



AValiação DA ILUMINAÇÃO NATURAL DE SALAS DE AULA DA UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA - RS

Raquel B. Mansilha (1); Marina Simon (2); Taís T. Finamor (2); Giane de C. Grigoletti (3)

(1) Mestranda do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, raquel_mansilha@hotmail.com

(2) Acadêmicas do Curso de Arquitetura e Urbanismo

(3) Dr., Profa. do Departamento de Arquitetura e Urbanismo, grigoletti@smail.ufsm.br

UFSM, Dep. de Arquitetura e Urbanismo, Laboratório de Sustentabilidade no Ambiente Construído, Santa Maria-RS, 97.105-900, Tel.: (55) 3220 8771

RESUMO

As salas de aula são os ambientes de maior permanência de estudantes em escolas e universidades, nelas se desenvolvem atividades de escrita e leitura que são essenciais para o aprendizado. Logo devem possuir condições de conforto visual adequadas. Segundo Klüsener (2009) que determinou a eficiência energética de um dos edifícios da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), os sistemas de iluminação são de baixa eficiência energética, que poderia ser aumentada com ações simples. A UFSM possui 273.151 m² de área construída. Partindo-se do pressuposto que os outros edifícios possuam um desempenho similar ao estudado por Klüsener (2009), percebe-se a importância da adequação dos sistemas de iluminação para redução do consumo de energia. Este artigo tem como objetivo apresentar resultados da avaliação de oito salas de aula da UFSM no que diz respeito aos níveis de iluminância disponíveis para iluminação natural comparando parâmetros considerados relevantes para a iluminação natural, ou seja, presença de obstruções externas e orientação solar. O método adotado baseia-se em medições *in loco* com uso de luxímetro digital da Instrutherm, modelo LDR225, localizados em seis pontos do recinto em avaliação. As salas foram avaliadas aos pares, com medições simultâneas, adotando-se um parâmetro para análise. Como resultados têm-se o uso indiscriminado de películas fumê, o uso de proteções solares desnecessárias ou inadequadas se considerado entorno da edificação, a importância de cores de obstruções externas para a otimização da captação de luz natural e sua influência na distribuição de iluminâncias e o comportamento de salas voltadas a sul.

Palavras-chave: iluminação natural, salas de aula, avaliação.

ABSTRACT

The classrooms are the most important rooms for writing and reading school activities that are essential to learning. So they must have visual comfort conditions. According to Klüsener (2009) that determined the efficiency of a building at the UFSM, energy efficiency of lighting can be improved with simple actions. UFSM has 273,151 m² of building area. Assuming that the buildings in general have a similar performance to the building studied by Klüsener (2009), the importance of adequacy of lighting systems to reduce energy consumption is obvious. This paper aims to present results of the evaluation of eight classrooms at UFSM with regard to available luminance levels for daylighting comparing parameters considered relevant such as the presence of external obstructions and solar orientation. The method adopted is based on *in situ* measurements using digital Instrutherm luximeter photometer, model LDR225, located on six points in the classrooms. The classrooms were evaluated in pairs, with simultaneous measurements, using one parameter for analysis, orientation or external obstruction. As results have the indiscriminate use of glass films s, the use of unnecessary or inappropriate brise soleil if considered the external environment, the importance of r external obstructions color to the optimization of daylighting and its influence on illuminances distribution and its behavior for southern rooms.

Keywords: daylighting, classrooms, evaluation.

1. INTRODUÇÃO

Desde 2001 o governo tem implementado legislação para melhoria da eficiência energética de edificações. Embora o setor público não seja o maior consumidor de energia, o mesmo tem apresentado um consumo crescente nas últimas duas décadas (LAMBERTS et al., 2007). Este consumo está relacionado, dentre outros fatores, ao desperdício com iluminação artificial.

Cerca de 8 horas por dia em média, para céu claro, há presença de iluminação natural que dispensa o uso de iluminação artificial em edificações (MASCARÓ, 1980), desde que os sistemas de captação de iluminação natural sejam adequados. No entanto, a iluminação artificial tornou-se a principal contribuição de iluminação no interior das edificações não residenciais. O sistema de iluminação, que inclui janelas e dispositivos específicos para iluminação artificial, deve priorizar o uso da iluminação natural, quando esta é suficiente para o desenvolvimento das atividades visuais previstas para o ambiente. Além disso, deve haver flexibilidade no acionamento da iluminação artificial a fim de usá-la apenas em áreas do ambiente onde a iluminação natural não é suficiente. Para edifícios existentes, quando a configuração espacial (orientação solar, tipos de esquadrias e proteções solares externas, geometria, entre outros) já está definida, é necessária uma avaliação da eficiência do sistema para buscar adaptações que aumentem a eficiência energética dos mesmos. Klüsener (2009) aplicou o regulamento de eficiência energética em edifício do campus da UFSM, situada no interior do Rio Grande do Sul, e concluiu que a edificação enquadra-se em um nível E para os sistemas de iluminação, sendo que a envoltória e o sistema de ar-condicionado atingiram um nível C. Os resultados apontam a possibilidade de melhorar o desempenho dos sistemas de iluminação, a partir da adoção de estratégias viáveis de serem incorporadas às condições existentes. O campus da UFSM possui 273.151 m² de área construída. Partindo-se do pressuposto que os outros edifícios do campus possuam um desempenho similar ao estudado por Klüsener (2009), percebe-se a importância da adequação dos sistemas de iluminação para redução do consumo de energia elétrica.

Correia (2008) analisou a iluminação natural das salas de aula da Universidade Federal do Rio Grande do Norte e verificou que, para iluminação lateral, a média de iluminância não é representativa, pois existe uma grande diferença entre os níveis de iluminância em função da distância das aberturas. O método usado consistiu em Avaliação Pós-Ocupação quantitativa e qualitativa do conforto visual das salas de aula através da aplicação de questionários junto a usuários das salas e de medições *in loco* de níveis de iluminância. Foram utilizados luxímetros da marca Instrutherm, modelo LD200, localizados a 0,75m do piso dispostos segundo uma malha regular (conforme a NBR15215-4). Foram feitas medições somente de iluminação natural às 8h, 11h, 14h e 17h a fim de avaliar as alterações dos níveis de iluminância ao longo do dia e em função da distância dos pontos de medição à janela.

