

COMPARAÇÃO ENTRE A CONFIGURAÇÃO DAS JANELAS EM RESPOSTA A LUZ NATURAL EM SALAS DE AULA

**Silvana Aparecida Alves (1); Doris C.C.K. Kowaltowski (2)
Maria Emília Soares da Silva (3); Amanda Murino Rafacho (3); Rafael Escrivão
Sorrigotto (3)**

(1) Prof^ª Ms do Departamento de Arquitetura, Urbanismo e Paisagismo – FAAC/ UNESP/ Campus de Bauru, Bauru/SP - Brasil, e Doutoranda da FEC/ UNICAMP, e-mail: silvana@faac.unesp.br, arqhab@faac.unesp.br

(2) Professora Dra. do Departamento de Construção Civil - Faculdade de Engenharia Civil - UNICAMP, Campinas/SP – Brasil, e-mail: doris@fec.unicamp.br

(3) Graduandos do Departamento de Arquitetura, Urbanismo e Paisagismo – FAAC/ UNESP/ Campus de Bauru/SP - Brasil

RESUMO

Ao realizar um levantamento da evolução das janelas ao longo da história da arquitetura, verifica-se que o aumento dos vãos das janelas e/ou da quantidade de janelas no ambiente, contribui para gerar maior luminosidade. A configuração das janelas pode influenciar na luminosidade do ambiente gerando espaços de luz e de sombra, isto pode provocar sensações, valorizar formas, cores e texturas. Entretanto, dependendo da atividade desenvolvida em cada ambiente pode ser necessário um controle da direcionalidade e da intensidade de luz. Além disso, são necessários alguns cuidados para evitar o excesso de ganho de calor e o ofuscamento. Este artigo verifica a eficiência da configuração das janelas, para obter a iluminação natural. Para a análise do desempenho luminoso, foram realizadas medições de iluminância em salas de aula de duas escolas, cada uma apresenta uma configuração diferente de janela, portanto possibilita verificar a eficiência do desenho na distribuição da luz, que neste caso deve ser mais uniforme. O objetivo é analisar a eficiência da iluminação natural que penetra no interior das salas de aula através da configuração das janelas. Este estudo é realizado em salas de aula com iluminação unilateral, onde se avaliou a característica físico-construtiva das salas de aula. O trabalho baseou-se em observações, registro fotográfico e medições *in loco*. Verificou-se a área de iluminação e de ventilação. Para a análise do desempenho luminoso, foram realizadas medições de iluminância nas salas selecionadas, de cada escola. Os resultados mostram que a configuração da janela interfere na quantidade e distribuição da luz natural no interior do ambiente e, permite conhecer o nível de iluminação. O estudo da iluminação natural obtida conforme a configuração da janela, dos efeitos, intensidade e característica na distribuição podem servir como parâmetro para projetos de edificações escolares.

Palavras-chave: Configuração de janelas, Iluminação natural, Escola.

ABSTRACT

When undertaking a research regarding the evolution of windows throughout history, it becomes noticeable that the gaps in windows as well as the amount of them in a room contribute to generate greater luminosity. The configuration of the windows may influence a milieu's luminosity producing areas of light and shadow, which are responsible for provoking the senses, highlighting shapes, colours and textures. However, depending on the activity performed in each ambient it may be necessary to control the direction and intensity of light. In addition to that, it is important to avoid the excess of heat and overlighting. This article assesses window efficiency as far as natural luminosity goes. In order to scrutinize light performance, luminosity in two school classes have been measured, each presenting a different set of windows making it possible to analyse the efficiency of light distribution, which needs to be more uniform. The objective is to study natural light capabilities when looked upon in the interior of classrooms through windows. This work has been accomplished in

classrooms with unilateral lighting, where the material characteristics have been taken into consideration. The analysis are based in observations, photographic data and measurements *in loco*, as well as luminosity areas and ventilation. To assess light performance, luminosity measurings have taken place in the selected classrooms in both schools. Results show that the window display interferes in the distribution and quantity of indoor natural light, allowing to register luminosity levels. The study of natural light obtained according to the window setup, its effects, intensity and characteristics in its distribution may serve as a parameter to school projects.

Keywords: Windows display, natural light, school.

