



XVI ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO

Desafios e Perspectivas da Internacionalização da Construção
São Paulo, 21 a 23 de Setembro de 2016

AVALIAÇÃO DA DISPONIBILIDADE DE ILUMINAÇÃO NATURAL EM SALAS DE AULA DE INSTITUIÇÃO NO SUL DO BRASIL¹

GRIGOLETTI, Giane de Campos (1); TAMIOSSO, Cíntia Dornelles Pereira (2)

(1) UFSM, e-mail: giane.c.grigoletti@ufsm.br; (2) UFSM, e-mail: arqcintiadornelles@hotmail.com

RESUMO

O estudo trata da avaliação da disponibilidade de iluminação natural em duas salas de aula de uma instituição de ensino localizada em Santiago, interior do RS. A avaliação incluiu medições *in loco* dos níveis de iluminância, para abril, junho, agosto e dezembro, tomando como referência a NBR 8995; e a opinião dos usuários com aplicação de questionário sobre sua percepção momentânea da iluminação natural, para dias próximos às medições. Foram calculados os coeficientes de contribuição de iluminação natural, CIN, segundo a NBR 15.215-3. Os resultados demonstram que os níveis de iluminância são bem superiores ao valor recomendado na maioria dos pontos e dias de medições. Os usuários demonstraram, em sua maioria, satisfação momentânea com as condições de iluminação natural, porém insatisfação com a incidência direta de radiação solar sobre mesas, em agosto e dezembro, e insatisfação com a impossibilidade de controle da luz natural. A inexistência de valores de referência para o CIN para condições de céu locais demonstra ser necessário um esforço para encontrar padrões nacionais.

Palavras-chave: Iluminação natural. Salas de aula. Medições. Opinião dos usuários.

ABSTRACT

This study aims the evaluation of daylighting disponibility in two classrooms in a educational institution located in Southern Brazil. In situ measurements of illuminance levels were carried during April, June, August and December. NBR 8995 was used as reference for lower indoor illuminance level; occupants were surveyed about their perception of daylighting. The coefficient of natural illumination contribution, CIN, was calculated according to NBR 15.215-3. The findings demonstrated that illuminance levels were higher than the reference value for classrooms considering the measured period. Occupants demonstrate satisfaction but related problems with direct solar radiation on tables during August and December. They were dissatisfied with the lack of control system for daylighting. CIN presented excessive variability among measured points and days. The lack of local standardized values for CIN demonstrates an effort is required to find national references for this parameter.

Keywords: Daylighting. Classrooms. Measurements. Occupants' perception.

1 INTRODUÇÃO

A iluminação natural em salas de aula é importante para o processo de ensino e aprendizagem como atestam Winterbottom e Wilkins (2009). O olho

¹ GRIGOLETTI, G.C.; TAMIOSSO, C.P.. Avaliação da disponibilidade de iluminação natural em salas de aula de instituição de instituição no sul do Brasil. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 16., 2016, São Paulo. **Anais...** Porto Alegre: ANTAC, 2016.

humano alcança sua maior capacidade visual com a luz natural, que é mais favorável para a percepção das formas tridimensionais e de contraste de cores (PEREIRA; SOUZA, 2005). A existência de condições para as quais o ser humano pode desenvolver suas tarefas visuais com o máximo de conforto e precisão, com o menor esforço e risco à saúde e acidentes é um dos conceitos de conforto visual (LAMBERTS; DUTRA; PEREIRA, 2014).

Alguns estudos têm se dedicado à iluminação natural em interiores, como Ho et al. (2008), Correia (2008) e Mansilha (2013). Ho et al. (2008) efetuaram medições *in loco* e simulações com o programa Lightscape para uma sala de aula voltada a sudoeste (hemisfério norte), demonstrando a importância de estudos reais e simulados para buscar adaptar os sistemas de iluminação às condições disponíveis.

Correia (2008) desenvolveu um estudo para avaliar a iluminação natural em salas de aula no Rio Grande do Norte. Foram aplicados questionários para verificar a satisfação dos usuários. Determinou-se níveis de iluminância mínimos contextualizados para o local e o uso da sala. A avaliação também usou medições *in loco* de iluminâncias que foram comparados com as respostas dos usuários. O principal resultado foi a verificação do nível elevado de satisfação dos usuários, mesmo apresentando problemas, como ocorrência de reflexos no quadro, falta de uniformidade e, ocasionalmente, baixos níveis de iluminância.

Mansilha (2013) mediu *in loco* níveis de iluminância disponíveis para iluminação natural. As coletas dos níveis de iluminância foram baseadas nas recomendações estabelecidas na NBR 15.215 (ABNT, 2005). Os resultados demonstraram que a iluminação natural estava sendo afetada por condições impostas pela solução adotada para os sistemas como *brisessoleil* em orientações que prescindiam seu uso, ou por obstruções externas (edifícios vizinhos) que não foram consideradas no projeto. O estudo demonstrou o quanto os projetistas estão despreparados para resolver o conforto visual a partir da iluminação natural disponível.

Considerando-se a importância do conforto visual, em ambientes de trabalho e estudo, e os inúmeros aspectos positivos relativos à eficiência energética de um ambiente quando este apresenta um bom aproveitamento da iluminação natural durante o dia, esta pesquisa teve como objetivo analisar a iluminação natural disponível em duas salas de aula através de medições *in loco* e da opinião de seus usuários para um projeto atual de instituição de ensino na cidade de Santiago, no interior do RS, com latitude aproximada de 29°.

2 MÉTODO

Foram usados dois instrumentos: aplicação de questionários e medições *in loco* internas e externas.

2.1 Escolha e descrição das salas de aula

Selecionou-se duas salas de aula de dois blocos distintos de instituição da ensino com características físicas similares.

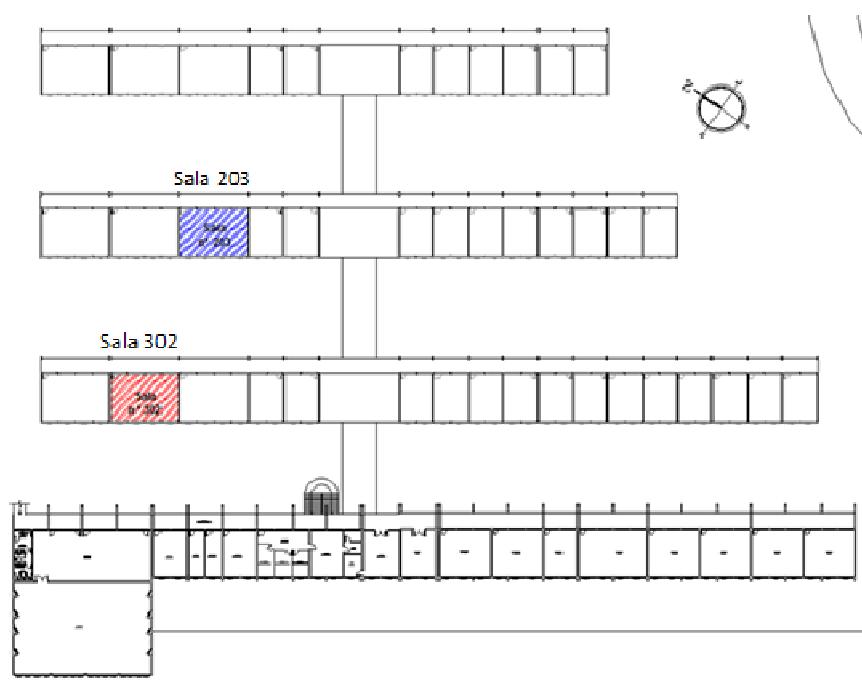
As figuras 1 e 2 mostram a implantação dos dois blocos (destacados com hachura) e a localização das salas de aula nos blocos.