Fantinato et al. (2008), através de medições *in loco*, avaliaram a quantidade de iluminação natural em salas de aula da Unicamp e perceberam um desperdício de energia com iluminação artificial durante o dia, pois a maioria das salas analisadas possuía boa penetração de luz natural, porém o uso de cortinas e películas nos vidros reduziam a disponibilidade de iluminação natural nos ambientes. Os autores realizaram as medições com o auxílio de uma célula fotocondutiva ou fotorresistência ligada a um multímetro em duas salas de aula julgadas representativas de cada unidade de ensino selecionada, em cada sala as medições foram realizadas em cinco pontos diferentes, dois mais afastados das aberturas, dois mais próximos e um no centro do ambiente. As medições foram feitas para céu claro entre 15h e 16h.

Kremer (2002) investigou a influência que os elementos de obstrução solar podem ter sobre o aproveitamento e o comportamento da iluminação natural dentro de salas de aula. Através de simulações, o autor concluiu que proteções solares levam a uma melhoria no controle da radiação solar direta e da distribuição interna de iluminação, porém prejudicam o desempenho do nível de iluminação dentro do ambiente, demonstrando que esses elementos, quando inseridos na edificação sem a devida preocupação com sua geometria, não podem garantir a melhora geral do desempenho da iluminação. O autor também observou que as salas com orientações norte-sul apresentaram um melhor desempenho da iluminação natural, do que as salas posicionadas a leste-oeste. Também foram feitas medições *in loco* com fotocélulas da marca *LI-COR* acopladas a um aparelho de aquisição de dados em condições de céu claro em um dia de julho e um dia de setembro de 2001. O método adotado neste estudo baseou-se nas referências apresentadas acima.

2. OBJETIVO

Avaliar as condições de iluminação natural e artificial de salas de aula da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM) e apontar proposições que visem um melhor desempenho da iluminação natural e artificial e a eficiência energética destes ambientes.

3. MÉTODO

3.1. Seleção das salas de aula e condições gerais

Foram escolhidas oito salas com áreas semelhantes, porém com um dos parâmetros que interferem na iluminação natural diferentes, ou seja, obstruções externas que barram parcela do céu visível e orientação solar. As salas foram analisadas aos pares, conforme o parâmetro que se desejava analisar (Tabela 1).

As condições de céu, durante o período de medições, foram monitoradas visualmente e a sua caracterização seguiu as recomendações da NBR 152215-2 quanto à percentagem de nuvens no céu (ABNT, 2005a). As paredes possuem coeficiente de reflexão acima de 50% e tetos acima de 70%.

Tabela 1 – Características das salas, parâmetros de análise, dias das medições, condições de céu, posição dos sensores

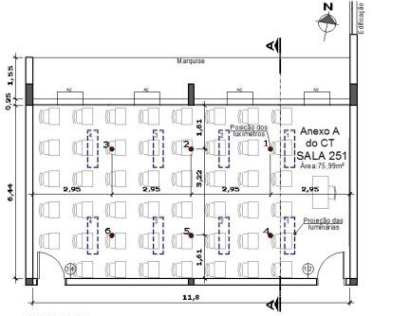
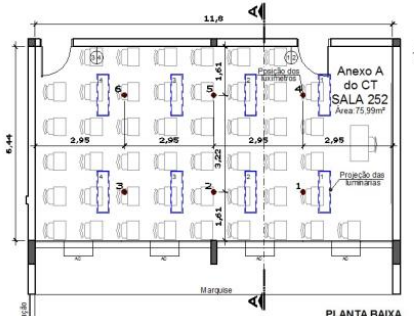
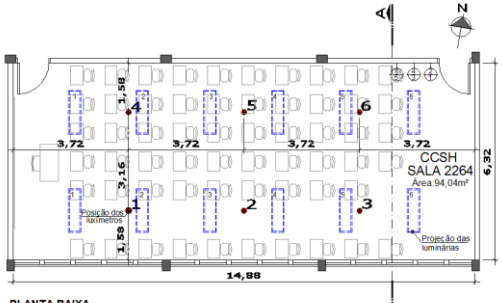
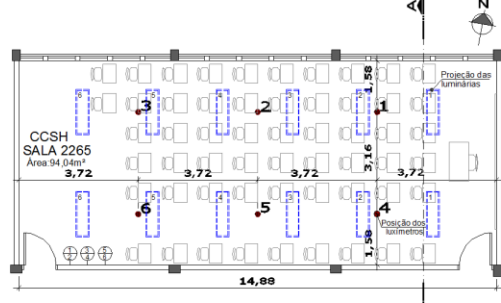
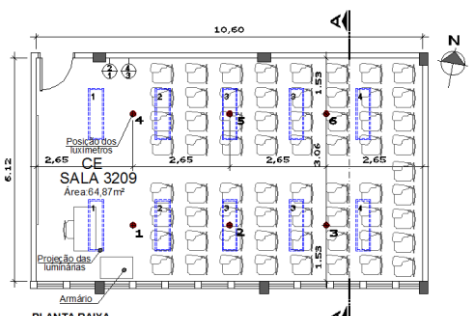

