



XII ENCAC Encontro Nacional de Conforto no Ambiente Construído
VIII ELACAC Encontro Latinoamericano de Conforto no Ambiente Construído

BRASÍLIA | 25 a 27 de setembro de 2013

ANALISE DA ILUMINAÇÃO NATURAL EM SALAS DE AULA DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO PIAUÍ

Danniela Christine F. D. Lima (1); Ana Lúcia R. C. da Silveira (2)

(1) Graduada em Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal do Piauí, danni_duarte@hotmail.com

(2) Dra., Professora do Departamento de Construção Civil e Arquitetura, c_silveira@uol.com.br
Universidade Federal do Piauí, Centro de Tecnologia, (86) 3215-5699 Teresina-PI,

RESUMO

O ambiente físico escolar e suas características de ordem arquitetônicas são determinantes no aprendizado dos estudantes, concomitantemente a outros fatores, de ordem pedagógica, cultural, histórica e social. As questões relacionadas ao conforto luminoso em uma cidade de clima tropical como é Teresina em que a abóbada celeste é muito luminosa, exige uma maior preocupação com o tamanho e a orientação das aberturas, pois se forem superdimensionadas podem causar ofuscamento e desconforto térmico. Esse trabalho tem como objetivo analisar a iluminação natural em salas de aula da Universidade Federal do Piauí, e avaliar os tipos de aberturas, materiais de revestimento assim como as características do entorno que possam influenciar a qualidade da iluminação natural. A importância desse estudo é quanto ao melhor aproveitamento da luz natural e a consequente economia de energia elétrica, sem comprometer o conforto térmico. Para tanto foram realizadas medições das iluminâncias em uma amostra das salas de aula da Universidade, para verificar se atendem às exigências da norma NBR 5413. Os resultados encontrados apontam que na maioria das salas é inviável o uso somente com a iluminação natural, por motivos diversos como a opção por proteção contra os ganhos térmicos e visando a possibilidade de uso de projeções multimídia durante as aulas. Mas a qualidade da iluminação natural pode ser facilmente melhorada em muitos casos com simples intervenções como retirada de obstáculos fixos externos às aberturas.

Palavras-chave: Iluminação natural, Salas de aula, Conforto luminoso.

ABSTRACT

The school environment and its architectural characteristics are crucial for students learning, concurrently with other factors, of educational, cultural, historical and social order. Issues related to lighting comfort in a tropical city like Teresina, where the sky is too bright, require a greater concern about the size and orientation of the openings, because in case of it being oversized it can cause glare and thermal discomfort. This study aims to analyze the natural lighting in the classrooms of the Federal University of Piauí, and assess the types of openings, coating materials as well as the characteristics of the surroundings that may influence the quality of natural light. The importance of this study regards the best use of natural light and the consequently energy savings, without compromising thermal comfort. In order to achieve this goal, illuminance measurements were performed on a sample of classrooms of the University to verify if it meets the requirements of the NBR 5413. The results show that in most rooms it is impracticable to only make use of natural lighting for various reasons, such as the option for protection against heat gains and the possibility of using multimedia projections during class. However, the quality of day lighting can easily be improved in many cases with simple interventions, such as the removal of fixed obstacles external to the openings.

Keywords: Daylighting, Classrooms, Lighting comfort.

1. INTRODUÇÃO

O ambiente físico escolar e suas características de ordem arquitetônica influenciam o conforto térmico, acústico e luminoso e são aspectos determinantes no processo de aprendizagem dos estudantes. A análise da qualidade destes ambientes é importante para verificar como estas necessidades são atingidas nos espaços escolares.

Antes do uso da iluminação artificial, a luz natural era aproveitada ao máximo e vista como o meio necessário e econômico de iluminar os edifícios. O uso indiscriminado da iluminação artificial, mesmo quando a iluminação natural é possível durante boa parte do dia, evidencia a necessidade de reverem-se os padrões de uso da iluminação artificial, buscando-se uma maior economia de energia nas edificações.