1 INTRODUÇÃO

Ao longo da história da arquitetura, verificam-se grandes alterações na configuração, bem como no tamanho dos vãos e na quantidade de janelas no ambiente, alterando, assim, a luminosidade de cada ambiente. Desse modo, espaços de luz e sombra são gerados, o que pode provocar divergentes sensações, formas, cores e texturas. Entretanto, dependendo da atividade desenvolvida em cada ambiente, pode ser necessário um controle da direcionalidade e da intensidade de luz. Outros cuidados a serem levados em conta são o excesso de ganho de calor por conta da existência de grandes aberturas, e o ofuscamento da visão. Este artigo busca verificar a eficiência da configuração das janelas, para obter a iluminação natural.

Para a análise do desempenho luminoso, foram realizadas medições de iluminância em salas de aula de duas escolas públicas na cidade de São Carlos – SP. Cada uma representa um momento histórico da arquitetura e, conseqüentemente, uma configuração diferente de janela. De tal forma, há a possibilidade de se verificar a eficiência do desenho da abertura na intensidade e distribuição da luz. Para tanto, este artigo realiza um estudo comparativo do desenho da janela relacionado à influência na luminosidade das salas de aula de escolas públicas da cidade de São Carlos, implantadas em dois momentos distintos: 1916 e 1976.

2 OBJETIVO

O objetivo é analisar a eficiência da iluminação natural que penetra no interior das salas de aula através da configuração das janelas de duas escolas públicas da cidade de São Carlos-SP. Tais escolas são: Escola Estadual Dr. Álvaro Guião e a Escola Estadual Prof. Arlindo Bittencourt, que representam momentos históricos diferentes na Arquitetura e, portanto, suas respectivas configurações de janelas correspondem ao período arquitetônico em que se inserem. Desse modo, podem contribuir para a avaliação do desempenho da iluminação conforme a configuração da janela propriamente dita.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

Para avaliação do desempenho luminoso, foram realizadas medições internamente às salas de aula e externamente aos edifícios. Os valores de iluminância foram medidos com luxímetro digital LX – 101 da Lutron. Este equipamento foi posicionado no plano horizontal a uma altura de 80cm do piso, colocado nos pontos estabelecidos dentro da sala, conforme a Norma NBR5382 – ABNT. No interior das salas de aulas foram determinados nove pontos de medições: sendo três pontos próximos à janela, três no meio da sala, e três próximos da parede oposta à janela. Para a realização da coleta dos dados luminosos foram escolhidas as salas voltadas para a posição norte, pois a escola Arlindo Bittencourt apresenta apenas duas faces de orientação para as janelas: norte ou sul. A escola Álvaro Guião possui salas voltadas para as faces: norte, sul, leste e oeste, porém adotou-se a mesma orientação a fim de comparar o desempenho luminoso no interior do ambiente conforme o desenho da janela. As medições ocorreram com as salas vazias, pois a pedido da direção das duas escolas estudadas as medições foram realizadas após o período letivo, e no mês de dezembro.

A partir das medições obteve-se os seguintes dados:

- a iluminância (E_i) nos pontos da malha;
- a iluminância no exterior (E_e), livre de obstáculos num plano horizontal;

- a relação: iluminância externa/ iluminância interna (E_e/E_i), gerando o fator de luz do dia (FLD) para cada ponto da malha;
- pode-se verificar se em todos os pontos da malha a iluminância atende aos parâmetros de projeto indicados pela norma NBR 5413;
- a influência e a eficiência da configuração da janela.

4 EVOLUÇÃO DAS JANELAS AO LONGO DA HISTÓRIA DA ARQUITETURA

No início da ocupação pelos portugueses, no século XVI e parte do século XVII, as casas dos colonizadores portugueses eram bem rústicas e as janelas só possuíam o “escuro”, ou seja, apenas uma folha de madeira inteiriça, que quando fechada não oferecia qualquer sistema de ventilação ou iluminação (Figura 1 e 2). No século XVII começou-se a incorporar treliças, para garantir ventilação e também para controlar a intensa radiação solar.

No século XVIII, período conhecido como Barroco, as janelas ficaram maiores e eram símbolo de ostentação e prestígio, pois foi também nessa época que surgiram as vidraças, muito caras por serem importadas (Figura 3). Nesse período também surgem as rótulas, muxarabis e gelosias, que tornava cada vez mais eficaz o sistema de iluminação e ventilação e deixavam as cidades brasileiras com aspecto de cidades portuguesas. São muito usadas também as janelas em guilhotina, cunhais em semicírculo e guarnições em pedra lavrada. Vale ressaltar que até o século XVIII o tamanho das aberturas foi muito limitado pelos sistemas construtivos, que por não serem desenvolvidos não suportavam grandes vãos.