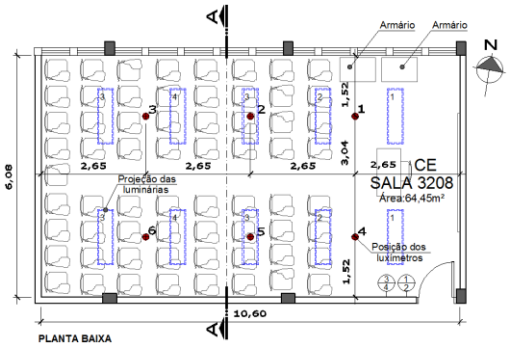
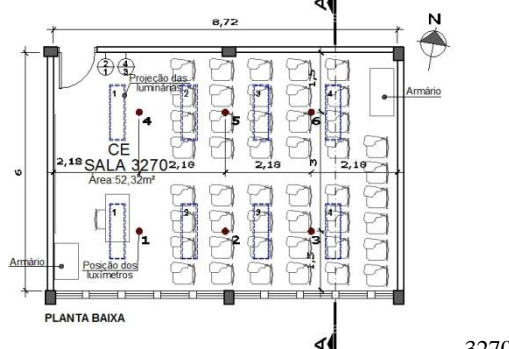
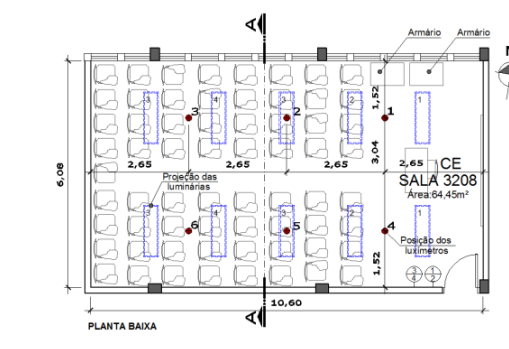
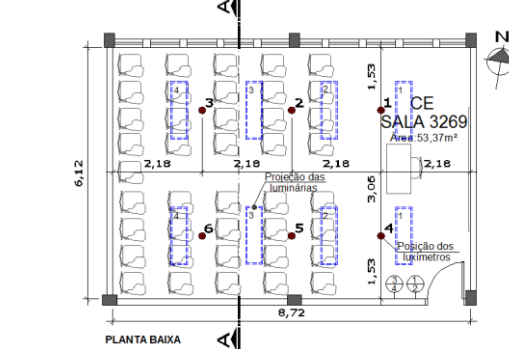
Dimensões	Orientação / tipo de vidro	Parâmetro de análise	Data das medições / condições do céu
Salas 251 e 252			
12m × 6,5m × 3,5m 12m × 6,5m × 3,5m	Norte e sul Vidro incolor com película fumê	Orientação solar	12 mai - céu claro 24 jun – céu claro
	251		252
Salas 2264 e 2265			
15m × 6,3m × 3,1m 15m × 6,3m × 3,1m	Sul e norte Vidro incolor	Orientação solar	01 abr - céu claro 08 abr - céu claro
	2264		2265
Salas 3209 e 3270			
10,6m × 6m × 3m 9m × 6m × 3m	Sul e sul Vidro incolor	Obstrução externa	18 mar - céu claro
	3209		3270

Tabela 1 – continuação

Dimensões	Orientação / tipo de vidro	Parâmetro de análise	Data das medições / condições do céu
Salas 3208 e 3270			
10,6m × 6m × 3m 9m × 6m × 3m	Norte e sul Vidro incolor	Orientação solar	02 set - céu claro 09 set - céu encoberto
 <p>3208</p>		 <p>3270</p>	
Salas 3208 e 3269			
10,6m × 6m × 3m 9m × 6m × 3m	Norte e norte Vidro incolor	Obstrução externa	25 mar - céu claro
 <p>3208</p>		 <p>3269</p>	

3.2. Levantamentos dos sistemas de iluminação

Dimensões das salas de aula e das janelas, os tipos de piso, as cores e os tipos de revestimentos de parede e teto, com suas reflectâncias, os tipos de mobiliário, os tipos de proteções solares, quando existiam, a quantidade de luminárias por sala, com número de lâmpadas e potências, suas disposições e divisões de circuitos, bem como as orientações solares de cada sala e qualquer tipo de obstrução do céu visível existente foram registrados em planilhas e em diagramas de projeções estereográficas a partir do ponto de medição sobre a superfície da tarefa visual.

3.3. Medições *in loco*

Para as medições *in loco*, foram utilizados 12 luxímetros digitais com *datalogger*, modelo LDR 225, da Instrutherm, que registraram níveis de iluminância (em lux) para os turnos da manhã e tarde (entre 8 horas e 17 horas). As medições foram feitas simultaneamente em duas salas onde variava um determinado parâmetro. Os luxímetros foram dispostos segundo recomendações da NBR 15.215-4 (ABNT, 2005b), no que diz respeito a sua distribuição no ambiente, porém com limitações em relação ao número de pontos medidos, devido ao número de equipamentos disponíveis (seis aparelhos por sala). A norma recomenda que o número de pontos de medição seja calculado em função da área do ambiente e do tamanho das aberturas, chegando a cerca de 16 pontos de medição para as salas de aula estudadas. As medições foram realizadas em período de aula, entre maio e setembro de 2012, não seguindo, portanto, as recomendações da NBR 15.215-4 (ABNT, 2005b), de tomar medições nos solstícios de verão e inverno, pois nesses períodos as salas de aula encontram-se desocupadas na instituição (período de férias ou de término de semestre). As medições foram realizadas nos finais de semana ou feriados, quando as salas de aula estavam desocupadas, para garantir a segurança dos aparelhos e reduzir interferências indesejáveis nas medições. Os aparelhos foram apoiados sobre as classes (altura de 70cm do piso aproximadamente). A tabela 1 traz a distribuição dos pontos de medição (pontos 1,2 e 3 próximos às janelas e pontos 4,5 e 6 afastados). A referência para a análise de níveis

de iluminância foi a NBR 5413 (ABNT, 1992).

4. RESULTADOS

4.1. Salas 251 e 252

As duas salas diferem na orientação solar, norte (251) e sul (252), e possuem elevado índice de obstrução externa a partir dos pontos medidos (percentagens que variam entre 50 a 100 % de visão de céu obstruída, como indicado na figura 1 que segue. A obstrução está a frente das janelas e na sua lateral direita. As janelas possuem proteções solares horizontais junto a verga (marquise) com coeficiente de reflexão de 50%. As medições para ambos os dias foram feitas sob condições de céu claro.