De acordo com Kowaltowski (2011, p.111), nos espaços escolares “as questões de conforto abordam diversos fatores, tais como a qualidade do ar, condições de ventilação, de comunicação verbal, os níveis de iluminação, a disponibilidade de espaço, os materiais de acabamento”. A maioria dos trabalhos que analisam os edifícios escolares e são apresentados em eventos científicos no Brasil mostram que as condições ambientais das escolas são bastante inadequadas.

A iluminação necessária para uma determinada tarefa nem sempre é fácil ser conseguida por meio das aberturas, sem que ocorram problemas relacionados com o ofuscamento ou contrastes inadequados. De acordo com Hopkinson et al (1975, p.10), “o projeto de iluminação interior é, frequentemente, um acordo entre eficiência visual, conforto visual e satisfação estética”.

O conforto visual “é um conjunto de condições, em determinado ambiente que possibilite ao ser humano desenvolver tarefas visuais com o máximo de acuidade e precisão visual, despendendo o menor esforço, e a menor possibilidade de prejuízos à visão e riscos de acidentes” (LAMBERTS et al, 1997, p.44).

A boa iluminação deve ter direcionamento adequado e intensidade suficiente sobre o local de trabalho, proporcionando boa definição de cores e texturas sem ofuscamento. Os ambientes construídos são projetados para oferecer boa condição para o desenvolvimento das tarefas visuais.

Para projetar um ambiente com boas condições de conforto visual, deve atender a requisitos básicos como:

1. Iluminância suficiente para a atividade executada no ambiente, recomendadas na NBR 5413.
2. Boa distribuição da iluminação, principalmente em locais onde ela é indispensável para o bom desenvolvimento das atividades executadas no ambiente, como em fábricas, salas de aula, bibliotecas e outros, que pode ser verificadas de acordo com a NBR 5382;
3. Ausência de ofuscamento que possa ser gerado por fontes luminosas artificiais ou naturais, por serem dimensionadas ou posicionadas incorretamente gerando um desconforto visual aos usuários;
4. Proporcionar luminância suficiente a percepção e contraste do ambiente pelos usuários;
5. Direcionar corretamente as sombras de acordo com a tarefa visual para a qual o ambiente foi projetado, já que uma boa distribuição da iluminação não significa uniformidade, dependendo assim do objetivo desejado pelo arquiteto.

A luz natural permite maior tolerância a mudanças no nível de iluminação, proporcionando ainda maior conforto visual e melhor reprodução das cores reais dos objetos. A vantagem da luz artificial é que ela permite com qualidade que as tarefas visuais continuem sendo executadas sem a necessidade da luz solar, ou seja, mesmo a noite as pessoas podem continuar seus trabalhos que exigem acuidade visual, o que antes da criação da iluminação artificial era inviável.

A iluminação insuficiente causa desconforto, fadiga, dor de cabeça, falta de concentração, irritabilidade, conseqüentemente compromete a atividade executada. Por exemplo, em escolas a iluminação insuficiente compromete o aprendizado dos alunos.

Teresina é uma cidade de clima tropical, situada próxima do equador (-05°05' de latitude), com abóbada celeste muito luminosa, onde a preocupação com o tamanho das aberturas é primordial, pois se forem superdimensionadas podem causar ofuscamento e desconforto térmico. A iluminação natural é objeto de estudo de muitos pesquisadores, mas mesmo assim não existe uma maneira certa, que possa ser reproduzida em todos os edifícios. O que existe são recomendações de uso da luz, que buscam o equilíbrio para proporcionar conforto luminoso e térmico. Para tanto se deve considerar a orientação e situação geográfica do edifício em cada caso. O conhecimento prévio dessas características é indispensável para projetar corretamente, evitar futuros erros e propor soluções para cada caso. Critérios como tamanho, quantidade, orientação, proteção das janelas e, conseqüentemente, o correto uso da luz natural, contribuem para a economia de energia elétrica.