Já no início do século XIX, inicia-se o período Neoclássico. Primeiro com as obras realizadas por arquitetos vindos de Portugal que trouxeram esse estilo e, posteriormente, pelos próprios brasileiros, que decidiram adotar as características que eram baseadas na Grécia e em Roma, como, por exemplo, os frontões triangulares, a simetria, as colunas, as formas puras e a platibanda. Houve uma medida que foi tomada pelo governo, por pressão da classe média visando à modernização das fachadas, que foi decretar o fim dos balcões de madeira, muxarabis, treliças e rótulas e substituí-los por vidraças tornando-se a partir de então comuns nas construções brasileiras. Com a abertura dos portos e o ciclo do café, entram no Brasil muitos produtos importados, e com eles o vidro (desde os simples até os coloridos), tornando-se, assim, mais acessível até pelo ponto de vista do transporte, pois as ferrovias estavam em seu auge.

Ainda no século XIX surge o Ecletismo, que foi a junção de diferentes estilos em uma obra, incorporando principalmente elementos metálicos em lugares como arremates de cobertura, elementos estruturais, mãos francesas, escadas e esquadrias. As janelas, muitas vezes dispostas de duas em duas eram verticalizadas, com peitoril baixo e sua altura dependia da atividade a ser realizada no ambiente (Figuras 4 e 5). Algumas dessas janelas eram fixas e eram então aproveitadas para serem vitrais, que iluminavam escadas ou corredores. Nesta época também se começou a projetar prédios escolares em torno de um pátio. O corredor que circundava o pátio recebia não apenas iluminação em abundância, mas também ventilação mais eficiente, pois com as portas das salas de aula abertas era possível obter ventilação cruzada, devido às janelas que se encontravam do lado oposto ao destas portas.

Outro período arquitetônico, apesar da curta duração, foi o Art Déco, que teve como inspiração o modernismo de outros países como, por exemplo, a França. Predominam as linhas retas ou circulares estilizadas, as formas geométricas e o design abstrato. Nesse sentido, é possível afirmar que o estilo "clean e puro" art déco dirige-se ao moderno e às vanguardas do começo do século XX, beneficiando-se de suas contribuições. As janelas continuam sendo verticalizadas com esquadrias de metal, mas agora com ornamentação simples. Muitas vezes apareciam em mais de um formato e tamanho na fachada para quebrar a monotonia. Arcos superiores de portas e janelas tinham formato semi-circular ou ogival.

Outro período de transição do Ecletismo para o Modernismo foi chamado Neocolonial. Propunha uma arquitetura de cunho nacionalista que remetia às características das obras do Brasil colônia e se desvinculava das características européias trazidas pelo ecletismo. A fachada voltava a ser rebuscada, inclusive o adorno das janelas muitas vezes em pedra, e mantém a esquadria em ferro. Nesse estilo o

pátio interno não é usado, voltando a ter o estilo de planta mais comumente usada nos períodos anteriores ao ecletismo.

Houve quase que incorporado ao Ecletismo o Art Nouveau, que também usava muito ferro aparente, e tinha como características principais as linhas curvas e uso de esculturas. As janelas verticalizadas e com peitoris baixos sempre usados se mantêm uniformes pela fachada, sempre com um mesmo formato, repetindo-se diversas vezes pela fachada, e com adorno rebuscado.

O modernismo teve como marco inicial no Brasil o prédio do Ministério da Educação e Saúde no Rio de Janeiro, que data de 1937. Nesse período buscou-se uma arquitetura inovadora, com características próprias. Sofreu grande influência da indústria, e se tratando de janelas as maiores modificações foram quanto ao tamanho das aberturas, que foram chamados “panos de vidro”, que em muitos casos tomavam quase toda a fachada. E para diminuir a intensidade luminosa, surgiram os brises soleils nas suas mais variadas formas: externos (fixos ou reguláveis), ou incorporadas dentro da própria envoltória da fachada, como exemplo, as películas internas ao vidro. As esquadrias, em sua grande maioria de ferro, surgem de várias formas, como basculante, máximo-ar e de correr (figura 6). Essas transformações, contudo, só foram possíveis devido ao grande desenvolvimento técnico e tecnológico, e ao desenvolvimento de estruturas leves e independentes do fechamento, capazes de proporcionar grandes vãos.