Figura 1 – Implantação geral dos blocos



Fonte: adaptado do Google Earth (2014)

Figura 2 – Posição das salas estudadas nos dois blocos



Fonte: adaptado da Coordenação do Curso de Arquitetura e Urbanismo (2012)

Cada sala possui 84,15 m² e sua orientação solar é sudoeste. A sala 302 possui um bloco de dois pavimentos em frente, enquanto a 203, um bloco com um pavimento (figura 3).

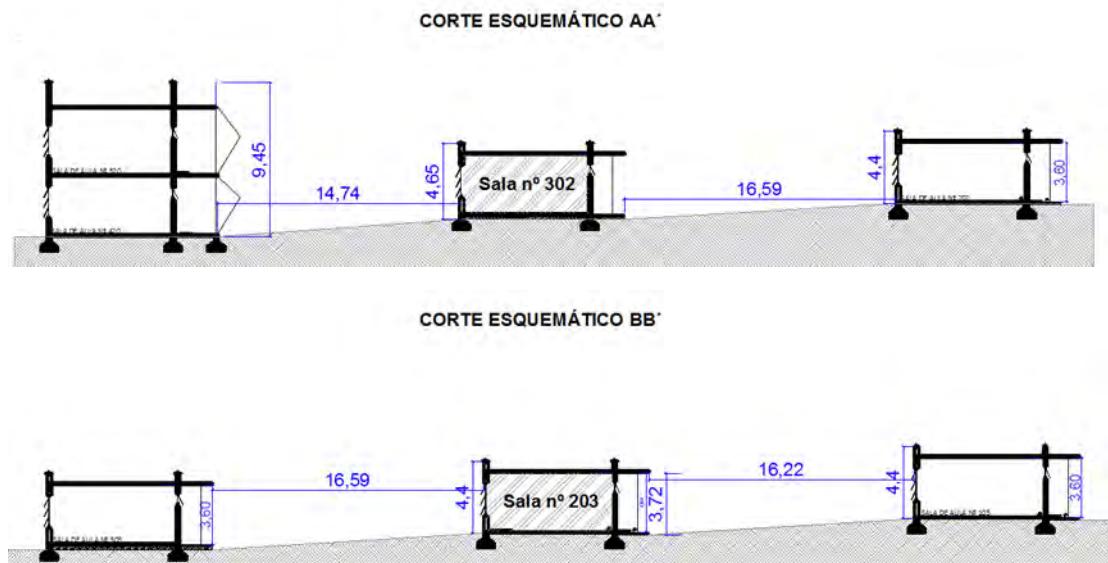


Figura 3 – Corte esquemático demonstrando o entorno imediato

Realizou-se o levantamento físico das salas com o registro de características que influenciam a iluminação natural: orientação solar, área, proporções entre largura e profundidade, cores e materiais de superfícies, manutenção e limpeza, aberturas, sistemas de sombreamento interno e externo, entorno imediato, obstruções externas, cores das obstruções, tipos de vidros, condições de manutenção e limpeza das aberturas, anotados em uma planilha (quadro 1), juntamente com o levantamento fotográfico.

Quadro 1 – Características das salas

Elementos	características
dimensões	11,00 x 7,65m
orientação solar	sudoeste
cor do piso	branco (coef. de reflexão 85%)
cor das paredes	azul claro (coef. de reflexão 75%)
cor do forro	branco (coef. de reflexão 85%)
cor do mobiliário	bege (coef. de reflexão 70%)
janelas	maxim-ar metálica, vidro tipo miniboreal espessura 6.5mm (Fator Solar 43%), vidro transparente (Fator Solar 83%)
proteção solar	marquise com 2m de profundidade
luminárias e lâmpadas	09 luminárias suspensas com trilhos com duas lâmpadas fluorescentes em cada

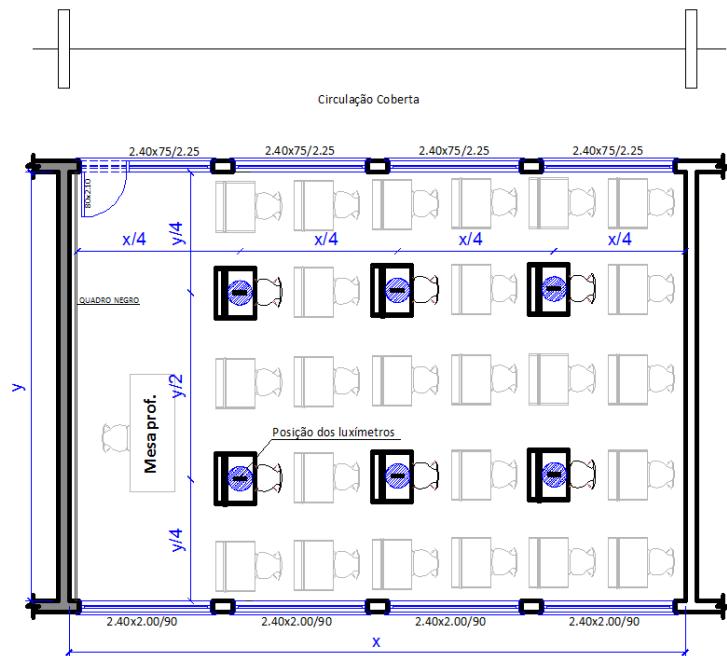
2.2 Mediçãoes in loco internas

Em cada sala de aula, foram instalados seis aparelhos luxímetros, modelo LDR225, da Instrutherm, com datalogger, para o registro dos valores de iluminância, em lux. O componente visível à luz desse instrumento é um fotodiodo de silício, em conjunto com um filtro de resposta espectral. O aparelho está de acordo com a resposta espectral fotópica CIE, $f^1 \leq 6\%$.

Os aparelhos foram depositados nas mesas (figura 4), distribuídos

aproximadamente em uma malha regular. Buscou-se atender a NBR 15.215, parte 3 (ABNT, 2005). No entanto, devido ao número de aparelhos (no total, 12), o número de pontos não atendeu à recomendação de 32 pontos de medições. Como a posição dos usuários é conhecida, considera-se que o valor de iluminância é satisfatório para os objetivos da pesquisa.

Figura 4 – Disposição dos aparelhos luxímetros nas salas de aula



Os luxímetros foram programados para registro contínuo de dados, no decorrer de 09 (nove) horas, a partir das nove horas da manhã, em 05 (cinco) dias corridos, para os meses de abril, junho, agosto e dezembro de 2013. Os dados foram coletados de 03 em 03 minutos. Os períodos de medições foram definidos com base na NBR 15.215, ou seja, pelo menos próximos aos solstícios de verão e inverno. Nos dias em que foram efetuadas as medições, as salas de aula permaneceram desocupadas. Durante as medições, as cortinas *blackout* foram mantidas abertas.

Os valores registrados foram transferidos para o computador e sistematizados em planilhas eletrônicas e gráficos, para análise dos resultados.

2.3 Medições *in loco* externas

Durante os períodos diurnos de medição, a condição do céu foi monitorada visualmente, por registro fotográfico e por medição de iluminâncias externas, a cada duas horas, iniciando às 9 horas, com o uso de um luxímetro digital modelo LD-200 da Instrutherm, expondo-se a fotocélula de forma a evitar a influência de qualquer obstrução, inclusive da pessoa responsável pelo registro dos valores obtidos. As medições de níveis de iluminância e as fotografias das condições do céu foram obtidas sempre na mesma posição.

2.4 Sistematização e análise de resultados de medições

Os dados obtidos internamente foram selecionados a cada hora cheia e colocados em planilhas eletrônicas. Uma análise visual permitiu a eliminação de dados espúrios (valores nulos ou muito acima ou muito abaixo da média dos seus contíguos, mostrando claramente que se tratava de uma falha da medição). Nestes casos, os valores foram substituídos pelo valor imediatamente anterior, cujo registro foi feito 3 minutos antes.