Este trabalho analisa salas de aula do Campus Ministro Petrônio Portela localizado em Teresina - PI, no que diz respeito à iluminação natural nas salas de aula e os fatores que a influenciam, sejam eles fatores externos, como barreiras a penetração da iluminação natural nas salas, ou interna, como as cores das paredes

ou tipologias das aberturas. A importância desse estudo é quanto ao melhor aproveitamento da luz natural e consequentemente economia de energia elétrica, e o melhor aproveitamento dos alunos quanto ao conforto térmico e visual.

2. OBJETIVO

O objetivo desse artigo é avaliar a qualidade e da quantidade da iluminação natural nas salas de aula da Universidade Federal do Piauí, através da análise de uma amostragem das principais tipologias de aberturas encontradas nas salas de aula, e verificar se atendem aos valores mínimos recomendados pela norma NBR 5413.

3. O MÉTODO

Esta pesquisa é baseada na metodologia proposta por Ornstein (1992) e Romero e Ornstein (2003) para avaliação pós-ocupação de ambientes construídos. A verificação da iluminância das salas de aula foi realizada de acordo com a NBR 5382 de verificação de iluminância de interiores e os resultados comparados com os valores da NBR 5413 de Iluminância de interiores.

A escolha da amostra das salas de aula foi realizada com base em suas características físicas, contemplando as salas existentes nos seis centros do Campus da UFPI. Foram realizadas medições em 17 salas, de modo a reproduzir o mais fidedignamente o ambiente em que os alunos assistem às aulas. Os diversos tipos de aberturas encontrados nas salas de aulas selecionadas foram sintetizados de acordo com a tipologia das aberturas: janelas altas, baixas, em paredes opostas, protegidas por brises e voltadas para o corredor. Foram realizadas também simulações computadorizadas através do programa Lux 2.0 (FAU USP) para analisar a distribuição da iluminação natural nas salas de aula.

Para ambientes de trabalho, industriais e escolares é importante que a iluminação seja uniformemente distribuída no plano de trabalho e podem ser resultado de iluminação natural ou artificial. Salvo pequenas exceções como cinema, câmaras escuras, boates e outros, o homem necessita de luz abundantemente, seja ela natural ou artificial, porém convém lembrar que a natural é bem mais agradável e qualitativamente superior a artificial. Sua variação durante o dia proporciona ao homem uma percepção espaço-temporal essencial para o funcionamento do relógio biológico humano.

De acordo com Kowaltowski (2011, p.147):

A iluminação natural e artificial, na maioria dos ambientes escolares é usada de modo combinado, para oferecer ambientes condizentes com o tipo de atividade desenvolvida. As literaturas nacional e internacional demonstram a superioridade da luz emitida no espectro total (lâmpadas daylight) ou da luz natural advinda das janelas.

A NBR 5382 determina a maneira que deverão ser feitas a análise da iluminação em ambientes internos, com áreas retangulares, com iluminação geral, que neste trabalho será utilizada como referência para medições somente da iluminação natural.

A NBR 5413 tem como objetivo determinar a iluminância média mínima para iluminação artificial em locais que exerçam atividades de comércio, indústria, ensino, esporte e outras. A iluminação em salas de aula deve ser uniformemente distribuída, pois a didática escolar pode exigir ocasionalmente a mudança do layout das carteiras. Os níveis de iluminância recomendados para as salas de aula são de 300 a 500 lux.

Essa NBR diferencia os fatores de iluminância adequada de acordo com as características da tarefa e do observador e atribui lhes pesos, que variam de -1 a +1, para determinação da iluminância por tipo de atividade exercida. Como na Universidade Federal do Piauí estudam alunos de várias idades, desde os mais jovens aos com mais idade que já exigem uma maior precisão visual, considerou-se o peso médio. Outro fator determinante é a velocidade e precisão que para salas de aula ele não tão é importante, portanto considerou-se também o peso médio. Por último vem a refletância do fundo da tarefa que deve ter valores médios. Para este trabalho, considerou-se que o nível de iluminância das salas de aula deveriam ser no mínimo igual a 300 lux.

