



XIENCAC
ENCONTRO NACIONAL DE CONFORTO
NO AMBIENTE CONSTRUIDO

VIIELACAC
ENCONTRO LATINO AMERICANO DE CONFORTO
NO AMBIENTE CONSTRUIDO

Búzios - RJ - 2011

COMPARAÇÃO DA INFLUENCIA DA VARIAÇÃO NA ALTURA DA LINHA DE VISÃO NA CARACTERIZAÇÃO DO CAMPO VISUAL DAS CRIANÇAS NA SALA DE AULA

Natalia Giraldo Vásquez (1); Fernando O. Ruttkay Pereira (2)

(1) Arquiteta, Mestranda do Programa de Pós-Graduação PósArq, natalia@labcon.ufsc.br

(2) PhD, Professor do Departamento de Arquitetura e Urbanismo, feco@arq.ufsc.br

Universidade Federal de Santa Catarina, Departamento de Arquitetura e Urbanismo, Laboratório de Conforto Ambiental, Caixa Postal 476, Florianópolis - SC, 88040-900, Tel.: (48) 3721-4974

RESUMO

O conteúdo da cena visual é um aspecto que depende do ambiente no qual a pessoa está, a direção de sua visão e a altura na qual se encontram seus olhos. Para se ter uma avaliação do conteúdo da cena visual deve-se conhecer os elementos que a compõem e a forma na qual eles e as luminâncias estão distribuídas no campo visual. Sendo assim, o objetivo deste estudo é avaliar os campos visuais de crianças quando varia-se a altura da linha de visão. As análises foram realizadas por comparação da distribuição dos componentes da arquitetura e suas luminâncias em cada uma das três zonas do campo visual, a partir dos dados obtidos da simulação de um modelo arquitetônico, em duas orientações e dois horários, sete alturas da linha de visão e sob condições de céu claro na cidade de Florianópolis. A comparação dos resultados revelou as diferentes localizações e porções de área que cada componente da arquitetura ocupa nas zonas do campo visual, aumentando ou diminuindo em proporção segundo a altura dos olhos e sua relação acima-abaixo da linha de visão. Em relação às luminâncias, não se encontrou um padrão que defina como elas mudam segundo a altura da linha da visão já que para cada horário e cada orientação o valor máximo da luminância média de cada componente em cada zona do campo visual e para cada postura corporal foi diferente, o que permite concluir que este aspecto é relevante na sensação de conforto visual, principalmente em salas de aula onde se desenvolvem diferentes tipos de tarefas com usuários de diferentes tamanhos.

Palavras-chave: altura da linha de visão, campo visual, luminância, componentes arquitetônicos.

ABSTRACT

The content of the visual scene is an aspect that depends on the environment in which the person is located, the direction of his vision and the height at which his eyes are situated. To get an assessment of the content of the visual scene it should know the elements that compose it and the way in which they and the luminances are distributed in the visual field. Thus, the aim of this study is to evaluate the visual fields of children when it varies the height of the line of sight. Analyses were performed by comparing the distribution of architectural components and their luminance in each of the three zones of the visual field, from the data obtained by simulating an architectural model in two orientations and two different times, on seven heights of the line of sight and under clear sky conditions in the city of Florianopolis. The comparison of the results revealed the different locations and portions of area that each component of the architecture occupies in the zones of the visual field, increasing or decreasing in proportion according to the height of the eyes and its relation up-below with the line of sight. In relation to luminances, it did not find a standard that defines how they change according to the height of the line of sight since for each time and each orientation the maximum value of the average luminance of each component in each zone of the visual field and for each body posture was different, which suggests that this aspect is relevant in the visual comfort sensation, especially in classrooms in which develop different kinds of tasks with users of different sizes.

Keywords: height of the line of sight, visual field, luminance, architectural components

1. INTRODUÇÃO

O conforto visual é uma questão que na atualidade tem sido estudada não só quanto a quantidade e qualidade da luz. Alguns pesquisadores tem se focado nos aspectos mais subjetivos como as preferências dos usuários por seu ambiente visual e suas sensações e percepções com relação a este. Falando especificamente da iluminação natural, as pessoas têm preferências por ambientes luminosos e que possuem janelas sobre aqueles ambientes que, embora garantam níveis adequados de iluminação para desenvolver uma tarefa, não possuem contato com o exterior (TREGENZA; LOE, 1998). Em seu estudo posterior, Tuaycharoen e Tregenza (2005) avaliaram as preferências sobre visuais externas, obtendo que as pessoas preferem visuais naturais ao invés de ambientes construídos, preferem visuais que contêm movimento e aquelas cenas que possuem diversos planos (perto e longe) e várias zonas da paisagem exterior.