Neste artigo são apresentados apenas resultados relativos aos dias de céu claro (meses de abril e agosto) e céu encoberto (meses de junho e dezembro).

Para análise dos resultados, como não existem níveis de iluminância recomendados para a iluminação natural, usou-se como referência os níveis de iluminância mantida recomendados pela NBR 8995-1 (ABNT, 2013) para iluminação artificial para salas de aula, ou seja, nível de 300 lux.

Com as medições de níveis de iluminância obtidos no meio externo, calculou-se o coeficiente de contribuição de iluminação natural (CIN), conforme NBR 15.215 (ABNT, 2005) para cada duas horas. As análises para os coeficientes CIN foram baseadas nas recomendações de LECHNER (2001 apud LAMBERTS; DUTRA; PEREIRA, 2014), que determina que o CIN mínimo para salas de aula seja 2%. Os horários indicados em tabelas e gráficos estão em horário legal.

2.5 Opinião dos usuários com aplicação de questionários

O questionário continha perguntas abertas e fechadas. Sua aplicação considerou a posição na qual os acadêmicos costumavam sentar-se. O questionário foi aplicado em 50% dos alunos de cada sala de aula, totalizando uma amostra de 30 usuários e considerando os alunos com presença em todas as aulas. Os alunos escolhidos ocupavam as posições indicadas na figura 5.

Figura 5 – Posição dos entrevistados nas salas de aulas submetidas a medições



O questionário abordou a iluminação natural e foi dividido em duas partes. Na primeira parte, apresentou-se uma planta-baixa com o leiaute do

mobiliário. Nessa planta, com indicação de data, horário e condições do céu no momento da entrevista, o usuário entrevistado deveria marcar a posição onde costumava sentar-se na sala de aula.

Na segunda parte do questionário, apresentou-se questões de múltipla escolha, com o propósito de verificar a percepção dos usuários. A primeira questão tratava da avaliação de iluminação da sala de aula. Para isso, foram adotadas atribuições como pouca, suficiente e muita iluminação. Na segunda questão foram apresentadas algumas possíveis causas de problemas na iluminação, caso assim fosse avaliado pelo usuário. Também foi inserida uma questão aberta para o usuário indicar problemas referentes à iluminação não contemplados no questionário.

A aplicação dos questionários ocorreu logo após o final das coletas de dados dos níveis de iluminância (dias 27 de abril, 29 de junho, 10 de agosto e 14 de dezembro), aos sábados. A aplicação ocorreu no intervalo das aulas, sempre às 10:15h, e a média de duração da aplicação foi de 20 minutos. Os questionários, assim como as medições, foram aplicados simultaneamente nas duas salas.

Os dados obtidos com a aplicação dos questionários foram analisados segundo as percentagens para cada um dos três graus de avaliação e a indicação dos problemas foram analisados de forma qualitativa, considerando-se os mais citados pelos usuários.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A tabela 1 apresenta os níveis de iluminância medidos externamente, bem como as condições de céu verificadas visualmente.

Tabela 1 - Valores de níveis de iluminância (lux) externos e condições do céu

Valor iluminância (lux) - abril					Valor iluminância (lux) - junho					
céu	claro	claro enc.	e enc.	parc. enc.	claro	enc.	enc.	parc. enc.	claro	variável
Hor.	22/04	23/04	24/04	25/04	26/04	24/06	25/06	26/06	27/06	28/06
09:00	6.240	5.030	2.210	3.740	54.100	6.830	4.420	7.890	14.000	13.650
11:00	8.150	6.150	3.070	5.450	73.200	6.320	12.770	59.300	28.200	14.620
13:00	74.500	44.000	4.430	80.800	82.800	8.720	18.670	42.300	57.900	18.640
15:00	89.300	60.800	3.910	72.100	51.300	3.190	10.820	5.130	8.200	11.750
17:00	50.200	3.140	2.130	7.820	44.400	4.070	3.400	3.020	3.070	4.520
Valor iluminância (lux) - agosto					Valor iluminância (lux) - dezembro					
céu	claro	claro	variável	enc.	enc.	enc.	claro	variável	variável	variável
Hor.	05/08	06/08	07/08	08/08	09/08	09/12	10/12	11/12	12/12	13/12
09:00	30.300	42.800	30.500	10.150	6.940	5.120	13.700	71.000	66.400	75.400
11:00	45.300	67.000	34.700	19.800	7.730	6.540	68.200	106.300	123.100	104.700
13:00	72.500	46.900	75.400	22.400	6.470	5.980	80.100	122.100	132.100	91.800
15:00	35.800	13.980	27.600	21.000	6.900	7.180	81.400	145.600	65.000	33.400
17:00	7.410	4.120	6.150	5.000	2.740	2.650	102.300	89.600	98.400	47.900

enc. = encoberto; parc. enc. = parcialmente encoberto

3.1 Mês de abril – céu claro

As salas de aula 302 e 203, nas medições realizadas no mês de abril de 2013, na maioria dos dias, apresentaram média de valores altos de iluminância, considerando a referência 300 lux, com exceção de apenas um dia (25/04/2013). Isso se deve, principalmente, à condição de céu encoberto. Com exceção do primeiro dia de medição (22/04/2013), a sala 203, localizada no Bloco C, apresentou a média dos valores de iluminância mais alta. Esse fato atesta que o Bloco F, que possui dois pavimentos e fica localizado na parte posterior do Bloco E, onde está a sala 302, acaba atuando como barreira física, especialmente, após às 15h, uma vez que ele se encontra a sudoeste. Os pontos mais próximos às janelas principais registraram valores mais altos do que os pontos mais afastados, o que era esperado.

Tabela 2 - Coeficientes de CIN (%) e níveis de iluminância (lux) das salas 302 e 203, condição de céu claro, abril

DIA 22/04/2013 SEGUNDA-FEIRA - SALA DE AULA 302 - BLOCO E												
Horário	Ponto A 01		Ponto A 02		Ponto A 03		Ponto A 04		Ponto A 05		Ponto A 06	
	CIN	LUX	CIN	LUX								
09:00	8,15	510,1	8,33	520,2	8,23	514,0	10,13	632,4	10,59	661,3	10,82	675,4
10:00		615,3		625,5		636,1		688,5		705,6		721,3
11:00	9,50	774,8	10,22	833,1	9,75	795,4	9,33	761,1	9,91	807,7	10,37	845,4
12:00		893,7		913,2		885,5		793,8		838,7		853,8
13:00	1,23	917,9	1,24	928,6	1,10	822,5	1,06	794,7	1,12	836,7	1,17	877,6
14:00		815,8		860,7		721,7		722,0		796,0		801,5
15:00	0,92	824,7	0,84	751,5	0,91	819,7	0,79	705,6	0,86	768,7	0,84	754,4
16:00		801,1		765,4		709,7		707,4		782,2		731,3
17:00	0,12	63,4	0,14	74,4	0,11	59,6	0,04	24,9	0,05	28,9	0,06	31,0
18:00		12,1		14,0		10,3		3,6		5,2		4,9