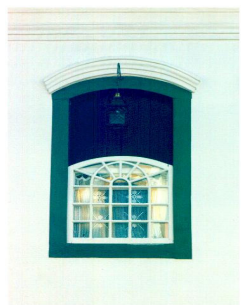


Figura 1 - Detalhe de janela típica do período Colonial
Fonte: oosvanir.vilabol.uol.com.br



Figura 2 – Detalhe de janela
Fonte: picasaweb.google.com



Figura 3 - Detalhe de janela em guilhotina do período Barroco
Fonte: www.descubraminas.com.br



Figura 4 - Detalhe da janela da Escola Normal de Campinas (1919)
Fonte: Corrêa; Mello & Neves (1991)



Figura 5 - Detalhe das janelas da Escola Normal da Capital (1890)
Fonte: Corrêa; Mello & Neves (1991)



Figura 6 - Detalhe das janelas da sala de aula da EE Dom Pedro I – São Paulo (1955)
Fonte: Ferreira & Mello (2006)

5 CONFORTO VISUAL

5.1 A Importância da Luz para o Conforto Visual do Usuário

O conforto visual é atingido quando um ambiente oferece condições para o usuário desenvolver suas tarefas com precisão visual. Para cada tipo de ambiente, conforme a atividade desenvolvida há uma quantidade de luz natural necessária, com características específicas de direcionalidade e de contraste. O ambiente com boa iluminação é aquele que facilita a visão (evitando a fadiga), oferece bom conforto visual, e permite distinguir figura e fundo. ROBBINS (1996) apud LARA (2002).

Para um ambiente apresentar boa iluminação e bom conforto visual, é mais importante a forma como é iluminado do que a quantidade de luz que entra no recinto. Portanto, é necessário proporcionar contraste suficiente para que o observador consiga discernir os objetos, além de gerar a distribuição da luminância e evitar o ofuscamento. LAM (1986) apud SOUZA (1997).

No caso de um ambiente escolar, a Norma Brasileira NBR 5413 especifica que as salas de aula devem ter uma iluminância média de 200 a 500 lux, e os quadros-negros devem ser mais iluminados, com 300 a 750 lux, PIZARRO (2005). A mesma autora, afirma que além da profundidade das salas, o forro também exerce papel importante, pois é a superfície de maior refletância de luz. A altura do pé-direito também influi no aproveitamento da luz natural.

A distribuição da luz no ambiente depende da disponibilidade da luz natural, da existência ou não de obstruções externas, do tamanho e orientação das aberturas, características óticas dos vidros, tamanho e geometria do ambiente, além da refletividade das superfícies internas, segundo Normas da ABNT (2003 - Projeto 02:135.02-003).

Sobre a forma de iluminação do ambiente, LARA (2002) comenta que a iluminação lateral é adequada para zonas próximas à janela, onde é possível obter níveis de iluminâncias recomendadas para a tarefa visual a ser realizada. Nos locais iluminados lateralmente, o nível de iluminância diminui rapidamente com o aumento da distância da janela e proporcionalmente com o tamanho da mesma. Por isso, os valores que se fixam para a iluminância diurna são mínimos, em pontos ou zonas determinadas sobre o plano de trabalho.

6 CARACTERIZAÇÃO DAS ESCOLAS

6.1 Escola Estadual Dr. Álvaro Guião

Localizada na Avenida São Carlos, na região central da cidade, a Escola Normal Secundária de São Carlos, foi fundada em 18 de novembro de 1916 e posteriormente renomeada para Dr. Álvaro Guião em homenagem ao então secretário da Educação do Estado. O projeto foi desenvolvido pelo arquiteto alemão Rosencrantz e suas obras acompanhadas pelo engenheiro Raul Porto. Hoje nas instalações funciona a “Escola Estadual de Segundo Grau Dr. Álvaro Guião”.

O estilo predominante do edifício é o Eclético, porém outros estilos influenciaram a obra como, por exemplo, o art nouveau e o neoclássico, presente nos volumes curvos do centro e das extremidades da fachada principal (figuras 7 e 8). Fez-se uso de muitos materiais importados de luxo nos acabamentos, trazidos até a cidade pela ferrovia, como por exemplo, as madeiras nobres usadas nos pisos e forros, portas e janelas das salas em pinho de riga, soleiras em mármore italiano, ladrilho dos corredores em cerâmica francesa e paredes ornadas com diferentes pinturas em barrados decorativos. O prédio foi tombado pelo CONDEPHAAT em 1985 e posteriormente passou por um processo de restauro entre 1989 e 1990.

A planta se distribui em um eixo diagonal e apresenta simetria na distribuição das salas de aula (figura 9) e ao centro se encontra o pátio, emoldurado pelo corredor que interliga os ambientes.