O estudo de Ne’eman e Hopkinson (1975) acerca das necessidades das pessoas e das condições de luz solar em prédios escolares, de escritórios, hospitais e vivendas, indicou que a experiência visual das pessoas quando há presença de manchas de sol no espaço interior produz sentimentos de bem-estar. Assim, os pesquisadores concluíram que o principal critério para apreciar a luz solar no interior do espaço é o tempo de duração da radiação e não o tamanho da mancha de sol, no entanto, a localização da superfície que recebe a luz do sol, em relação à pessoa e a direção da visão é de grande importância (NE’EMAN; HOPKINSON, 1975). Posteriormente Wymelenberg, Inanici e Johnson (2010) avaliaram um espaço destinado a escritório que permitia que as condições de iluminação natural fossem modificadas pelos usuários, com o qual cada ocupante era capaz de criar duas condições: uma de “Preferência” e outra “Pouco Perturbadora”. Em 11 das 12 avaliações de “Preferência”, os participantes permitiam alguma quantidade de luz solar direta dentro do espaço do escritório, situação contrária para a condição “Pouco Perturbadora”, que em todos os casos possuía radiação solar direta na área da tarefa. Esta observação sugere que a cuidadosa localização da superfície ensolarada dentro do espaço –quando as condições de céu o permitem- incrementaria a sensação de bem estar das pessoas no interior (WYMELENBERG; INANICI; JOHNSON, 2010).

Até hoje, os estudos que têm sido realizados em relação às crianças e as condições de iluminação na sala de aula falam da influência da luz natural no seu comportamento e desempenho acadêmico (HESCHONG MAHONE GROUP, 2003), mas ainda não têm sido realizadas pesquisas considerando as condições de conforto visual específicas para este tipo de usuário. O conforto visual das crianças dentro da sala de aula é um assunto que vai além do simples fato de enxergar. A maioria delas aceita as condições de iluminação sem discriminação do espaço ou das atividades que estão desenvolvendo, por não terem consciência de que é necessário melhorar as características do seu ambiente luminoso ou não saberem como fazê-lo. Este é um aspecto que deve ser considerado ao estudar as condições de iluminação dentro da sala de aula, especialmente nos primeiros anos da formação acadêmica (pré-escolar) já que entre os 3 e os 6 anos se desenvolve completamente a visão e todas as capacidades visuais que vão permitir que as crianças iniciem as tarefas relacionadas com a aprendizagem, como a leitura e a escrita. Aos seis anos, termina o desenvolvimento das capacidades visuais e a acuidade visual terá aumentado aproximadamente em até 100%, período a partir do qual começa o processo de maturidade do sistema visual (GIMENO; SERRAT; SOLDEVILLA, 2010).

No Brasil as reflexões de educadores, arquitetos e engenheiros acerca dos espaços para o ensino de crianças entre 0 e 6 anos foram publicadas pelo MEC no documento “Parâmetros Básicos de Infra-estrutura para Instituições de Educação Infantil” (MEC, 2006), onde é destacada a importância da iluminação natural para o conforto visual, pelo qual deve ser incluída no projeto arquitetônico. Os efeitos das condições adequadas de iluminação nesta fase vão ser positivos ou negativos no desempenho visual bem como na saúde visual (LEUDER; RICE, 2008). Segundo a IESNA (2000), pelo fato de não haver uma atividade singular nestes espaços, as luminâncias entre as superfícies não devem ser muito diferentes em relação à luminância da tarefa visual.