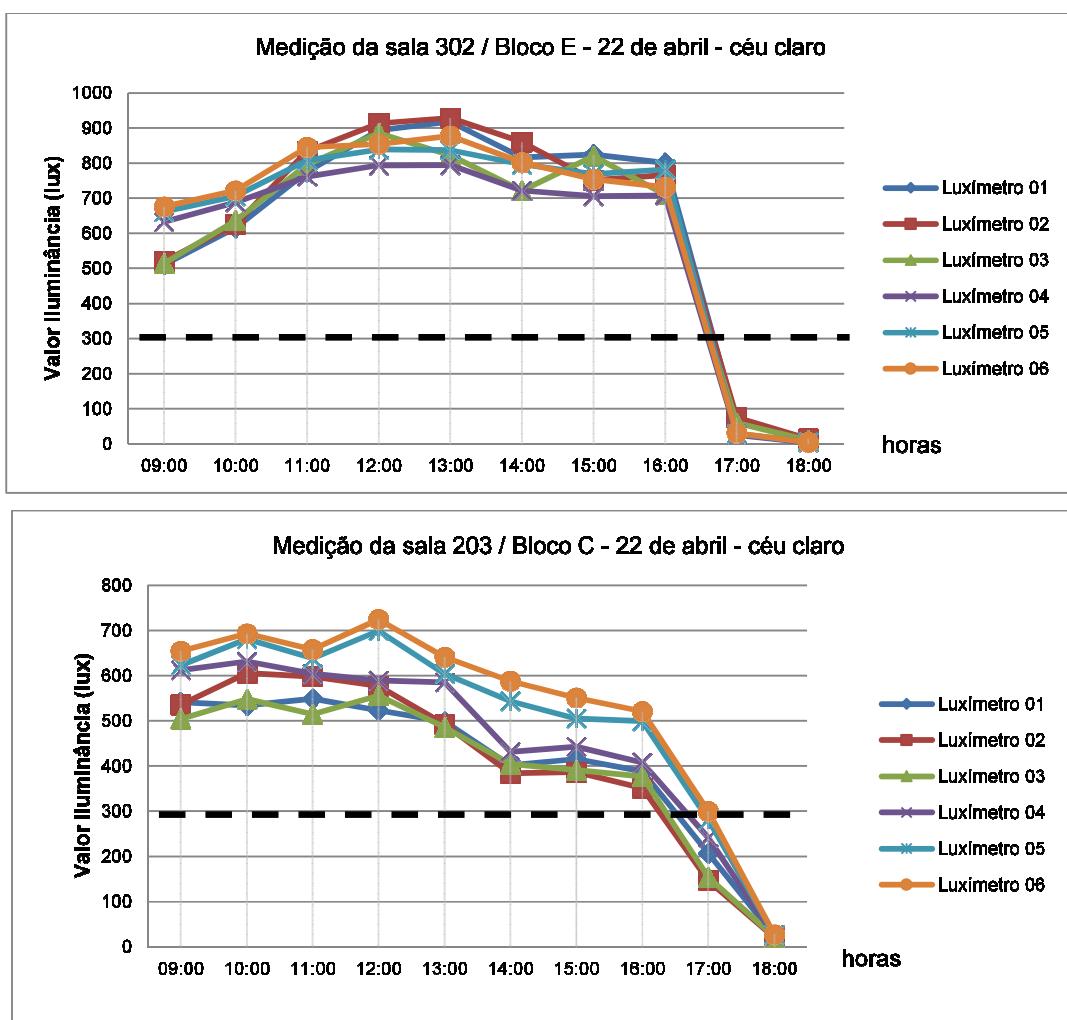
DIA 22/04/2013 SEGUNDA-FEIRA - SALA DE AULA 203 - BLOCO C												
Horário	Ponto B 01		Ponto B 02		Ponto B 03		Ponto B 04		Ponto B 05		Ponto B 06	
	CIN	LUX										
09:00	8,67	541,5	8,58	535,8	8,08	504,6	9,81	612,4	9,99	623,4	10,49	654,8
10:00		534,6		605,6		548,7		631,8		681,3		693,4
11:00	6,73	548,9	7,33	597,9	6,32	515,2	7,41	604,6	7,83	638,6	8,07	658,1
12:00		523,1		576,8		556,4		589,4		699,3		724,5
13:00	0,66	498,7	0,66	492,8	0,65	485,9	0,78	585,6	0,81	604,5	0,86	641,1
14:00		401,6		384,2		404,3		431,9		543,4		588,3
15:00	0,46	415,7	0,43	386,8	0,43	391,5	0,49	443,2	0,56	504,8	0,61	551,3
16:00		388,6		351,0		377,4		407,8		499,4		521,3
17:00	0,41	207,6	0,29	146,6	0,30	154,3	0,48	241,3	0,56	281,6	0,59	299,8
18:00		25,0		21,1		22,0		24,1		28,1		27,1

Par ao mês de abril, apresenta-se a análise do CIN e da distribuição de iluminâncias para condição de céu claro representada por 22 de abril (tabela 2). Em negrito estão os valores abaixo da referência de 2% para o

CIN e valores abaixo da referência 300lux para o nível de iluminância.

Os níveis de iluminância, na maioria dos pontos, apresentaram valores superiores a 300 lux. Os valores que ficaram abaixo da referência estão entre 17 e 18h, horário em que a altura do sol é mais baixa. Contrapondo os valores de iluminância, os coeficientes CIN mostraram resultados inferiores a 2%, a partir das 13h, embora os níveis de iluminância estejam acima dos 300lux. Antes desse horário, os coeficientes CIN calculados apresentaram valores maiores que 2%.

Figura 6 - níveis de iluminância das sala de aula 302 e 203



Como se observa na figura 6, a variação dos níveis de iluminância foi similar para todos os pontos (variação aproximadamente uniforme para os pontos no decorrer do tempo), mantendo os valores de níveis de iluminância entre 500 e 900 lux na maior parte do dia, apresentando uma queda dos valores ao final da tarde. Também observa-se que, para condições de céu claro, mesmo considerando-se a orientação da fachada (sudoeste), os níveis de iluminância são maiores pela manhã do que ao final da tarde.

3.2 Mês de junho – céu encoberto

As medições realizadas no mês de junho são apresentadas para condição de céu encoberto (24 de junho), próximo ao solstício de inverno.

A sala de aula a alcançar a média mais alta dos valores de iluminância (ao longo da semana) foi a 203, embora, para essa época do ano, a barreira física representada pelo bloco F, para a sala 302, não seja determinante uma vez que o sol, para a latitude local, se põe mais ao norte. Devido à grande variabilidade diária do céu para boa parte dos dias da semana, não foi possível observar um padrão de comportamento das salas no decorrer dos dias.

Tabela 3 - Coeficientes de CIN (%) e níveis de iluminância (lux) das salas 302 e 203, condição de céu claro, junho

DIA 24/06/2013 SEGUNDA-FEIRA - SALA DE AULA 302 - BLOCO E												
Horário	Ponto A 01		Ponto A 02		Ponto A 03		Ponto A 04		Ponto A 05		Ponto A 06	
	CIN	LUX	CIN	LUX	CIN	LUX	CIN	LUX	CIN	LUX	CIN	LUX
09:00	0,23	15,8	0,62	43,0	0,41	28,0	5,20	355,5	3,10	212,3	3,59	245,3
10:00	70,3		84,7		75,4			498,1		249,6		321,5
11:00	3,33	210,5	3,39	214,7	2,88	182,4	8,18	517,4	7,81	493,6	6,27	396,8
12:00		266,1		287,9		276,7		821,6		775,5		791,3
13:00	2,85	249,3	2,70	235,7	2,37	207,2	8,65	755	9,16	798,9	9,20	802,7
14:00		132,4		159,5		154,9		516,2		700,3		755
15:00	4,12	131,5	4,54	145,1	3,47	110,8	14,10	450	10,32	329,5	12,58	401,4
16:00		83,2		59,1		57,37		441,1		92,2		321,2
17:00	0,68	27,8	0,88	36,0	0,87	35,8	2,24	91,5	3,72	151,8	2,64	107,8
18:00		8,07		5,93		3,5		3,12		2,9		5,5