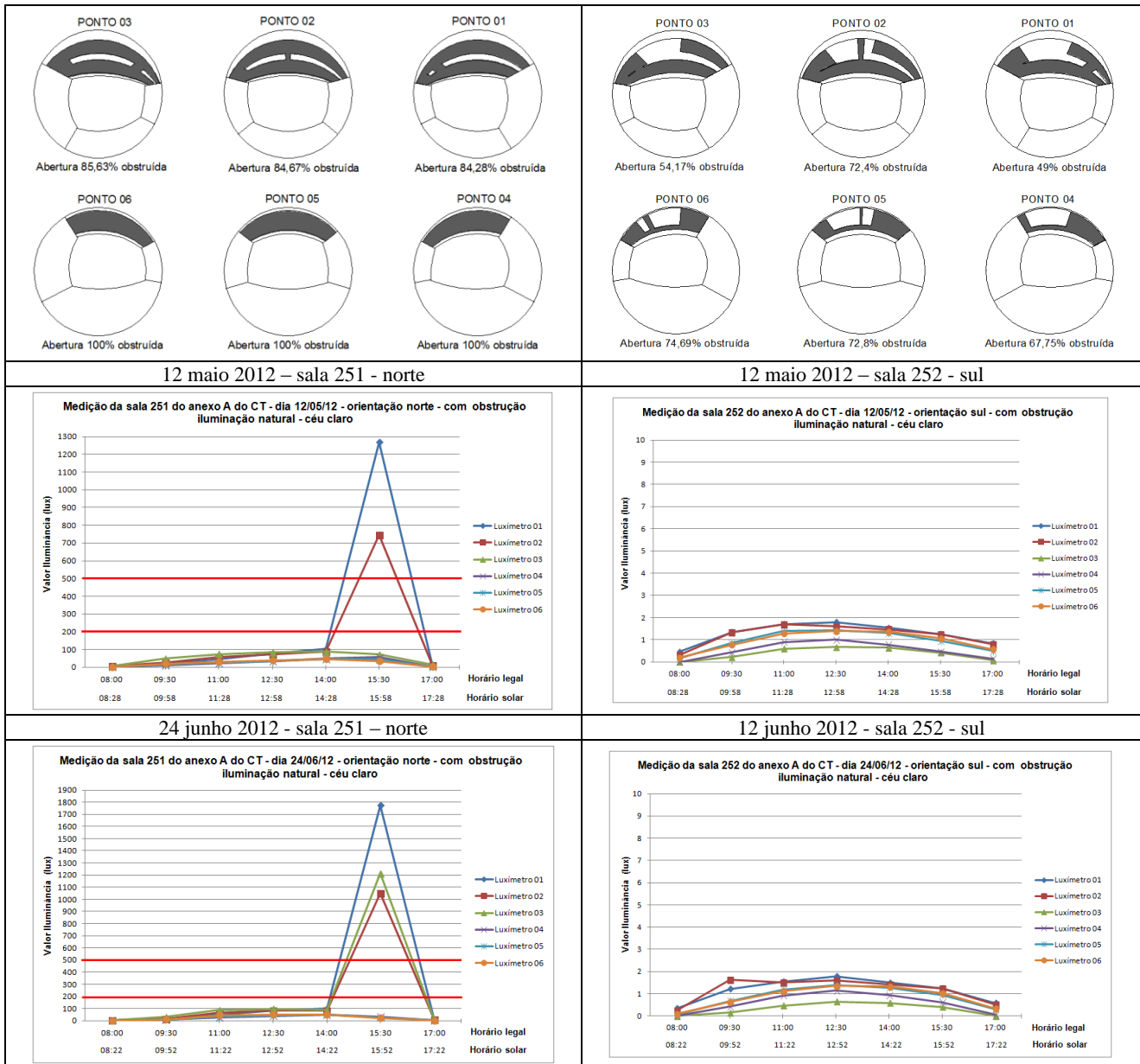


Figura 1 – Resultados para as salas 251 e 252

Para a sala 251, voltada a norte, os níveis de iluminância estão abaixo dos 200lux, mínimo de acordo com recomendações da NBR 5413. Apenas no período da tarde verificam-se níveis acima do mínimo. No entanto, neste período, há horários em que os níveis são excessivos, acima dos 500 lux para pontos próximos às janelas. Já para a sala voltada a sul, os níveis de iluminância são sempre abaixo do recomendado durante todo o período de medições efetuado. A distribuição dos níveis de iluminância nos seis pontos medidos é uniforme ao longo do dia, sofrendo afastamento para os pontos próximos a janela para a orientação norte no período da tarde, devido às características da obstrução externa situada a leste que reflete a luz para o interior do recinto nesse período.

A presença da película fumê sobre vidro reduz significativamente a captação de iluminação natural em boa parte do dia para qualquer das orientações e não é capaz de controlar o excesso de iluminação quando o sol incide sobre a janela, sendo inadequado seu uso para orientação sul e norte. Tanto a janela voltada a norte quanto a voltada a sul possuem proteções solares horizontais, que, para a orientação sul não seria necessário, pois para a latitude do local não há incidência de radiação solar direta durante o período e aula nessa fachada e para a orientação norte, devido a presença da obstrução externa, ela reduz a captação de iluminação natural e também não é capaz de controlar o excesso de níveis de iluminância verificados. Também a cor (coeficiente de reflexão) da proteção solar junto à janela norte pode contribuir para a redução de captação de luz por reflexão para o interior do recinto.

4.2. Salas 2264 e 2265

As duas salas diferem na orientação solar, sul (2264) e norte (2265), e possuem baixo índice de obstrução externa a partir dos pontos medidos como indicado na figura 2. As janelas da sala 2265, voltada a norte, possui uma proteção solar junto à verga. Este elemento obstrui parcela do céu visível. As medições foram feitas para condição de céu claro.