O tipo de conteúdo da cena visual enxergada pela criança resulta de grande importância para conhecer o que ela está vendo e posteriormente tentar definir qual seria sua sensação segundo as luminâncias no seu campo visual. O campo visual é a porção de espaço, medida em graus, que se percebe, mantendo fixos cabeça e olhos. Quando se refere a um olho só se chama “visão monocular”. Quando um objeto é contemplado com os dois olhos, os respectivos campos de visão se sobrepõem e o campo central resulta maior que o correspondente a cada um por separado. Este campo central se denomina “campo binocular.” O campo visual muda tanto pelo movimento dos olhos, assim como pelo movimento da cabeça, para aumentar a capacidade da visão. O campo de visão binocular está delimitado por um ângulo sólido de aproximadamente 120° a 140° e pode ser dividido em três zonas (Figura 1) com diferentes características. No centro é delimitado por um ângulo sólido de 1° onde se encontra a “área de visão central” que fornece a maior acuidade visual. A segunda zona chamada “ergorama” está delimitada por um ângulo sólido de 60°,

permitindo a percepção da profundidade e a discriminação cromática. Finalmente o “panorama”, completa o campo visual (BACKER; STEEMERS, 2002; PANERO; ZELNIK, 2006).

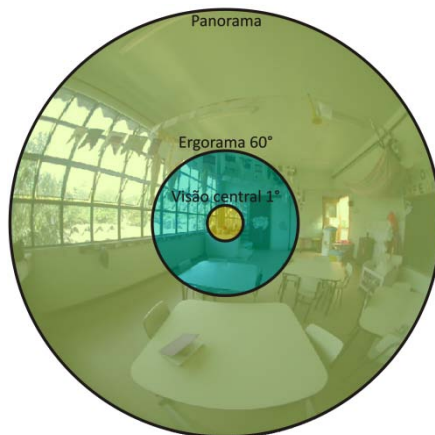


Figura 1- Zonas do campo visual

Inanici e Navvab (2006) criaram um laboratório virtual para o estudo das condições da iluminação, chamado *Virtual Lighting Laboratory (VLL)*, focando as análises na quantidade, distribuição e direcionalidade da luz, presença de fontes de ofuscamento e qualidade do espectro luminoso. Tais análises permitem decompor a cena visual nas três zonas do campo visual e comparar o contraste entre os elementos da cena visual quando são realizadas diferentes tarefas.

Apesar de existirem múltiplas pesquisas concernentes ao conforto visual, é indispensável entender: como as crianças visualizam os elementos de suas salas de aula e como a luz se distribui nele; se as dimensões corporais delas, neste caso as alturas da linha da visão, ao serem tão variáveis, influenciam na caracterização do campo visual. Deste modo, resultando em uma relação da antropometria, das condições da iluminação e da arquitetura.

2. OBJETIVO

O objetivo deste artigo é comparar os campos visuais de crianças quando varia a altura da linha de visão (a.l.v). Esta comparação visa permitir identificar a variabilidade no conteúdo da visual em termos de proporção dos elementos vistos e distribuição de luminâncias, permitindo caracterizar o campo visual das crianças dentro de uma sala de aula segundo diferentes alturas dos olhos.

3. MÉTODO

O trabalho a seguir caracteriza os campos visuais de crianças em etapa pré-escolar, pertencentes a três grupos de percentis diferentes e dentro de uma sala de aula. As análises foram realizadas mediante simulações computacionais no programa *Apolux* (CLARO et al., 2010) variando a altura da linha de visão segundo as posturas corporais adotadas ao desenvolver uma tarefa determinada. Esta análise da influência da altura da linha de visão considera as três zonas do campo visual, definidas por três ângulos sólidos diferentes, e é elaborada em duas partes: comparação da distribuição dos componentes arquitetônicos e comparação da distribuição das luminâncias em quatro agrupamentos das simulações, segundo a orientação da sala de aula e o horário. O procedimento necessário para chegar a tal caracterização é exposto a seguir.

3.1. Características da faixa etária e das tarefas dentro da sala de aula

A população alvo deste estudo são crianças em idade pré-escolar, iniciando o processo de aprendizagem dentro da sala de aula. A idade sobre a qual é feita a pesquisa, crianças entre os 4 e 6 anos, é determinada principalmente pelas características do sistema visual, processos de ensino e aprendizagem e o tratamento arquitetônico das salas de aula de acordo com a etapa escolar.

Para identificar quais são aquelas posturas corporais adotadas pelas crianças ao executar determinada tarefa dentro da sala de aula e que influenciam na altura da linha de visão, é realizado previamente um levantamento que permite caracterizar as ditas posturas. Das observações se obteve como resultado três posturas corporais predominantes: a criança em pé, sentada em cadeira e sentada no chão.