DIA 24/06/2013 SEGUNDA-FEIRA - SALA DE AULA 203 - BLOCO C												
Horário	Ponto B 01		Ponto B 02		Ponto B 03		Ponto B 04		Ponto B 05		Ponto B 06	
	CIN	LUX	CIN	LUX	CIN	LUX	CIN	LUX	CIN	LUX	CIN	LUX
09:00	3,61	246,9	2,85	194,7	0,91	62,83	2,71	185,7	2,51	172,0	2,17	148,5
10:00		276,4		149,2		186,9		402,5		458,3		398,1
11:00	4,64	293,7	4,52	285,7	4,12	260,8	11,29	714,1	9,92	627,5	10,10	638,7
12:00		387,3		389,1		401,1		891,0		1.056,0		943,6
13:00	3,87	337,9	3,29	287,5	3,87	338,0	9,72	848,2	10,38	905,5	10,29	897,3
14:00		261,9		202,2		183,0		505,6		591,4		504,8
15:00	8,92	284,7	5,22	166,7	3,74	119,5	12,96	413,5	13,54	432,2	10,30	328,6
16:00		250,6		28,5		35,0		76,9		92,2		79,2
17:00	1,82	74,1	0,61	24,9	0,33	13,6	1,31	53,5	1,26	51,5	0,92	37,5
18:00		0,12		0,5		0,3		0,7		0,8		0,85

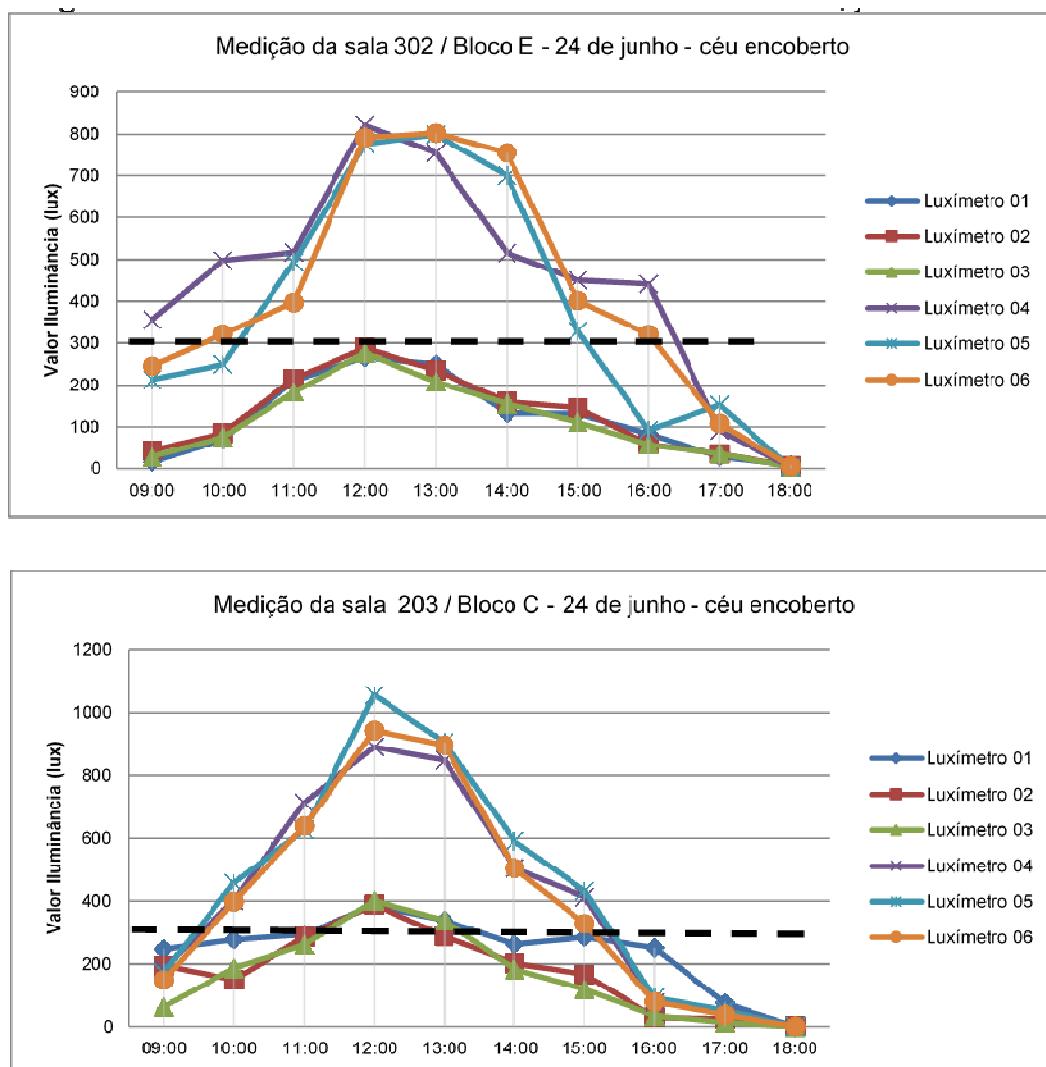
Para o dia 24 de junho (com céu encoberto durante todo o dia), foram registrados baixos níveis de iluminância.

A tabela 3 traz os coeficientes de CIN calculados e os níveis de iluminância, em lux, para o dia 24 de junho nas salas de aula 203 e 302. Em negrito estão os valores inferiores aos tomados como referência (2% e 300lux).

Observa-se que, no início da manhã, para os pontos 01, 02 e 03 da sala 302 (afastados das janelas), tanto o CIN quanto o nível de iluminância são menores do que os valores de referência. Os pontos 04, 05 e 06, próximos às janelas, marcaram níveis abaixo do recomendado ao início e ao final da tarde, no entanto, o CIN foi maior que 2%. Os níveis de iluminância na sala de aula 203 foram superiores aos medidos na 302, para alguns horários, mas abaixo do recomendado.

Observa-se que os coeficientes CIN apresentaram valores superiores ou próximos a 2%, na maior parte do dia, para ambas salas, com alguns bem superiores, acima de 10%, contrapondo-se aos baixos níveis de iluminância.

Figura 7 - níveis de iluminância das sala de aula 302 e 203, junho



A figura 7 traz a variação dos valores de iluminância, em lux, para o dia em junho. Nota-se a variação indo de um valor mínimo, a um máximo e retornando a um mínimo de forma suave, como esperado. Também verifica-se, para essa condição de céu, que os pontos afastados variam menos que os pontos mais próximos às janelas, o que também é esperado, pois para os pontos mais afastados a parcela de céu visível contribui menos para a

iluminação no ponto. Percebe-se o comportamento diferente daquele verificado para céu claro (figura 6).

3.3 Mês de agosto – céu claro

A tabela 4 apresenta os resultados para o mês de agosto, com céu claro.

Tabela 4 - Coeficientes de CIN (%) e níveis de iluminância (lux) das salas 302 e 203, condição de céu claro, agosto