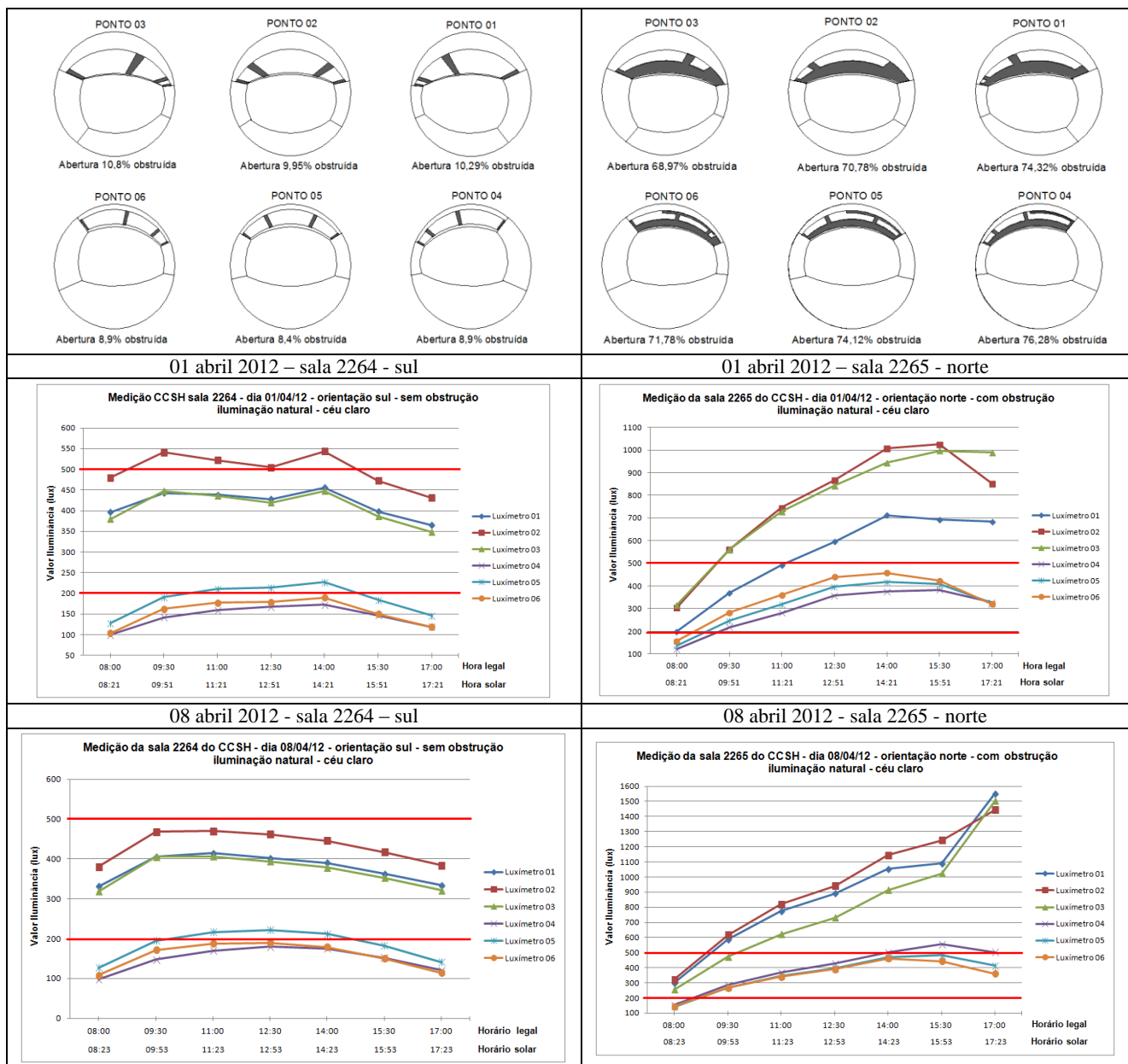


Figura 2 – Resultados para as salas 2264 e 2265

Existe uma diferença significativa de níveis de iluminâncias entre os pontos afastados da janela (4, 5 e 6) e próximos a ela (1, 2 e 3) para a sala 2264, a sul. Os pontos mais afastados possuem níveis próximos ou

abaixo do mínimo recomendado. Já os pontos próximos possuem níveis de iluminância adequados, com exceção do ponto 2, com alguns horários com valores que excedem o máximo recomendado. Observa-se a dificuldade em obterem-se níveis de iluminância adequados bem distribuídos ao longo da área da sala com janelas laterais e em apenas uma das faces do recinto. No entanto, a iluminância é relativamente constante ao longo do dia considerando-se os pontos separadamente. Já para a sala voltada a norte, a iluminância sofre variações significativas ao longo do dia, com níveis mais elevados na parte da tarde. Este resultado é inesperado, uma vez que, para céu claro, deveria haver um comportamento aproximadamente simétrico em relação às 12 horas, horário solar. Além disso, os níveis para os pontos próximos à janela excedem significativamente a referência de 500 lux a partir das 10 horas aproximadamente. A proteção solar projetada para esta janela não está cumprindo sua função.

4.3. Salas 3209 e 3270

As duas salas possuem mesma orientação solar, sul, mas sem (3209) e com obstrução solar (3270) conforme indicado na figura 3, com coeficiente de reflexão aproximado de 40%. As medições foram feitas para condição de céu claro.