A iluminação natural em ambientes construídos pode ser lateral ou zenital. Existem vários aspectos da construção que determina qual é a mais indicada para cada caso, pode ser estético, funcional, econômico, para isso é necessário conhecer os tipos e os aspectos positivos e negativos de cada uma.

A iluminação zenital proporciona uma iluminação mais uniforme e maiores ganhos térmicos dificultando a proteção da incidência solar em algumas horas do dia quando ela pode ser desconfortável. Esta tem um elevado custo na construção se comparada com a iluminação lateral, além da dificuldade de manutenção e limpeza. É recomendável para ambientes profundos com grandes espaços contínuos com o pé

direito alto. Ele pode ser do tipo domus, sheds, lanternim, dupla inclinação, ou telhado de vidro. Por todas essas características não é uma opção muito recomendada para salas de aula, em escolas ela seria mais viável para grandes espaços abertos de uso comum.

As salas de aula da Universidade Federal do Piauí usam predominantemente a iluminação lateral, que não distribui uniformemente a iluminação por todo o ambiente e diminui rapidamente com a sua profundidade, são mais adequadas para áreas próximas as janelas, sendo conveniente complementá-la com luz artificial nos locais mais distantes das aberturas, tem um relativo baixo custo para construção e manutenção, facilidade para limpeza, é mais fácil implantar os protetores solares. Sua iluminância pode ser influenciada por fatores como os diversos tamanhos, altura de peitoril, material das janelas, presença de brises solares ou películas protetoras.

Elas podem ser vistas em todas as salas de aula da Universidade com diferentes características como:

1. Salas com janelas altas: iluminam mais uniformemente os ambientes e alcançam maiores profundidades, além de aproveitar melhor a refletância do forro;
2. Sala com janelas contínua: Melhor distribuição da iluminação por toda a extensão da sala;
3. Sala com janelas adjacentes: Se complementam e iluminam melhor as áreas mais próximas às aberturas;
4. Sala com janelas baixas: iluminam bem na altura de trabalho (0,90 m) mais próximas, no entanto não tem grande eficiência para grandes profundidades.

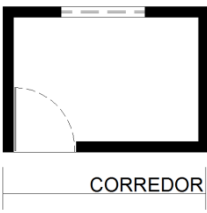
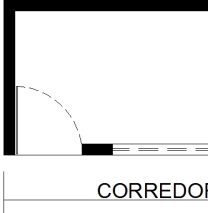
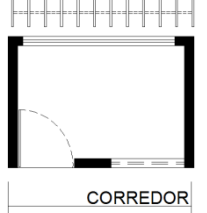
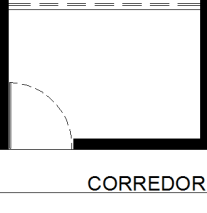
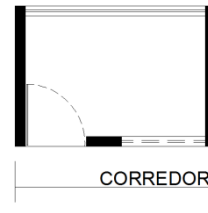
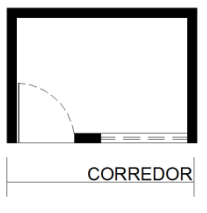
Outra variável que influencia na qualidade e quantidade da iluminação natural nas salas é a porta que pode ser de vários tipos, de ferro madeira, madeira com vidro e ferro com vidro. Os elementos de proteção solar melhoram as condições de conforto térmico, em alguns casos até evitam o ofuscamento, mas eles diminuem significativamente a qualidade da iluminação natural nas salas de aula, como é o caso dos brises de proteção solar do Centro de Ciências Humanas e Letras (CCHL) e as películas fumês do Centro de Tecnologia (CT).

3.1 Níveis de iluminâncias medidos

A verificação da iluminância das salas de aula foi realizada de acordo com as NBR 5382 e NBR 5413, entre os horários de 10 horas às 12 horas em dias de céu claro entre os meses de novembro e fevereiro, considerando a maior disponibilidade de iluminação solar possível. As medições foram realizadas no período mais próximo ao solstício de verão, como recomenda a NBR 15215-4, mas somente em um horário em cada sala, em função do número de salas a serem analisadas.