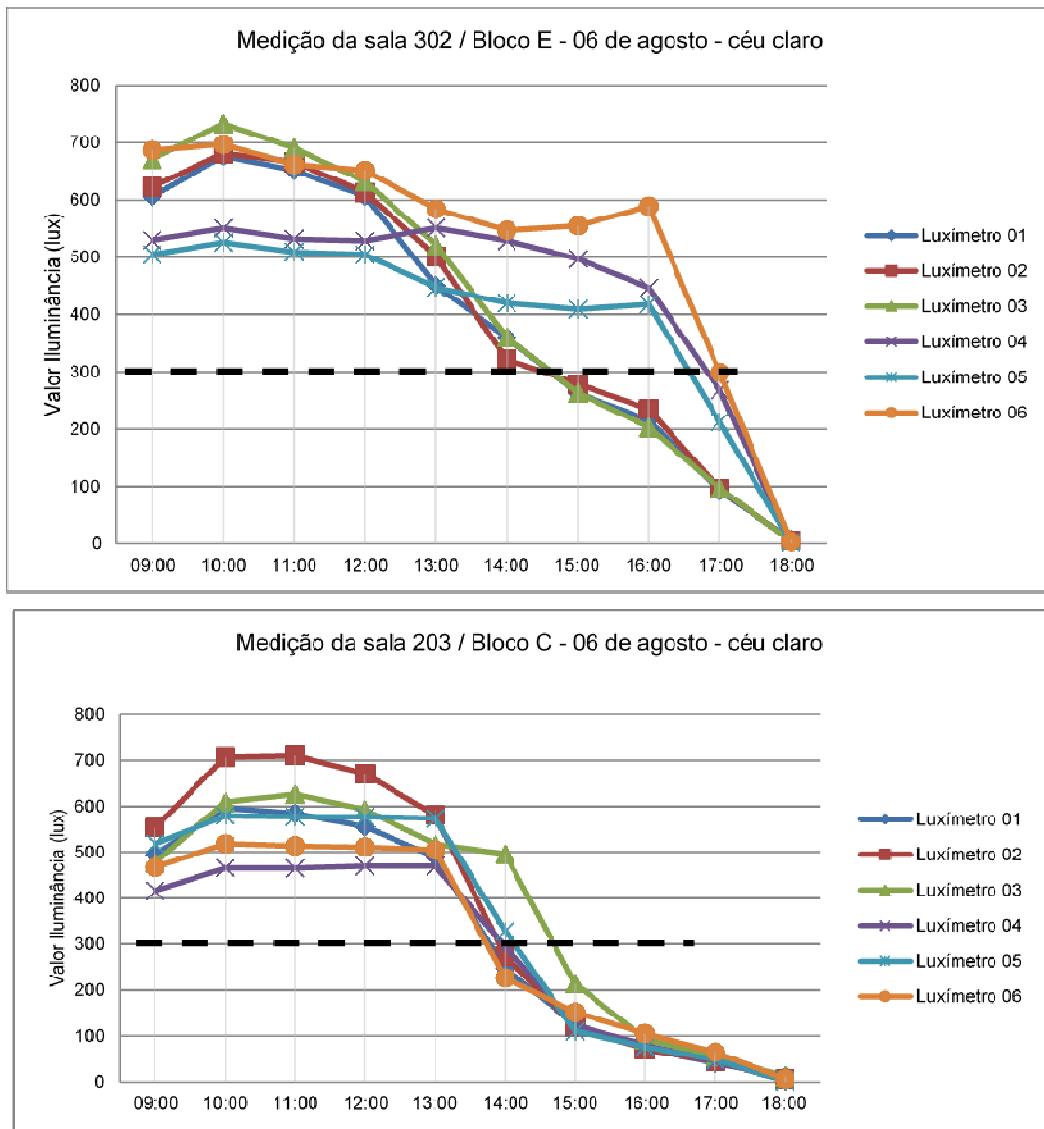
DIA 06/08/2013 TERÇA-FEIRA - SALA DE AULA 302 - BLOCO E												
Horário	Ponto A 01		Ponto A 02		Ponto A 03		Ponto A 04		Ponto A 05		Ponto A 06	
	CIN	LUX										
09:00	1,41	605,8	1,45	622,4	1,56	671,1	1,23	529,5	1,17	504,7	1,60	687,0
10:00		676,8		681,7		733,3		550,5		525,6		697,0
11:00	0,97	651,8	0,99	666,4	1,03	690,6	0,79	532,0	0,76	509,2	0,98	662,0
12:00		606,4		612,8		632,3		528,3		504,6		651,0
13:00	0,96	450,9	1,06	501,5	1,11	521,5	1,17	551,1	0,95	447,2	1,24	584,0
14:00		359,2		321,4		360,3		528,8		420,1		547,0
15:00	1,87	262,7	1,99	278,8	1,88	263,1	3,55	497,3	2,92	409,3	3,96	555,0
16:00		215,0		234,7		203,2		447,0		417,5		589,0
17:00	2,24	92,5	2,31	95,3	2,34	96,7	6,50	267,8	5,14	212,1	7,25	299,0
18:00		7,3		5,6		4,6		2,4		2,4		3,6
DIA 06/08/2013 TERÇA-FEIRA - SALA DE AULA 203 - BLOCO C												
Horário	Ponto B 01		Ponto B 02		Ponto B 03		Ponto B 04		Ponto B 05		Ponto B 06	
	CIN	LUX										
09:00	1,15	493,8	1,29	553,2	1,11	477,3	0,97	416,3	1,21	519,0	1,09	467,0
10:00		596,2		707,2		609,3		465,9		579,0		518,7
11:00	0,87	584,2	1,05	710,1	0,09	626	0,69	465,1	0,86	577,0	0,76	513,4
12:00		555,4		670,8		592,8		469,7		577,0		510,7
13:00	1,04	489,2	1,23	580,1	1,10	517,8	1,00	470,1	1,22	573,0	1,07	504,9
14:00		247,6		274,6		496,1		295,7		329,0		226,8
												111,
15:00	0,89	124,9	0,86	120,8	1,53	213,9	0,87	122,7	0,79	0	1,08	152,1
16:00		74,1		70,9		93,28		80,21		76,8		105,5
17:00	0,99	40,9	1,09	45,0	1,36	56,31	1,09	45,27	1,18	49,0	1,58	65,2
18:00		12,7		5,5		12,22		3,99		1,9		6,7

De modo geral, ao contrário do esperado, as medições no mês de agosto apresentaram valores de níveis de iluminância mais baixos do que os resultados para junho, isso pode se justificar em função que as medições durante a semana do mês de agosto foram realizadas na maioria com condições de céu parcialmente encoberto e encoberto, sendo também registrada chuva.

Para 6 de agosto, céu uniformemente encoberto todo o dia, para ambas as salas, os níveis de iluminância apresentaram-se, em geral, acima de 300 lux. Os pontos 01, 02 e 03 apresentaram resultados semelhantes, com níveis de iluminância menores que 300 lux, após as 15h. Nos demais pontos (04, 05 e

06, próximos às janelas), os resultados menores que o recomendado aconteceram apenas no final do dia, entre 17 e 18h. Os coeficientes CIN encontrados, na maioria dos pontos, apresentaram resultados abaixo de 2% com exceção do final da tarde para a sala 302. Observa-se que, embora os níveis de iluminância sejam superiores a 300 lux, os valores de CIN são inferiores a 2% para todos os pontos para sala 203.

Figura 8 - níveis de iluminância das sala de aula 302 e 203, agosto



A figura 8 ilustra a variação dos níveis de iluminância no decorrer do dia 06 de agosto. O mesmo comportamento para céu claro, verificado em abril, é percebido aqui, ou seja, valores mais altos no início da manhã do que ao final da tarde, em decorrência da orientação solar dos blocos (sudoeste). A iluminância varia uniformemente ao longo do dia de forma similar para todos os pontos. Nota-se um pico às 16 horas para o ponto 06 na sala 302, que pode ser decorrência de algum reflexo sobre a fotocélula oriundo da obstrução logo em frente. Também pode ser visto que, para céu claro (abril e agosto), a diferença entre pontos mais ou menos afastados da janela é menor do que para céu encoberto (junho), comportamento esperado.

3.4 Mês de dezembro – céu encoberto

No início da semana, as medições foram realizadas com condição de céu encoberto, no decorrer da semana, o céu apresentou-se bastante variável. A tabela 5 ilustra os coeficientes CIN e níveis de iluminância medidos para o dia 09 de dezembro, com céu encoberto.