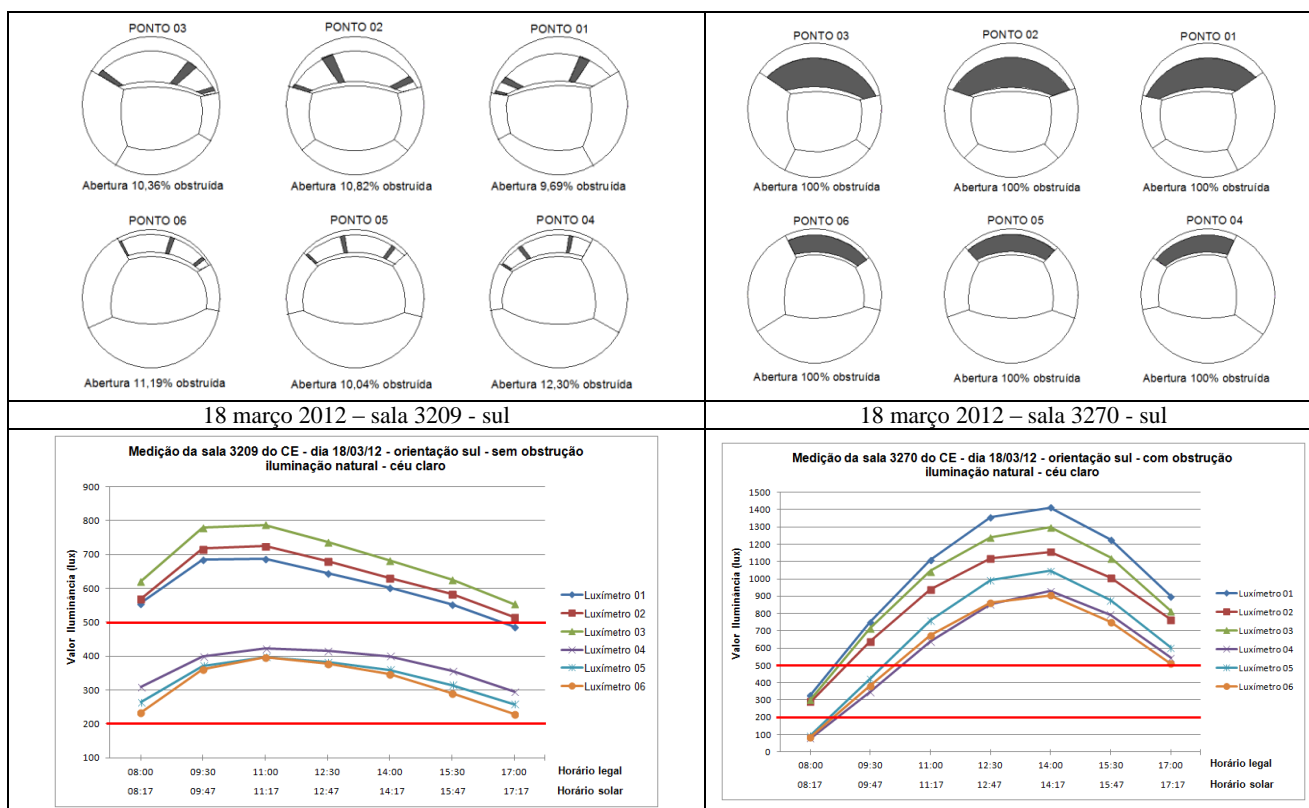


Figura 3 – Resultados para as salas 3209 e 3270

Para a sala sem obstrução externa, os níveis de iluminância estão mais uniformemente distribuídos ao longo do dia, mas verifica-se que esses são excessivamente elevados junto à janela. Já com a presença da obstrução externa, os níveis são elevados entre 10h e 17h para todos os pontos. A presença da obstrução pode provocar reflexão da luz para o interior do recinto contribuindo para os níveis elevados em cada ponto e para uma distribuição não uniforme no decorrer do dia, com níveis mais elevados próximo às 12 horas, horário solar, comportamento esperado para uma sala voltada a norte. Há uma diferença entre o efeito de uma obstrução somente a frente das janelas, como na situação da sala 3270, e de obstrução à frente e ao lado, situação das salas 251 e 252.

4.3. Salas 3208 e 3270

As salas possuem orientação norte (3208) e sul (3270), ambas com obstrução externa à frente (100%) com coeficiente de reflexão aproximado de 40%. As medições foram feitas para condição de céu claro (2 de setembro) e céu encoberto (9 de setembro). A sala 3208 possui uma proteção solar junto à verga da janela.