A escolha da amostra das salas de aula foi realizada com base em suas características físicas, contemplando as salas existentes nos seis centros do Campus da UFPI. Foram realizadas medições em 17 salas, de modo a reproduzir o mais fidedignamente o ambiente em que os alunos assistem às aulas. Os diversos tipos de aberturas encontrados nas salas selecionadas foram tabeladas de acordo com a tipologia das aberturas: janelas altas, baixas, em paredes opostas ou adjacentes, protegidas por brises e voltadas para o corredor (Tabela 1).

Tabela 1– Tipologias das aberturas encontradas nas salas pesquisadas.

Fonte: As autoras (2012)

Para cada ambiente analisado, as informações foram sintetizadas em tabelas. A tabela 2 identifica sala e o dia em que foi realizada a medição, a figura 1 localiza a sala no campus da universidade, a tabela 3 é o modelo realizado para organizar, entender e comparar os resultados obtidos na pesquisa de campo e a tabela 4 descreve os materiais de revestimento, tipos de janelas e imagens da sala.

Foram realizadas também simulações computadorizadas das salas através do programa Lux 2.0 (FAU USP) para analisar a distribuição da iluminação natural nas salas de aula (Tabela 3).

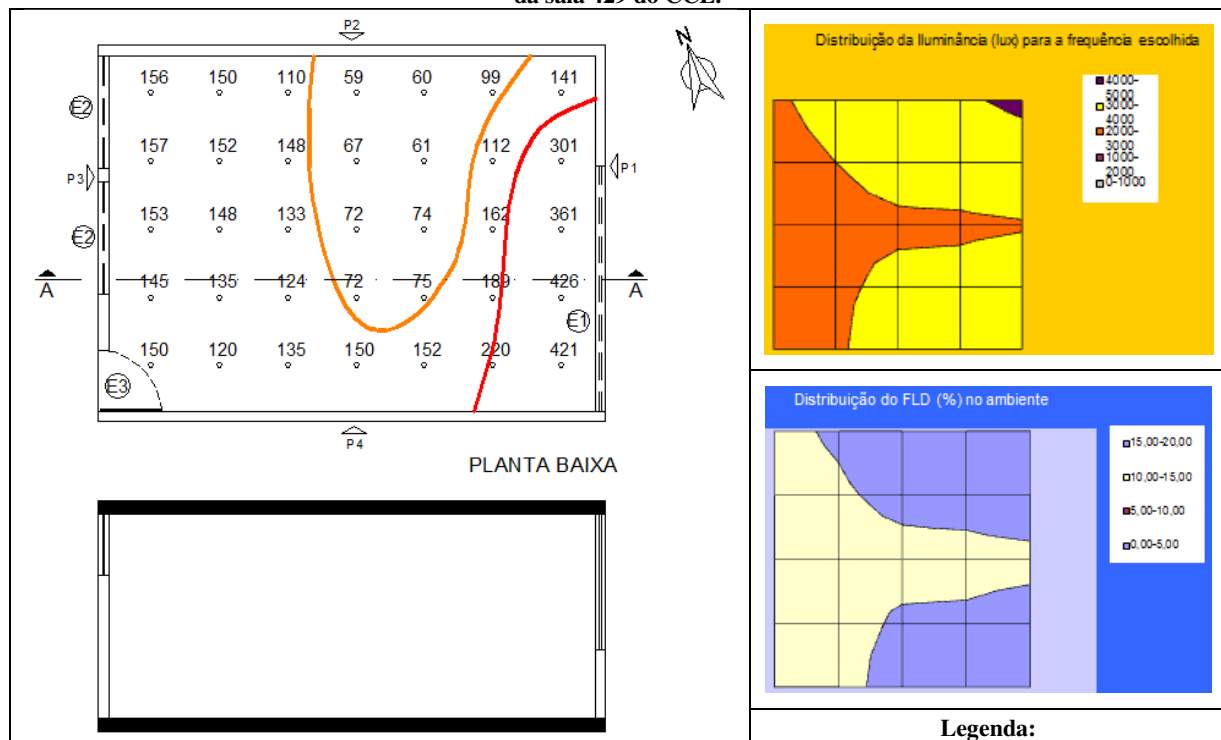
Tabela 2 - Centro Ciências da Educação (CCE) - Sala 429