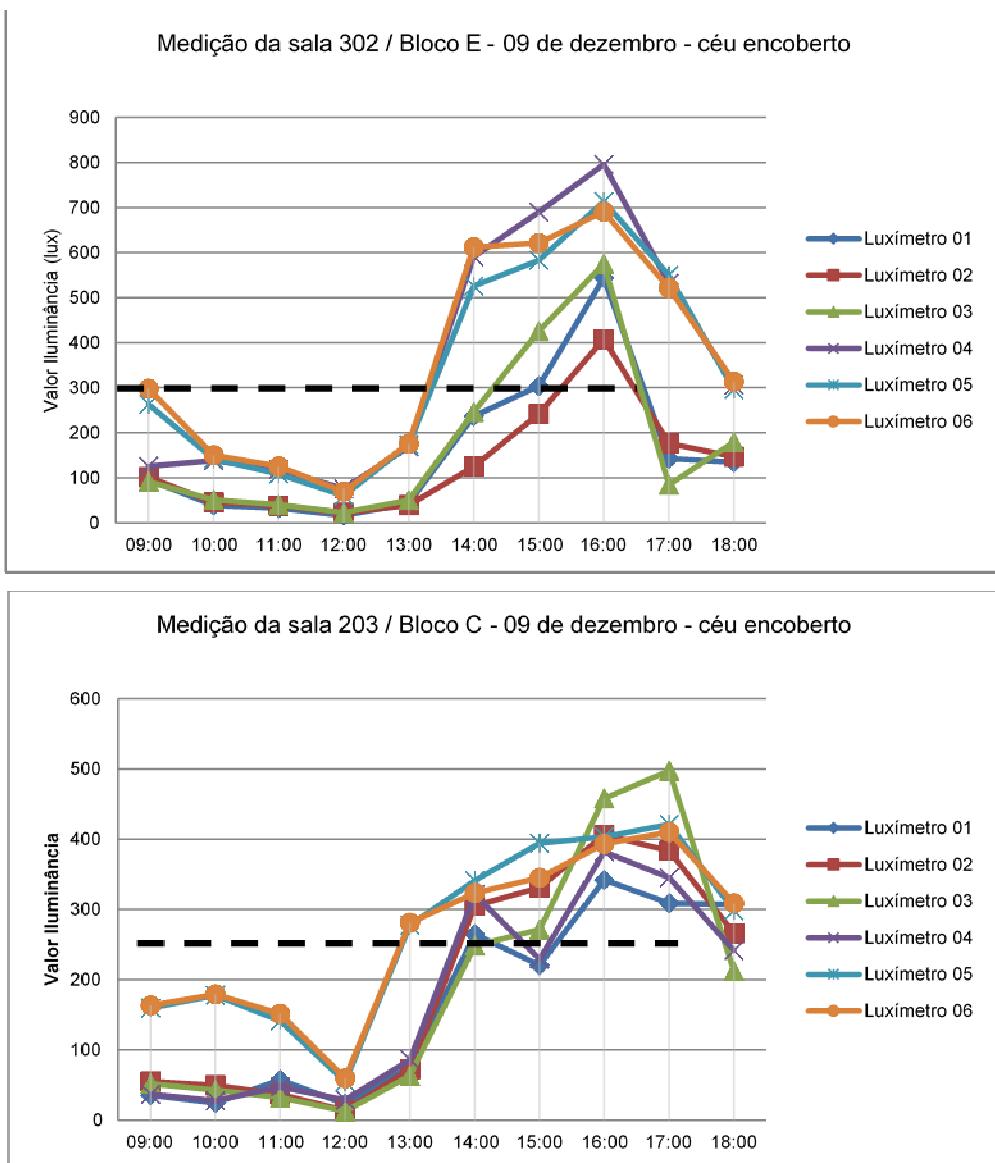
Tabela 5 - Coeficientes de CIN (%) e níveis de iluminância (lux) das salas 302 e 203, condição de céu encoberto, dezembro

DIA 09/12/2013 SEGUNDA-FEIRA - SALA DE AULA 302 - BLOCO E												
Horário	Ponto A 01		Ponto A 02		Ponto A 03		Ponto A 04		Ponto A 05		Ponto A 06	
	CIN	LUX										
09:00	1,87	95,9	1,98	101,5	1,78	91,53	2,45	126,0	5,13	262,8	5,82	298,1
10:00		39,0		45,4		50,6		138,0		141,5		149,9
11:00	0,49	32,2	0,58	38,0	0,61	40,33	1,80	118,0	1,65	108,2	1,91	125,2
12:00		16,22		22,0		22,25		75,7		59,87		69,52
13:00	0,71	42,9	0,65	39,1	0,83	50,22	2,82	169,0	2,89	173,3	2,93	175,6
14:00		236,9		124,9		246			591,0		525,4	612
15:00	4,22	303,2	3,36	241,5	5,92	425,1	9,61	690,0	8,12	583,1	8,65	621,5
16:00		544,1		407,9		575,1		796,0		713,3		690,4
17:00	5,38	142,6	6,66	176,6	3,17	84,04	20,05	532,0	20,73	549,4	19,67	521,4
18:00		134,4		146,5		179,4		306,0		295,3		313,3

DIA 09/12/2013 SEGUNDA-FEIRA - SALA DE AULA 203 - BLOCO C												
Horário	Ponto B 01		Ponto B 02		Ponto B 03		Ponto B 04		Ponto B 05		Ponto B 06	
	CIN	LUX	CIN	LUX	CIN	LUX	CIN	LUX	CIN	LUX	CIN	LUX
09:00	0,69	35,5	1,07	54,9	1,01	51,8	0,72	36,9	3,11	159,7	3,19	163,4
10:00		24,3		49,4		42,6		27,8		177,8		179,1
11:00	0,87	57,3	0,56	36,9	0,49	32,3	0,71	47,0	2,16	141,6	2,31	151,5
12:00		23,1		13,7		12,4		28,4		54,3		59,64
13:00	1,27	76,1	1,20	72,3	1,05	63,3	1,43	85,9	4,64	277,6	4,70	281,2
14:00		264,8		305,1		248,4		321,3		341,3		323,4
15:00	3,07	220,5	4,61	331,0	3,77	271,4	3,19	229,2	5,49	394,5	4,80	345,1
16:00		341,8		406,0		458,2		381,9		403,4		393,3
17:00	11,65	308,9	14,46	383,3	18,78	497,8	13,03	345,3	15,89	421,3	15,48	410,4
18:00		306,8		265,9		212,2		241,4		298,5		308,8

Os coeficientes CIN atingiram os valores de referência somente à tarde (em torno das 15horas) para os pontos mais afastados das janelas para ambas as salas. O mesmo verifica-se para os níveis de iluminância que, para todos os pontos, mantiveram-se inferiores a 300 lux no período da manhã. Para condições de céu encoberto, próximo ao solstício de verão, a orientação sudoeste apresenta em boa parte do dia valores inferiores do que o observado nos meses anteriores, invertendo-se o comportamento observado (valores menores pela manhã em vez da tarde), conforme figura 9.