A análise da iluminação natural foi realizada na sala 05, voltada ao norte, nos pontos indicados na planta da sala (figura 10). A sala apresenta pé-direito de 4,80 metros, e a dimensão é de 8,70 metros por 6,70 metros, com área de 58,29m². Na parede voltada para a rua há quatro janelas com abertura de 1,20 por 2,30 metros, com área de 2,76m² de abertura cada uma, e área total de abertura das quatro janelas de 11,04m². Ao considerar que o caixilho apresenta uma bandeira de vidro medindo 0,60 por 1,20 metros na parte superior de cada janela, que resulta em área de 0,72m² cada, e total de 2,88m², a área total de abertura para iluminação na sala é de 13,92m². As janelas são de vidro transparente com insulfilm e, foram colocadas cortinas de tecido fixas às faces de abertura da janela, na cor palha (figura 11). Na parede voltada para o corredor não existem janelas, entretanto possui duas portas, de duas folhas de abertura, com bandeira de vidro transparente na parte superior medindo 0,60 por 1,20 metro cada uma, área de 0,72m² cada. As portas encontram-se dispostas num corredor avarandado, emoldurado pelos vitrais, e voltado a um pátio interno (figura 12).



Figura 7 - Vista da fachada principal
Fonte: www.saocarlos.gestour.com.br



Figura 8 - Detalhe da escadaria de entrada da escola
Fonte: Corrêa; Mello & Neves (1991)

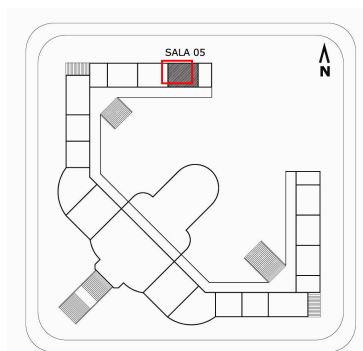


Figura 9 - Implantação da escola
Fonte: Corrêa; Mello & Neves (1991)

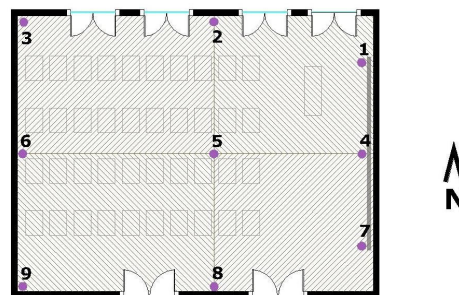


Figura 10 - Planta da sala e pontos de medições



Figura 11 - Janelas da sala de aula da Escola Álvaro Guião
Fonte: Corrêa; Mello & Neves (1991)



Figura 12 - Detalhe do corredor de acesso às salas de aulas e que circunda o pátio
Fonte: Corrêa; Mello & Neves (1991)

6.2 Escola Estadual Prof. Arlindo Bittencourt

Localizada na Vila Monteiro, bairro próximo ao centro da cidade, origina-se das Escolas Reunidas do Centenário, fundadas em 1922, e que receberam esse nome em comemoração ao 1º Centenário da Proclamação da Independência do Brasil. Em 04 de novembro de 1952 é lançada a pedra fundamental do Grupo Escolar Centenário, em uma quadra doado por Jorge Vieira Monteiro à Prefeitura Municipal de São Carlos, formada pelas ruas: José Rodrigues Sampaio, Silvério Ignarra Sobrinho, São Paulo e Campos Sales. Em 1976 a Resolução 13/1076 de 21/01/1976, funde o Grupo Escolar Professor Arlindo Bittencourt e o Grupo Escolar Prof. Andreilino Vieira. Dessa fusão resulta a Escola Estadual de Primeiro Grau Professor Arlindo Bittencourt. Neste momento foi construído o prédio destinado ao ginásio (da 5ª a 8ª série), no qual está a sala escolhida. Atualmente a escola denomina-se EE Prof. Arlindo Bittencourt.

A escola apresenta as salas de aula distribuídas em duas fileiras lineares e opostas. As salas estão justapostas e voltadas para norte e sul (figura 13). No centro o corredor faz a distribuição de fluxos, sendo iluminado por clarabóia no teto (figura 14), e em uma das extremidades por uma janela lateral, de vidro, que ilumina uma das escadas de acesso ao primeiro pavimento.

A análise da iluminação natural foi realizada na sala 19, voltada ao norte, nos pontos indicados na planta da sala (figura 15). A sala apresenta pé-direito de 3 metros, a dimensão é de 7,70 por 7,30 metros, e área de 56,21m². A parede da sala de aula com vista externa possui duas janelas medindo 3,80 por 2,10 metros, cada uma, com área de abertura de 7,98m² cada, e área total de abertura de 15,96m² (figuras 16 e 17). Na parede voltada para o corredor há uma janela com abertura de 6,50 por 0,90 metros, área de abertura total de 5,85m².