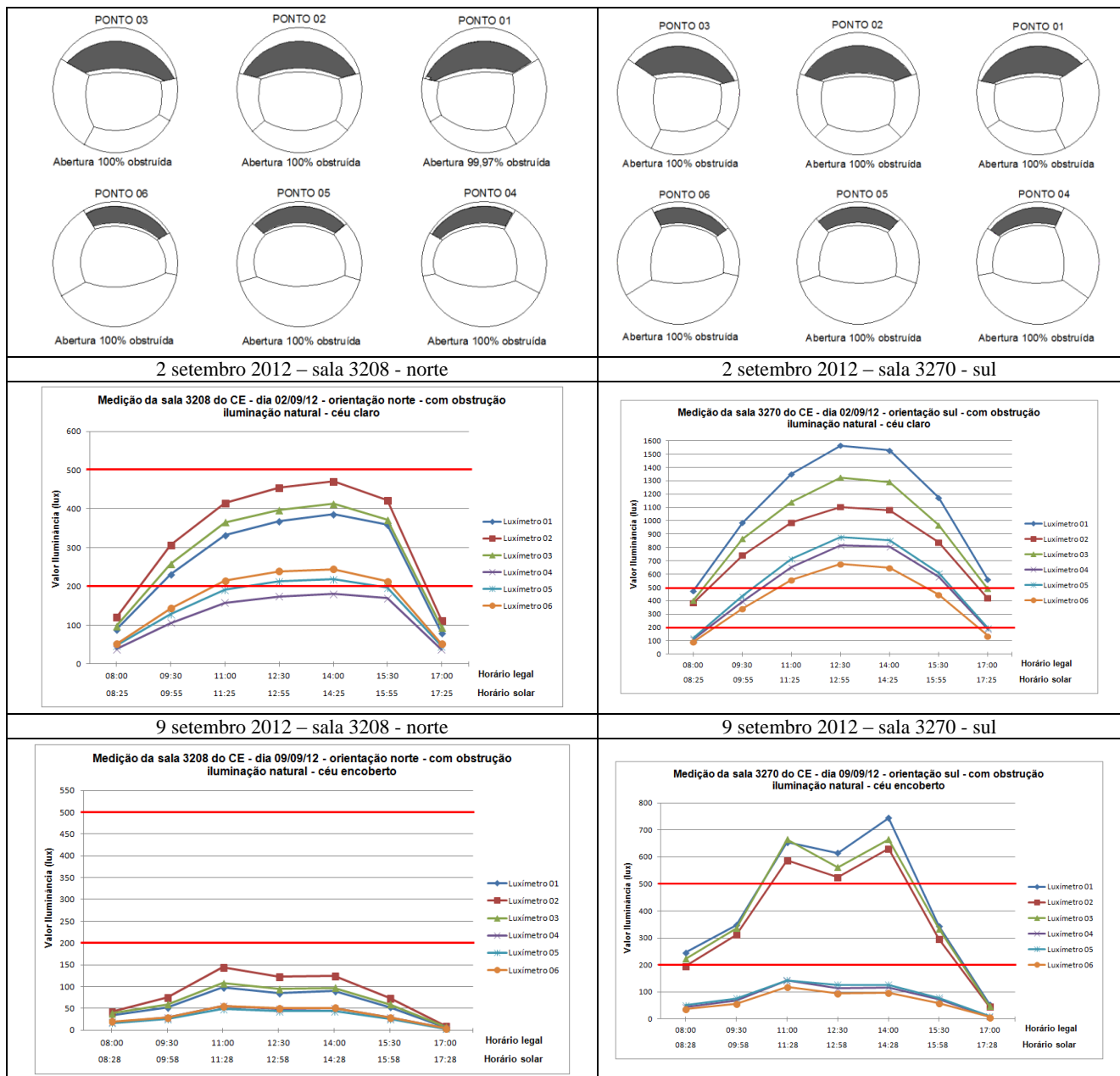


Figura 4 – Resultados para as salas 3208 e 3270

Com céu claro, para a sala 3208, voltada a norte, os níveis de iluminância estão dentro dos limites de 200lux e 500lux em praticamente todos os horários, com exceção do ponto 4, que pode ter sofrido a influência da cor escura do quadro-negro junto à parede em frente. A distribuição de iluminâncias é aproximadamente simétrica em relação às 12 horas (horário solar). Já para a sala 3270, os níveis de iluminância superam os 500lux para todos os pontos nos horários compreendidos entre aproximadamente 10 horas e 15 horas, também se apresentando a distribuição de iluminâncias simétrica em relação às 12 horas. Para a orientação sul, seria esperado uma distribuição mais uniforme no decorrer do dia, sendo provável que a distribuição simétrica se dê por conta da presença da obstrução externa que reflete os raios solares em direção à janela.

Para céu encoberto, os níveis de iluminância na sala 3208 não são suficientes durante todo o dia, demonstrando que, nesta situação, o sistema de iluminação natural não é capaz de suprir as necessidades mínimas de luz. A proteção solar, junto à verga, pode contribuir para esta situação desfavorável. Considerando-se que a região possui poucos dias anuais de céu encoberto, é melhor projetar as aberturas para condição de céu claro e suprir as necessidades de iluminação, quando o céu está encoberto, com iluminação artificial. A sala voltada a sul apresenta um comportamento diferente da anterior, com valores altos de iluminância para pontos próximos a janela, ultrapassando em alguns horários 500lux, e para pontos afastados, com níveis abaixo de 200lux, expressando o efeito da obstrução a frente.

4.3. Salas 3208 e 3269

As duas salas possuem orientação norte, sendo que a sala 3208 possui obstrução externa (100%) com coeficiente de reflexão aproximado de 40%. As medições foram feitas para condição de céu claro. As salas possuem uma proteção solar junto à verga da janela, que cobre significativamente a área útil para captação de iluminação natural, efeito percebido nos diagramas estereográficos para a sala 3269 (figura 5).

