminância apurada na estação de outono onde observa-se acentuada queda da luminosidade a partir das 14h junto a parede contrária à janela. Ressalta-se, ainda, que no início das aulas (as 8h) é indesejável manter as luzes apagadas pela ausência de luminosidade mínima na parede oposta à janela em qualquer estação.

Nos gráficos das Figuras 8 e 9 observa-se que, apesar da média diária de Iluminância ser alta entre 8h e 16h em qualquer estação, a leitura real de desempenho nos diversos pontos considerados permitiu maior fidelidade de observação; apreende-se, então, que o ambiente estudado possui um gradiente de iluminação configurando setores com níveis de conforto visual bastante diferenciado em um mesmo horário. A aplicação da metodologia sugerida pela norma nacional, portanto, foi de grande valia para análise de conforto lumínico, ao permitir apropriada avaliação de desempenho do ambiente neste quesito.

Figura 8: Medições horárias de VERÃO nas duas situações.

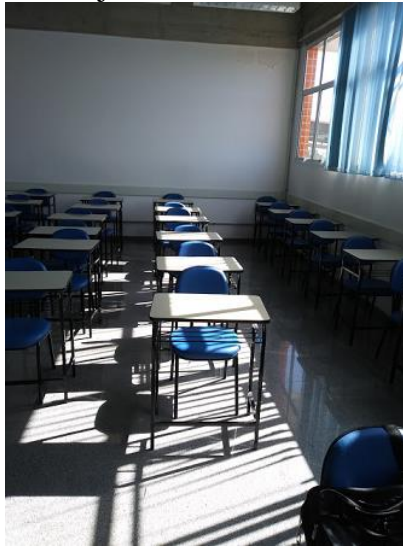


Figura 9: Medições horárias de OUTUBRO nas duas situações.



Por fim nas medições realizadas, tanto de verão como na de outono, observa-se que a gradativa queda da iluminância observada após as 16 horas chegará às 18 horas muito abaixo dos 300 lux preconizados pela norma NBR 8.995-13. Para além das 18h a Iluminância cai para a metade do que a norma preconiza para o ensino noturno (500 Lux) sendo, portanto, inviável para o uso escolar noturno.

Figura 10: Imagem tomada durante as medições de outono, no período da manhã, mostrando o efeito da radiação direta nesta fachada causadora de forte desconforto térmico e lumínico, além de provocar ofuscamentos indesejáveis na lousa e na carteira.



Fonte: Imagem do autor.

Conclusões

O estudo concluiu que a ala leste do bloco possui problemas severos de qualidade lumínica seja pelo excesso de luz em determinados horários e lugares (próximo a janela), causando deslumbramento, seja pela deficiência apresentada em outros (parede oposta), locais que apresentam cerca de 80-90% a menos de Iluminância do que se comparados à locais próximos a janela. Fato este que influi negativamente no conforto visual da sala. A pesquisa atestou serem necessários luzes acesas para compensar a deficiência luminosa no início da manhã e ao cair da tarde (após as 16h) nos lugares afastados da janela, ao contrário daqueles próximos a esta.

Nos horários intermediários a luminosidade atinge valores considerados excessivos exigindo o fechamento da persiana, causando em contrapartida abafamento; porém para as carteiras localizadas na parede oposta necessitam acionar a iluminação composta. Ao cair da tarde a iluminação torna-se deficiente no geral, e a noite a sala é contraindicada para uso nas condições atuais, para as quais exige-se mínimo de 500 luxes. Por ser necessário acender as luzes cotidianamente, impede-se uma maior racionalidade no uso de energia.

A solução preconizada é o reforço lumínico com troca de lâmpadas por outras de maior fluxo luminoso com circuitos independentes para otimizar o acionamento pontual, dando-se preferência a lâmpadas LED's tubulares por serem mais eficientes e sustentáveis. Sem prejuízo da colocação de dispositivos externos de proteção solar como *brises* para evitar os transtornos causados pelo excesso de insolação e agregar melhoria no conforto térmico.

A pesquisa, por fim, alcançou êxito em seus objetivos maiores de propiciar um estudo de caso aos alunos envolvidos nessa IC bem como fornecer relevante informação técnica de desempenho lumínico de salas de aula visando alicerçar estudos e reformas futuras no prédio.

Referências

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT. NBR 15.215-4 (2005). Parte 4: **Verificação experimental das condições de iluminação interna de edificações** - Método de medição.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT. NBR 8.995-13 (2013). **Iluminação de ambientes de trabalho**. Parte 1: Interior.

DALVITE, B, et ali, **Análise de conforto acústico, térmico e lumínico em escolas da rede pública de Santa Maria, RS**. Disc. Scientia. Série: Artes, Letras e Comunicação, S. Maria, v. 8, n. 1, p. 1-13, 2007.

CUNHA, E. G. (Org.), **Elementos de Arquitetura de climatização natural: método projetual buscando a eficiência das edificações**. Porto Alegre: Ed. Masquatro, 2006.

LABAKI, L. C.; BUENO-BARTHOLOMEI, C. L. **Avaliação do conforto térmico e luminoso de prédios escolares da rede pública, Campinas-SP**. VI ENCONTRO NACIONAL DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO. São Pedro (SP), Brasil, de 12 a 14 de Novembro de 2001.

NOGUEIRA, M.C et ali, **Avaliação do conforto ambiental em salas de aula: estudo de caso em Cuiabá**. XII Encontro Nacional e Tecnologia do Ambiente Construído – ENTAC 2008. Fortaleza (CE). 7-10 de outubro de 2008. 27

OCHOA, J.H; ARAUJO, D.L; SATTLER, M.A, **Análise do conforto ambiental em salas de aula: comparação entre dados técnicos e a percepção do usuário**. Ambiente Construído, Porto Alegre, v. 12, n. 1, p. 91-114, jan./mar. 2012.

PINHEIRO, A.C.F.B; CRIVELARO, M, **Conforto Ambiental**. Série Eixos. São Paulo: Ed. Érica, 2014.

SOBREIRA, F.J.A, et ali, **Sustentabilidade em Edificações Públicas: Entraves e Perspectivas**. IV Encontro Nacional e III Encontro Latino-Americano sobre Edificações e Comunidades Sustentáveis. Vitória (ES), Brasil, de 07 a 09 de setembro de 2007.

SOUZA, M.B; CASTRO, A.P.A.S. **Análise do conforto térmico e visual das salas de aula do Bloco 01. Campus da Unimep em Santa Bárbara do Oeste**. 20º Congresso de Iniciação Científica. 2012.