Posterior à identificação das três alturas em questão, é necessário conhecer as características antropométricas da população alvo. Para isto, são usados os dados antropométricos das “Estimativas dos

percentis das medidas antropométricas de crianças e adolescentes até 19 anos de idade, por sexo, segundo a idade - Brasil - período 2002-2003” (IGBE, 2003). Para cada uma das três faixas etárias selecionadas, são consideradas as alturas dos olhos dos percentis P5, P50 e P95, nas três posturas corporais identificadas no levantamento prévio, resultando em 18 alturas dos olhos.

Um teste prévio demonstrou que quando a diferença nesta altura é pouca, a distribuição dos elementos na cena visual não muda significativamente, pelo que não resulta necessário avaliar as 18 alturas dos olhos iniciais. Por causa disso, são realizados três agrupamentos que contêm as alturas mais representativas dessas 18 e que definem os pontos de análise. O critério de seleção destas alturas foi que existisse a maior diferença entre todas elas (sendo a menor diferença de -0.09m). A Tabela 1 apresenta então nove alturas, no entanto, a altura dos olhos da AG 1 “Sentada em cadeira” e a altura dos olhos da AG 3 “Sentada no chão” é igual e, a altura da AG 2 “Em pé” só difere da AG 3 “Sentada em cadeira” por 2 cm, o número total de alturas a avaliar é 7.

Tabela 1- Alturas selecionadas para cada agrupamento

Agrupamento	Altura dos olhos (m)			Total
	Em pé	Sentada cadeira	Sentada no chão	
AG 1	0,83	0,67	0,44	7
AG 2	0,97	0,76	0,52	
AG 3	1,19	1,00	0,67	

3.2. Características do ambiente luminoso

Para a análise das características do ambiente luminoso, é usado um modelo de sala de aula definido segundo as características da sala de aula implementada no Projeto Piloto do MEC. As características das superfícies e mobiliário foram definidas a partir de um levantamento arquitetônico prévio, realizado em algumas instituições de ensino pré-escolar da cidade de Florianópolis. Com o intuito de identificar cada uma das paredes vistas na cena visual, estas foram numeradas no sentido anti-horário começando na P1 até a P4, estando divididas em duas partes, superiores e inferiores, devido ao tipo de acabamento que receberam. O modelo possui aberturas nas duas fachadas menores, com um percentual de janela na fachada (PJF) igual a 30% na parede P1 e 15% na parede P2, como é apresentado na Figura 2. São avaliadas duas orientações da sala de aula: Norte e Oeste.

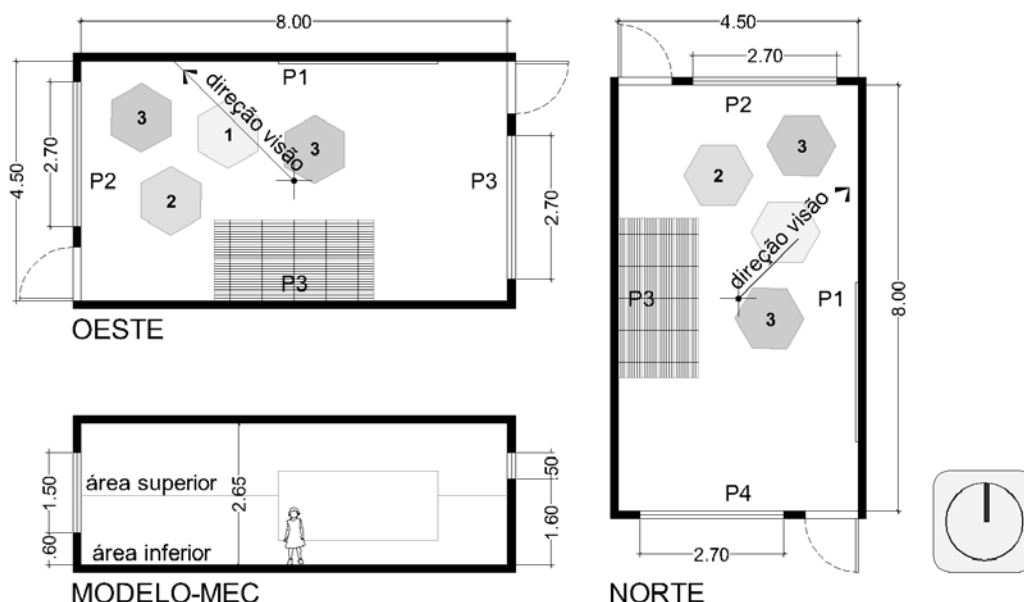


Figura 2- Modelo para simulações, localização do observador e direção da visão.