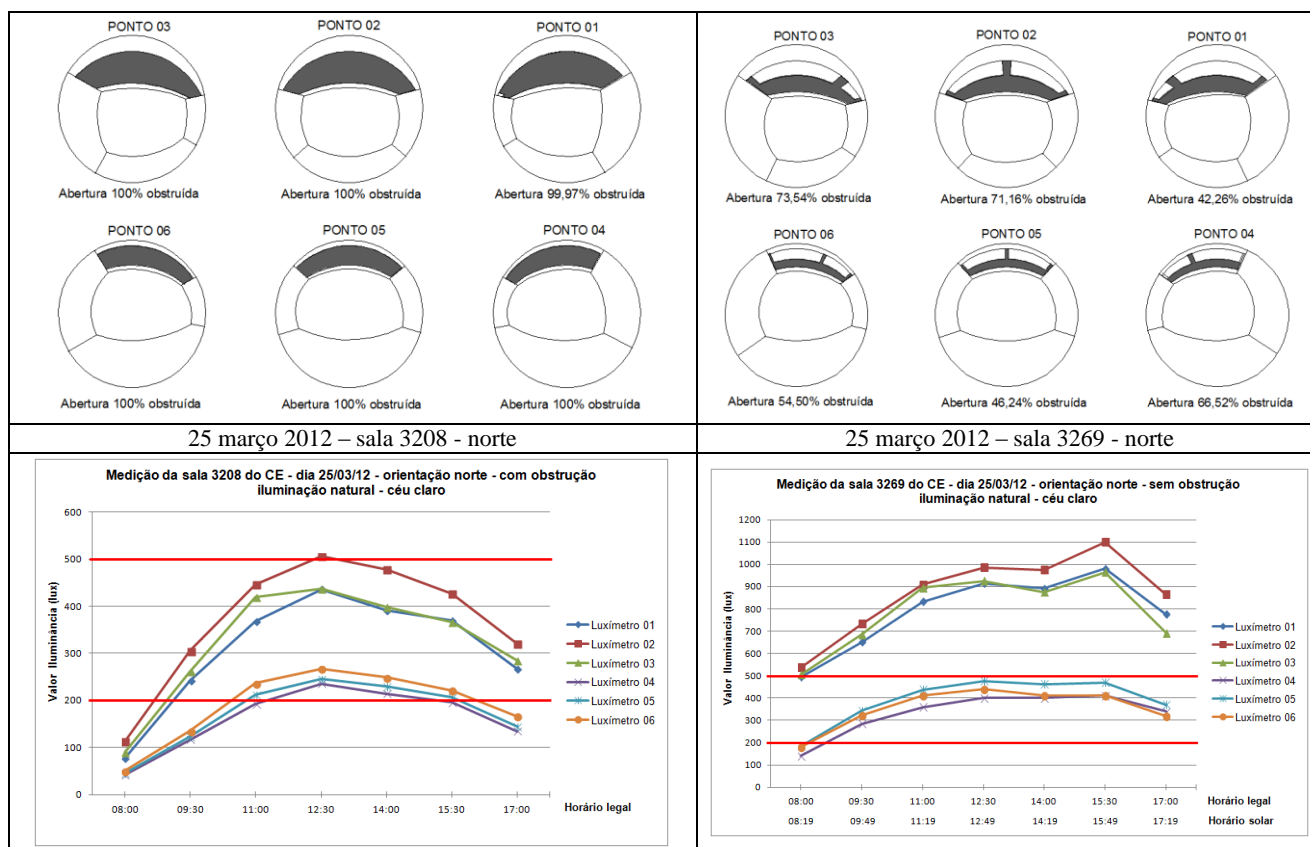


Figura 5 – Resultados para as salas 3208 e 3269

Para céu claro, as duas salas apresentam um comportamento similar no que diz respeito à distribuição de luminâncias no decorrer do dia, com valores crescentes até 12 horas aproximadamente, e valores decrescentes até o final da tarde. A sala 3208, com obstrução, apresentou um resultado melhor do que a sala 3269 sem obstrução para valores máximos de iluminância, demonstrando, nesta situação, que a obstrução colaborou com o controle de excesso de iluminação. No entanto, esta mesma obstrução é responsável por valores abaixo de 200lux verificados no início da manhã e final da tarde.

5. CONCLUSÕES

Com os resultados obtidos, algumas medidas são sugeridas a fim de melhorar as condições de iluminação natural e artificial das salas de aula analisadas e em geral, para a latitude estudada, aumentando o conforto visual dos usuários, através do controle de iluminâncias excessivas e a eficiência energética dos sistemas de iluminação. São elas:

- para salas com obstruções externas que barram totalmente a visão do céu de todos os pontos é desnecessário o uso de proteções solares externas fixas, propondo-se que estas sejam móveis e claras ou usar proteções internas móveis e claras que possam ser facilmente manipuladas pelos usuários;
- cores de obstruções externas claras, principalmente para as localizadas em frente de janelas voltadas a sul;
- cores de superfícies internas claras para tetos e paredes, como amplamente comprovado por pesquisas;
- o uso racional de películas de controle de radiação solar sobre vidros, sendo estas desnecessárias para a orientação sul e pouco eficientes para a orientação norte no que diz respeito ao controle de níveis mais altos de iluminâncias;

- para janelas a norte, livres de obstrução, uso de prateleiras de luz e não proteções horizontais junto as vergas (marquises) que não proporcionam reflexão de luz para o interior da edificação e não colaboram para o controle de iluminâncias mais altas, além de reduzirem significativamente a área de janela disponível para captação de iluminação natural;

- uso de circuitos de acionamento de iluminação artificial paralelos à janela mostra-se mais eficiente para condições de céu claro;

- embora seja esperado uma distribuição uniforme de níveis de iluminância do decorrer do dia para orientações a sul, para a latitude do estudo, a presença de obstruções externas alterou esse comportamento para os dias analisados, fazendo com que a distribuição seja simétrica em relação às 12 horas, horário solar.

Este estudo, embora restrito em termos de tempo de medições e condições de céu, deixa claro a importância do uso racional de elementos criados para melhorar as condições de conforto visual e eficiência da iluminação natural, que, se usados sem um estudo de sua conformação, cor, posição, segundo as características do entorno e da orientação solar das janelas, pode prejudicar a captação de iluminação natural comprometendo o conforto e a eficiência energética de ambientes em geral.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR15215**: Iluminação natural: parte 2: procedimentos para o cálculo para estimativa da disponibilidade de iluminação natural. Rio de Janeiro, 2005a.

_____. **NBR15215**: Iluminação natural: parte 4: verificação experimental das condições de iluminação interna de edificações. Método de medição. Rio de Janeiro, 2005b.

_____. **NBR5413**: Iluminância de interiores. Rio de Janeiro, 1992.

CORREIA, Andreia Gurgel Umbelino. Avaliação pós-ocupação da iluminação natural das salas de setores de aula teóricas da Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Natal. 2008.

FANTINATO, D. G.; FELICIO, G. F. C.; MAGRO, G. G. M. Análise do aproveitamento da iluminação natural em salas de aula da Unicamp. Revista Ciências do Ambiente On-Line, volume 4, número 2. 2008.

KLÜSENER, Cibele. Aplicação do Regulamento para Etiquetagem do Nível de Eficiência Energética de Edifícios: o caso do Centro de Tecnologia da UFSM. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil). Universidade Federal de Santa Maria. Santa Maria, 2009.

KREMER, A. A influência de elementos de obstrução solar no nível e na distribuição interna de iluminação natural: estudo de caso em protótipo escolar de Florianópolis. 2002. 194 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil)- Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2002.

LAMBERTS, R.; GOULART, S., CARLO, J., WESTPHAL, F., PONTES, R. A. Regulamentação de etiquetagem voluntária de nível de eficiência energética de edifícios comerciais e públicos. In: 9. 5. Encontro Nacional e Latino Americano de Conforto no Ambiente Construído. Ouro Preto. 2007. Anais... Associação Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído. P. 1019-1028.

MASCARÓ, Lúcia. Iluminação natural nos edifícios. Porto Alegre. Programa de Pós-Graduação em Arquitetura. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Apostila da Disciplina Habitabilidade nas Edificações. 1980.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a CAPES por concessão de bolsa de pós-graduação e ao CNPq pelos recursos financeiros para aquisição de equipamentos.