Local	Centro Ciências da Educação
Sala	429
Data	23/02/2012
Horário	10:43 Horas
Iluminação da abobada celeste	Céu claro 45,2 Klux

Figura 1 - Vista aérea da Sala 429 do CCE.




Tabela 3 - Planta baixa, corte, vistas e indicação da distribuição das iluminâncias medidas e do fator de luz diurno calculado da sala 429 do CCE.



	Cores	Níveis de Iluminância	
		> 200	< 500
	> 100	< 200	
Observação: Os valores indicados na planta estão em Lux.			

Fonte: As autoras (2012)

Tabela 4 - Materiais e tipos de revestimento; vistas das esquadrias alta, baixa e porta da sala 429 do CCE.

Tipos de revestimentos			
	Material	Cor	
Piso	Cerâmica	Branco	
Forro	Gesso	Branco	
Parede 1	Reboco	Bege	
Parede 2	Reboco	Bege	
Parede 3	Reboco	Bege	
Parede 4	Reboco	Bege	
Quadro de esquadrias			
	Esquadria 1	Esquadria 2	Esquadria 3
Material	Ferro e Vidro	Ferro e Vidro	Ferro e Vidro
Existe película fumê	Não	Não	Não
Altura do peitoril	1,00 M	2,10 M	-
Imagens			
			

Fonte: As autoras (2012)

Os valores do Fator de Luz Diurno Médio (FLD) foram obtidos através da relação entre a média das iluminâncias horizontais internas registradas em medições e a iluminância horizontal externa medida em local desobstruído e livre de raios solares diretos.

$$FLD = \frac{Ep}{Ee * 100}$$

Equação 1

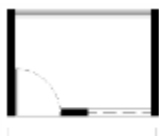
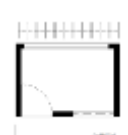
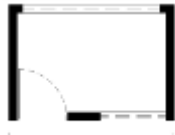
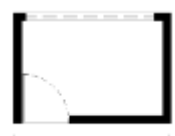
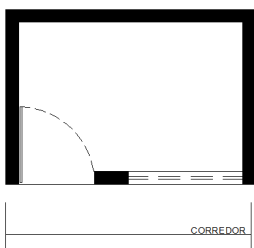
Onde:

FLD é o percentual de aproveitamento da luz natural [%];

Ep é a média das iluminâncias horizontais internas registradas [lux];

Ee é a iluminâncias horizontais externas [lux];

Tabela 5 – Tipos de aberturas das salas, níveis de iluminância medidos e respectivos fatores de luz diurna médio.

Local	Sala	Menor valor de Iluminância interna (LUX)	Maior valor de Iluminância interna (LUX)	Fator de Luz Diurno Médio (FLD) %	Tipo de Abertura
Centro de Tecnologia (CT)	542	09	280	0,08	 Janela alta + Janela baixa
Centro de Tecnologia (CT)	565	49	270	0,15	
Centro de Ciências Humanas e Letras (CCHL)	476	26	855	0,16	
Centro de Ciências Humanas e Letras (CCHL)	304	107	305	0,30	 Janela alta + Janela baixa + Brise
Centro de Ciências Agrárias (CCA)	01	11	163	0,24	
Centro de Tecnologia (CT)	586	76	375	0,08	 Janelas altas opostas
Centro de Ciências da Educação (CCE)	429	59	426	0,18	
Centro de Ciências da Saúde (CCS)	197	13	135	0,04	
Centro de Tecnologia (CT)	588	54	421	0,17	 Janela alta
Centro de Ciências da Saúde (CCS)	L5	12	122	0,06	
Centro de Ciências da Educação (CCE)	003	26	897	0,22	
Centro de Ciências da Natureza (CCN)	256	18	90	0,06	 Janela alta
Centro de Ciências da Natureza (CCN)	227	02	09	0,01	
Centro de Ciências da Educação (CCE)	24	20	130	0,05	
Centro de Ciências da Saúde (CCS)	09	17	185	0,10	
Centro de Ciências da Saúde (CCS)	125	40	189	0,07	
Centro de Ciências Agrárias (CCA)	602	02	33	0,01	