As paredes e forro possuem acabamento em cor gelo, lousa verde escuro, piso granilite cinza, mobiliário com acabamentos em verde e marfim, esquadrias das janelas brancas e porta e sua respectiva bandeira pintadas em verde. Ao lado da porta de acesso encontra-se um armário junto à parede com pintura na cor verde e, logo acima, um conjunto de janelas em que somente o primeiro serve para iluminação e ventilação. Sendo assim, os demais servem apenas à iluminação (figura 18).

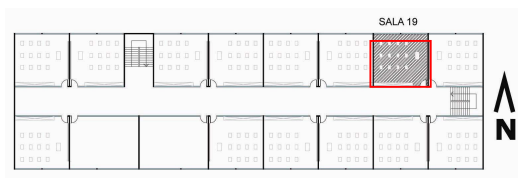


Figura 13 - Planta da escola com indicação da sala escolhida



Figura 14 - Corredor interno central – iluminação por clarabóia

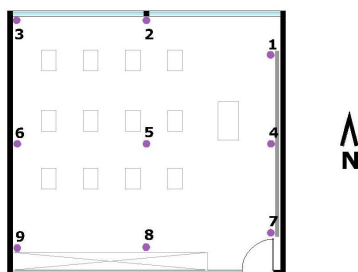


Figura 15 - Planta da sala com os pontos de medições



Figura 16 – Visão das janelas na fachada da escola



Figura 17- Detalhe da configuração da janela – vista interna



Figura 18 - Sala da aula escolhida

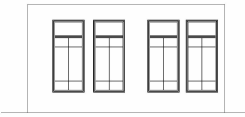
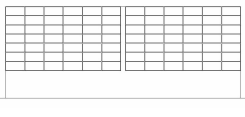
7 RESULTADOS E ANÁLISES

Para obtenção de uma análise mais qualitativa em relação ao desempenho das janelas de cada escola, as medições foram realizadas com as portas fechadas.

A partir dos dados de iluminância obtidos através das medições nos nove pontos internos das salas de aula e pontos externos aos edifícios, foram calculados o Fator de Luz do Dia (FLD) para verificação da eficiência luminosa em cada ponto da sala de aula. O FLD é a razão entre a iluminância num ponto interno localizado num plano horizontal do ambiente e a iluminância simultânea num plano externo horizontal devido a uma abóbada celeste desobstruída, conforme NBR 5413 (1991). Além disso,

foram calculadas as médias de iluminância interna, segundo as normas da ABNT Projeto 02:135.02-004, em cada horário estabelecido (9h; 12h; e 15h) para avaliação da média do nível de iluminância total das salas (Tabela 1).

Tabela 1 - Média de Iluminâncias Internas (lux)

Escola	Área da sala em m ²	Área de abertura em m ²	Configuração das janelas	Sala	Horário	Média Iluminância Interna
Escola Estadual Dr. Álvaro Guião	58,29	13,92		05	9hs	146
					12hs	270
					15hs	305
Escola Estadual Prof. Arlindo Bittencourt	56,21	15,96		19	9hs	412
					12hs	487
					15hs	533

Na escola Álvaro Guião o nível médio de iluminância atinge o desejável indicado pela norma NBR 5413:1991 durante os horários de 12h e 15h, confirmando que a luz natural é suficiente para a atividade realizada em sala de aula. Entretanto, no período da manhã, para o horário das 9h a iluminância é insuficiente atingindo apenas 146 lux, abaixo do nível recomendado, portanto faz-se necessário complementar com iluminação artificial.

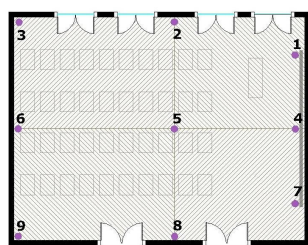


Figura 19 – pontos de medições

Os pontos 1, 4, 5 e 6 (Figura 19) apresentam os mais altos níveis de iluminância devido à recepção e distribuição da luz no ambiente. Os pontos 2 e 3 (Figura 19) possuem iluminância abaixo das obtidas nos demais pontos, devido a sombra provocada pela forma das janelas. No pontos 7, 8 e 9 os resultados de iluminâncias obtidos também revelam-se abaixo dos demais, pelo fato de estarem mais afastados das janelas. Esse resultado pôde ser percebido em todos os horários das medições.