Figura 9 - níveis de iluminância das sala de aula 302 e 203, dezembro



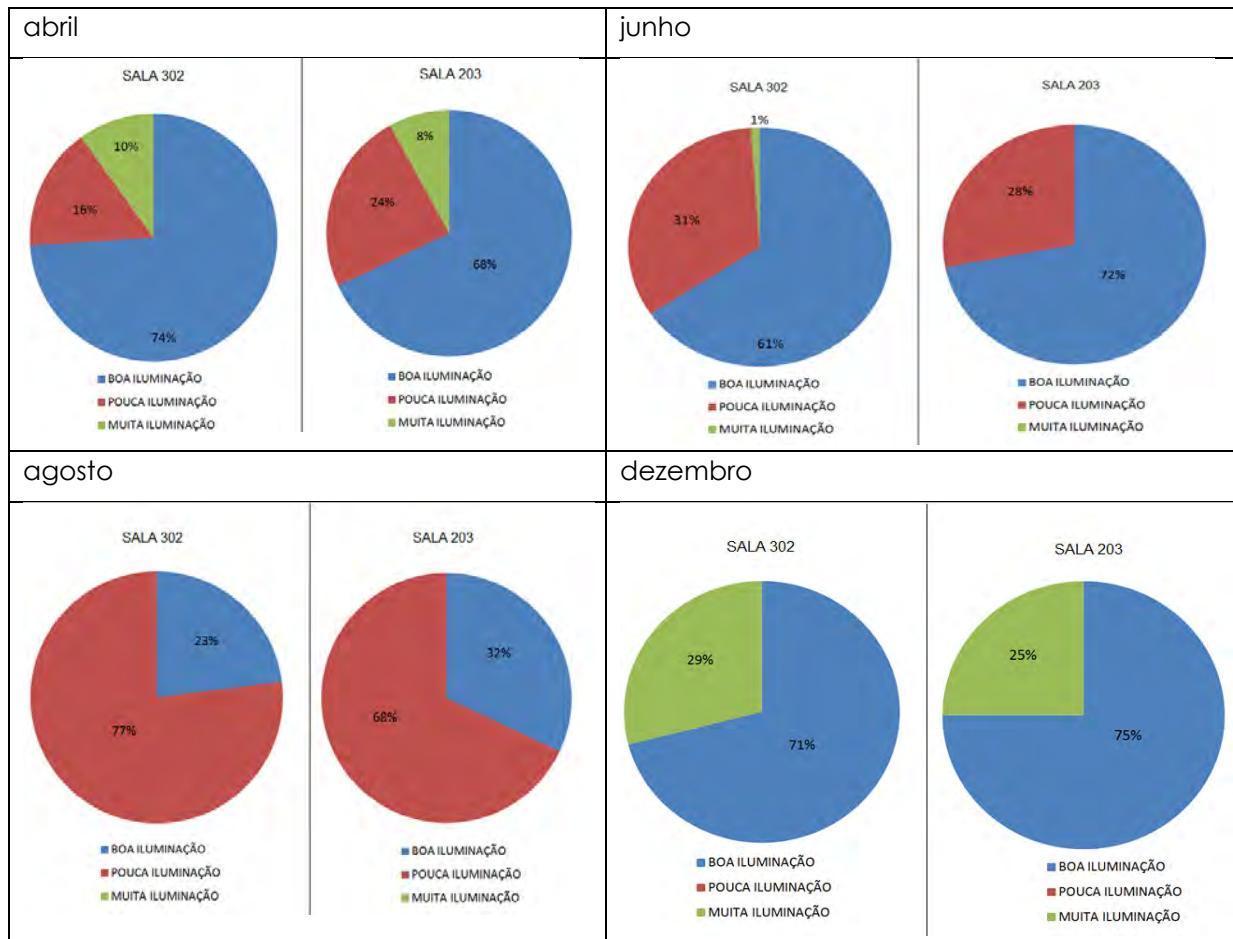
A variação das iluminâncias também mostrou certa uniformidade entre os pontos, com alguns valores anômalos como o verificado para o ponto 3 (afastado da janela), que assume, entre 16 e 17 horas valores acima dos demais, na sala 203.

3.5 Opinião dos usuários

A amostra de público que respondeu aos questionários foi composta somente por alunos, com faixa etária entre 20 e 25 anos. A figura 10 traz os resultados obtidos em relação ao grau de satisfação dos usuários para as salas para os quatro dias dos meses de abril, junho, agosto e dezembro.

Para os meses de abril, junho e dezembro, houve, no momento da aplicação do questionário, maior satisfação com as condições de iluminação natural expressa pelos usuários.

Figura 10 - níveis de iluminância das sala de aula 302 e 203, dezembro



Fonte: autores

Em abril, 74% dos usuários da sala 302 e 68% da sala 203 consideraram a iluminação boa. A percepção dos usuários foi realizada com condição de céu parcialmente encoberto. Já em junho, 61%, na sala 302, e 72%, na sala 203, consideram a iluminação boa. Porém o número de insatisfeitos foi maior do que em abril (31% e 28%). Em agosto, a percepção foi de pouca iluminação, talvez em decorrência do período de céu encoberto e chuva que caracterizou o período. Já em dezembro houve uma percepção de boa iluminação ou excesso de iluminação, resultado esperado considerando o período do ano. Nota-se que em junho e agosto não houve percepção significativa de muita iluminação.

Em relação aos motivos para considerar a iluminação boa ou má, os usuários apontaram brilho refletido em direção aos olhos por conta de reflexões da radiação direta do sol em mesas e no quadro, e impossibilidade de controlar a incidência de radiação solar através das janelas, devido às cortinas blackout, ou, quando estas estão fechadas, não ser possível ter vistas do exterior.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

De acordo com as medições efetuadas para dias dos meses de abril, junho, agosto e dezembro, os níveis de iluminância mantiveram-se acima da referência de 300lux na maior parte do dia para condições de céu claro, mas abaixo, principalmente do período da tarde, para condições de céu encoberto, resultado a orientação sudoeste da sala.

A referência adotada para o CIN de 2% não concordou com a referência para a iluminância de 300lux, ou seja, para níveis medidos acima de 300 lux, o valor de CIN encontrado foi inferior aos 2% para céu claro e superior a 2% para níveis internos inferiores a 300lux. Esse resultado demonstra a necessidade de referências para CIN condizentes com condições de céu locais.

Os usuários demonstraram, em sua maioria, para os dias de aplicação dos questionários, estar satisfeitos com a iluminação natural disponível, exceto no dia do mês de agosto, que apresentou-se encoberto, com chuva, o que pode ter influenciado sua percepção subjetiva. Apontaram como principais problemas o excesso de radiação solar e a impossibilidade de controlar a entrada de luz natural. Esse resultado demonstra a importância de deixar que o usuário decida como deseja que a iluminação natural esteja disponível, através de controles ativos dessa, como cortinas, persianas ou brises móveis.

Embora esta pesquisa esteja limitada a um curto período de tempo e a um contexto específico, pode-se concluir que, apesar de diversos meios de prever condições de iluminação natural em interiores, os projetos têm negligenciado aspectos relacionados a ela, desde a escolha equivocada e orientação aberturas, até a falta de elementos primários de controle da luz natural, demonstrando ser necessário um contínuo esforço de esclarecimento e atualização dos projetistas.

REFERÊNCIAS

ABNT ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15.215**: Iluminação natural. Rio de Janeiro, 2005.

_____. **NBR 8995-1**: Iluminação de ambientes de trabalho – parte 1 - interior. Rio de Janeiro, 2013.

CORREIA, A.G.U. **Avaliação pós-ocupacional da iluminação natural das salas dos setores de aulas teóricas da Universidade Federal do Rio Grande do Norte**. 2008. 173f. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2008.

HO, Ming-Ching; CHIANG, Che-Ming; CHOU, Po-Cheng; CHANG, Kuei-Feng; LEE, Chia-Yen. Optimal sun-shading design for enhanced daylight illumination of subtropical classrooms. **Energy and Buildings**, v. 40, 2008, p. 1844-1855.

LAMBERTS, R., DUTRA, L., PEREIRA, F.O.R. **Eficiência energética na arquitetura**. 3 ed.

Florianópolis. ELETROBRÁS/PROCEL/UFSC/LABEEE, 2014.

MANSILHA, R.B. **Análise da disponibilidade de iluminação natural e artificial em salas de aula de instituição de ensino superior.** 2013. 200f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil e Ambiental) Universidade Federal de Santa Maria. Santa Maria. 2013.

PEREIRA, F.O.R.; SOUZA, M.B. de. **Iluminação.** Florianópolis. Curso de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo e em Construção Civil. Universidade Federal de Santa Catarina. Apostila de Conforto Ambiental. Florianópolis. 2005.

WINTERBOTTOM, Mark; WILKINS, Arnold. Lighting and discomfort in the classroom. **Journal of Environmental Psychology**, v. 29, 2009, p.63-75.