Fonte: As autoras (2012)

A tabela 05 apresenta os resultados do cálculo do FLD médio para as salas de aula analisadas, que variam entre 0,3 % e 0,01 %. De acordo com Scarazzato (1995) o FLD mínimo recomendado para Teresina deveria ser no mínimo de 1,4% para aberturas na fachada norte e de 1,7% para a fachada sul. Os valores máximos e mínimos dos níveis de iluminâncias medidos em cada sala também estão registrados na tabela 05.

4. ANÁLISE DE RESULTADOS

Observou-se que os maiores Fatores de Luz Diurnos médios encontrados foram respectivamente na sala 429 do Centro de Ciências da Educação (CCE) com FLD= 0,3, na sala 304 do Centro de Ciências Humanas e Letras (CCHL) com FLD= 0,24 e na sala 003 do CCE com FLD= 0,22.

A sala 429 do CCE e a sala 304 do CCHL são semelhantes quanto aos materiais de revestimento e insolação, diferenciando-se apenas em relação à profundidade. Na sala 304 a profundidade é maior e por esse motivo o FLD é menor, pois à medida que vai se distanciando da janela a iluminância vai diminuindo. Na sala 429 do CCE como a sala é pequena e possui aberturas nas paredes opostas a iluminação através das duas janelas se complementa ao longo de toda a sala (tabela 3).

A sala 003 do CCE apesar de possuir um dos maiores FLD sua iluminância não é bem distribuída, com janela alta de vidro sem película fumê ou brise de proteção solar na fachada oeste, oposta ao quadro o que gera ofuscamento à tarde, e grandes ganhos térmicos nas mesas próximas à janela, isso significa que esse modelo de sala não é uma boa opção, pois compromete o conforto visual e térmico dos usuários.

Os menores FLD encontrados foram na sala 227 do Centro de Ciências da Natureza (CCN) e a sala 602 do Centro de Ciências Agrárias (CCA) com apenas 1% de FLD, por motivos diferentes.

A sala 227 do CCN possui janelas com película fumê e todas as aberturas da sala estão voltadas para um corredor muito próximo a edificação vizinha o que dificulta a entrada de luz natural na sala, tornando-se obrigatório o uso da iluminação artificial em todos os horários do dia. Todas as salas de aula desse edifício estão comprometidas por esse motivo o que mostra um grande problema de projeto, no momento da implantação, o que é comum em todos edifícios do CCN, pois todos estão ou muito próximos de edifícios vizinhos ou de barreiras visuais muito próximas as aberturas, o resultado é que a iluminação natural em praticamente todas as salas do CCN são ruins.

A sala 602 do CCA apesar de possuir três janelas altas grandes e porta com vidro, voltado para a fachada sul, aproveita muito pouco a iluminação natural disponível, isso por que quase todos os vidros da sala foram pintados de tinta preta para proteger da radiação solar, o resultado é uma sala com muito pouco uso, sempre fechada, com muito cheiro de mofo. Esse é um problema pontual, de uso incorreto e não de projeto como os blocos do CCN, já que as outras salas do mesmo edifício com as mesmas características porém sem tinta nas janelas possuem uma iluminação consideravelmente melhor.