As 9h, dos pontos 2 ao 9 não atingiram o nível de iluminância recomendado. As 12h os pontos 2, 3, 7, 8 e 9 não atingiram o nível de iluminância recomendado. As 15h novamente os pontos 2, 3, 6, 7, 8 e 9 não atingiram o nível de iluminância recomendado.

A altura do pé-direito, profundidade da sala, forro, cores do piso e mobiliário também influem diretamente no aproveitamento da luz natural, principalmente o forro que é a superfície de maior refletância de luz. No caso da escola Álvaro Guião o pé-direito é de 4,80 metros, o piso é de madeira, e o forro é de madeira pintado de marfim. Dessa forma, as características físicas da sala não contribuem para uma boa refletividade da luz natural influenciando nos valores de iluminância interna do ambiente.

Uma das soluções para a falta e má distribuição da luz na sala seria aumentar a quantidade de janelas, de quatro para cinco, e distribuí-las uniformemente pela extensão da parede evitando áreas de sombra. Além disso, seria importante a colocação de uma outra abertura na parede oposta à da janela para aumentar as possibilidades de entrada de luz natural. Mas estas medidas acarretariam em descaracterização do prédio tombado pelo CONDEPHAAT em 1985. Neste caso, recomenda-se apenas que se utilize as duas portas, de duas folhas cada uma, existentes em cada sala, ou seja, sugere-se que estas sejam mantidas abertas durante o período das aulas para permitir a entrada de luz recebida pelo corredor aberto ao pátio, podendo assim atingir um resultado mais próximo ao satisfatório.

Na escola Arlindo Bittencourt o nível médio de iluminância na sala atinge o desejável pela norma NBR 5413:1991 em todos os horários.

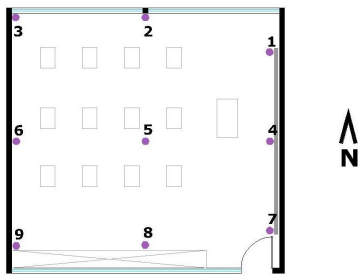


Figura 20 – pontos de medições

Ao analisar a iluminância em cada ponto verifica-se que em todos os pontos próximos à janela (Figura 20) a iluminância atinge a recomendada. Nos pontos no centro da sala (4, 5, e 6) a iluminância também atinge o nível recomendado. Já nos pontos afastados da abertura (pontos 7, 8 e 9) a iluminância atinge o nível recomendado apenas às 9h. Nos demais horários os valores de iluminância estão muito abaixo dos valores encontrados nos demais pontos da sala, atingindo apenas 100 lux, sendo que, para os mesmos horários em pontos próximos à janela, obteve-se 825 lux.

No caso da escola Arlindo Bittencourt o pé-direito é de 3,00 metros, as paredes e forro têm acabamento na cor gelo e o piso é de granilite cinza. Sendo assim, as características físicas do ambiente contribuem para uma melhor refletividade da luz natural.

Devido à configuração da janela a luz natural atinge os pontos alinhados a esta uniformemente, entretanto a distribuição da luz no decorrer da sala diminui gradativamente à medida que os pontos de medições se afastam da parede da janela, conseqüentemente diminui-se o valor da iluminância nos demais pontos. Mesmo assim os pontos no centro da sala apresentam a iluminância necessária. A abertura da parede oposta, construída na parte mais alta da parede, sobre o armário e coberta pelo corredor interno, mesmo sendo este iluminado por uma clarabóia, não garanti entrada de luz suficiente para contribuir com a iluminação da sala.

Uma das medidas para solucionar na distribuição mais uniforme da luz, e com o propósito de atingir os pontos mais afastados da janela, é a utilização de “estante de luz” que é calculada de acordo com as dimensões do ambiente, como profundidade da sala e altura de pé-direito. A incidência da radiação solar sobre a “estante de luz” e a reflexão da luz para dentro do ambiente dependerão da posição da desta na janela, bem como de sua largura e profundidade, para dentro ou fora do ambiente. Com o uso deste recurso, a luz é distribuída por todo o ambiente, podendo atingir a parede oposta a da abertura, oferecendo uma distribuição mais uniforme da luz natural em toda a sala, e com a vantagem de não causar ofuscamento. Sendo assim, a “estante de luz” apresenta-se como um recurso eficiente para refletir a luz natural.

Nas salas estudadas, nas duas escolas, ocorre o ofuscamento próximo das janelas, no período de inverno, em virtude de estarem voltadas para a face norte e neste período do ano receberem insolação direta dentro do ambiente. O fato é explicado pela trajetória aparente do sol, quando os raios solares atingem a superfície terrestre inclinados, incidindo no interior dos recintos e causando o excesso de luz e conseqüentemente de ganho de calor. Novamente reforça-se a importância das “estante de luz”, que permitem a entrada da luz natural, de forma refletida, auxilia na distribuição mais uniforme nos diversos pontos da sala, porém sem permitir a radiação solar direta, evitando-se, assim, ganho excessivo de calor para o ambiente.

9 CONCLUSÃO

A partir da análise dos resultados obtidos verificou-se que a configuração da janela da escola Arlindo Bittencourt, cuja forma é retangular com abertura que vai de uma extremidade a outra da parede, é mais eficiente na distribuição de luz, pois não gera pontos de sombra.

Ao passo que as janelas da escola Álvaro Guião, apesar de serem altas e várias em um mesmo ambiente, devido a sua configuração e distribuição na composição da parede geram pontos de sombra, influenciando nos resultados apresentados.

Portanto, para novos projetos escolares recomenda-se o uso de janelas ao longo de toda a extensão da parede, tomando-se cuidado para evitar ofuscamento e incidência direta dos raios solares, causando ganho excessivo de calor. Para evitar que isso ocorra, as salas não devem estar orientadas para o oeste, e para as demais orientações deve-se utilizar dispositivos de proteção para controle da radiação solar.

Para obter uma distribuição uniforme da luz em todo o ambiente recomenda-se o uso de “estante de luz”, porém alguns cuidados devem ser tomados na escolha dos materiais empregados nestas estantes, como a capacidade de absorver e emitir calor para o ambiente. Outra medida, que deve ser tomada

quando possível, é a colocação de aberturas em paredes opostas para que todo o ambiente seja atingido pelos valores de iluminância recomendados pelas normas, e assim os usuários possam desenvolver suas tarefas com a devida precisão visual.

10 REFERÊNCIAS

Associação Brasileira de Normas Técnicas. *Iluminação natural – Parte 3: Procedimento de cálculo para a determinação da iluminação natural em ambientes internos*. Rio de Janeiro, ABNT/CB - CE, 2003.

Associação Brasileira de Normas Técnicas. *Iluminação natural - Parte 4: Verificação experimental das condições de iluminação interna de edificações. Método de medição*. Rio de Janeiro, 02:135.02-004, 1997.

CORRÊA, M. E. P. ; MELLO, M. G. & NEVES, H. M. V. *Arquitetura Escola Paulista 1890-1920*. São Paulo, FDE, 1991.

FERREIRA, A. de F. & MELLO, M. G. *Arquitetura Escolar Paulista anos 1950 e 1960*. São Paulo, FDE, 2006

LARA, V. C. D. *Sistemas de Iluminação – recomendações de projeto para conforto visual e conservação de energia elétrica*. Monografia apresentada à disciplina AUT-5817 – FAU/ USP, 2002.

PIZARRO, P. R. *Estudo das Variáveis do Conforto Térmico e Luminoso em Ambientes Escolares*. (Mestrado). Bauru, UNESP, 2005.

SOUZA, R. V. G. *Iluminação Natural em Edificações: cálculo de iluminâncias internas – desenvolvimento de ferramenta simplificada*. (Mestrado). Florianópolis, UFSC, 1997.

VIANNA, N. S. & GONÇALVES, J. C. S. *Iluminação e Arquitetura*. São Paulo, Virtus s/c Ltda, 2001

RODRIGUES, J. W. *Documentário Arquitetônico relativo à antiga construção civil no Brasil*. São Paulo, Editora da USP, 1979.

Sites:

<http://www.cultura.sp.gov.br>, acesso em 15 de dezembro de 2007

<http://www.educar.sc.usp.br/biologia/index.html>, acesso em 15 de dezembro de 2007

<http://www.educar.sc.usp.br/biologia/prociencias/cp/SaoCarlos/AlvaroGuião/link4.htm>, acesso em 15 de dezembro de 2007

AGRADECIMENTOS

Os autores deste artigo agradecem a Diretora de Ensino de São Carlos - Profa Cristina, Diretora da Escola Estadual Dr. Álvaro Guião - Profa. Regina, e Diretora da Escola Estadual Prof. Arlindo Bittencourt – Profa. Maria Cristina Romão, por disponibilizarem o espaço das escolas para a realização das medições. Ao Prof. Dr João R. G. de Faria e a Profa Dra Léa C. L. de Souza pelo empréstimo do luxímetro digital do NUCAN/ UNESP/ Bauru