Em relação aos valores dos níveis de iluminância medidos nas salas de aula, em apenas 06 salas verificou-se que existiam pontos com iluminância igual ou maior que 300 lux, como recomenda a NBR5413. As salas 03 do CCE e 476 do CCHL, que possuem janelas altas, apresentaram os maiores medidos de iluminância, mas estes valores não são uniformes e se restringem a uma pequena área de cada sala. Nas salas 602 do CCA e 227 do CCN, que possuem janelas altas dando para o corredor, verificaram-se os piores resultados, apesar das medições terem sido realizadas em horários quando o nível de iluminância da abóbada celeste é maior, com o céu claro.

Os resultados encontrados apontam que nenhuma sala é viável o uso somente com a iluminação natural, por motivos diversos como a opção pela proteção contra a radiação solar e visando a possibilidade de uso de projeções durante as aulas, com o uso de soluções definitivas como películas absorventes nos vidros ou a própria utilização de aberturas de tamanhos reduzidos, prejudicando a iluminação natural e necessitando completamente de luz artificial mesmo durante o dia e até mesmo problemas de projeto. Consequentemente os valores dos níveis de iluminância encontrados são inferiores aos valores recomendados pela norma, apesar da grande disponibilidade de luz natural existente na região.

5. CONCLUSÕES

A partir dos resultados obtidos é possível verificar que nas salas de aula da UFPI existem diversos erros relacionados ao conforto ambiental. Sabe-se que são conflitantes os parâmetros de conforto, no que diz respeito ao térmico e luminoso, de modo que não é possível maximizar um só aspecto sem prejudicar outros, tornando necessário adotar medidas que entrem em harmonia com relação ao conforto ambiental.

A partir da análise da qualidade da iluminação natural nas salas, percebe-se que na maioria dos casos ela pode ser facilmente melhorada com simples soluções como a retirada de películas fumê e das barreiras físicas externas e a implantação de brises ou árvores em fachadas oeste evitando o ofuscamento. Para tanto, cada caso deve ser particularmente estudado, pois cada um possui uma solução diferente.

A pesquisa demonstrou ainda que a utilização da iluminação natural, complementada por luz artificial, é viável nas salas de aula analisadas, desde que sejam projetadas adequadamente, considerando a orientação solar e as proteções necessárias para evitar o ofuscamento e a entrada direta dos raios solares, em conjunto com elementos de controle da entrada de luz, como persianas, cortinas ou outras soluções opcionais para permitir o uso de projeções nas salas durante o dia. Estas soluções devem ser aplicadas nas salas de aula da UFPI, pois além de garantir a qualidade da iluminação, permitem significativa economia de energia.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR-5413**: Iluminância de interiores. Rio de Janeiro, 1992.
- _____. **NBR 5382** - Verificação de iluminância de interiores. Rio de Janeiro, 1985.
- _____. **NBR-15215-4**: Iluminação natural – parte 4; verificação experimental das condições de iluminação internas de edificações Rio de Janeiro, 2005.
- HOPKINSON, R. G., PETHERBRIDGE, P., LONGMORE, J. **Iluminação natural**. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian, 1975. 2ªed.
- KOWALTOWSKI, D. C. C. K. **Arquitetura escolar e o projeto do ambiente de ensino**. São Paulo: Oficina de textos, 2011.
- LAMBERTS, R. ; DUTRA, L.; PEREIRA, F. O. R., **Eficiência Energética na Arquitetura**. PW Editores. São Paulo, 1997.
- ORNSTEIN, S.; ROMÉRO, M. **Avaliação pós-ocupação do ambiente construído**. São Paulo: Studio Nobel: Editora da Universidade de São Paulo, 1992.
- ROMERO, M. A., ORNSTEIN, S. W. **Avaliação Pós-Ocupação - Métodos e Técnicas Aplicados à Habitação Social**. Porto Alegre: ANTAC , 2003. Coleção Habitare.
- SCARAZATTO, P. S. **Conceito de dia típico de projeto aplicado à iluminação natural: dados referenciais para localidades brasileiras. Tese de doutorado**. Faculdade de Arquitetura e Urbanismo. Universidade de São Paulo. São Paulo, 1995.