Em relação às refletâncias das superfícies foram selecionados os valores mais altos obtidos no levantamento arquitetônico, gerando assim um espaço mais luminoso. Esses valores são apresentados na Tabela 2.

Tabela 2- Refletâncias das superfícies

Superfície	Refletância	Superfície	Refletância
Piso	57%	Mesa 1	41%
Teto	82%	Mesa 2	58%
Parede- área superior	75%	Mesa 3	81%
Parede- área inferior	87%	Quadro negro	20%
Portas	60%	Tapete	18%

A avaliação do ambiente luminoso de cada cena visual enxergada, segundo a localização do observador, é obtida usando o programa *Apolux*. Para este estudo, o programa foi ajustado com o intuito de realizar uma projeção equidistante da imagem visualizada desde uma posição específica do observador, permitindo determinar as proporções dos componentes da arquitetura em cada zona do campo visual à medida que a luminância média dessas proporções em cada zona também é determinada.

As simulações permitem analisar a distribuição dos brilhos no campo visual, sob qualquer condição de céu e quando a altura da linha de visão muda pelas dimensões antropométricas e pela atividade desenvolvida pelas crianças. Neste caso foi escolhido, entre os quinze tipos de céus adotados pela CIE, desde as 9h até as 17h e segundo o arquivo climático TRY, o Céu 13, um dos dois tipos de céu de maior ocorrência em Florianópolis (Tabela 3). Com este tipo de céu, dependendo da orientação da sala de aula, há radiação solar direta no espaço interior, a qual pode ser considerada como a condição menos favorável para o conforto visual ao desenvolver uma tarefa, dependendo da direção da visão, podendo gerar ofuscamento. A data escolhida para as simulações é o equinócio às 09h00min e 15h00min.

Tabela 3- Probabilidade de ocorrência dos tipos de céu em Florianópolis. (LABEEE, 2005)

Tipo	Característica	Ocorrência	Tipo	Característica	Ocorrência
1	Padrão Céu Encoberto	3	9	Parcialmente Nublado II-A	60
2	Céu Encoberto I	53	10	Céu Parcialmente Nublado II-B	105
3	Céu Encoberto II	396	11	Céu Branco - Azul	258
4	Céu Encoberto III	764	12	CIE Padrão Céu Claro I	7
5	Céu de Luminância Uniforme	5	13	CIE Padrão Céu Claro II	497
6	Céu Parcialmente Nublado I-A	284	14	Céu Turvado Sem Nuvens	417
7	Céu Parcialmente Nublado I-B	93	15	Céu Turvado Branco - Azul	216
8	Céu Parcialmente Nublado I-C	76	TOTAL 3234		

Assim, são analisados 28 campos visuais resultantes de: duas orientações da sala de aula, em dois horários e uma direção da visão em 7 alturas diferentes.

3.3. Análise da distribuição dos componentes arquitetônicos e luminâncias no campo visual

Devido ao fato de que são realizadas simulações em diferentes alturas da linha de visão, resulta necessário comparar os resultados de cada campo visual para identificar como este é afetado por essa variação. A análise considera as três zonas do campo visual definidas pelos respectivos ângulos sólidos de 15° para visão central, 60° para o ergorama e 180° para o panorama. A definição das zonas em cada campo visual permite identificar em que proporção os elementos que integram a cena visual estão dispostos em cada uma delas em função da altura da linha de visão. Com este fim, são estabelecidos quatro grupos de simulação, segundo a orientação e o horário:

- Norte-09h00min
- Norte-15h00min
- Oeste-09h00min
- Oeste-15h00min

As imagens apresentadas na Figura 3 exemplificam o resultado gráfico fornecido pelo programa *Apolux* após serem concluídas as simulações. Este tipo de imagens permite fazer a comparação visual das variações no campo visual quando a altura da linha de visão muda.

Adicionalmente às informações gráficas, o programa gera um arquivo em formato *.txt* no qual estão contidas as estatísticas e métricas da distribuição dos componentes e luminâncias em cada uma das zonas do campo visual e na cena geral. Para realizar a análise da distribuição dos componentes arquitetônicos e suas respectivas luminâncias são usados os dados numéricos das simulações, gerando gráficos comparativos no programa *Excel*.

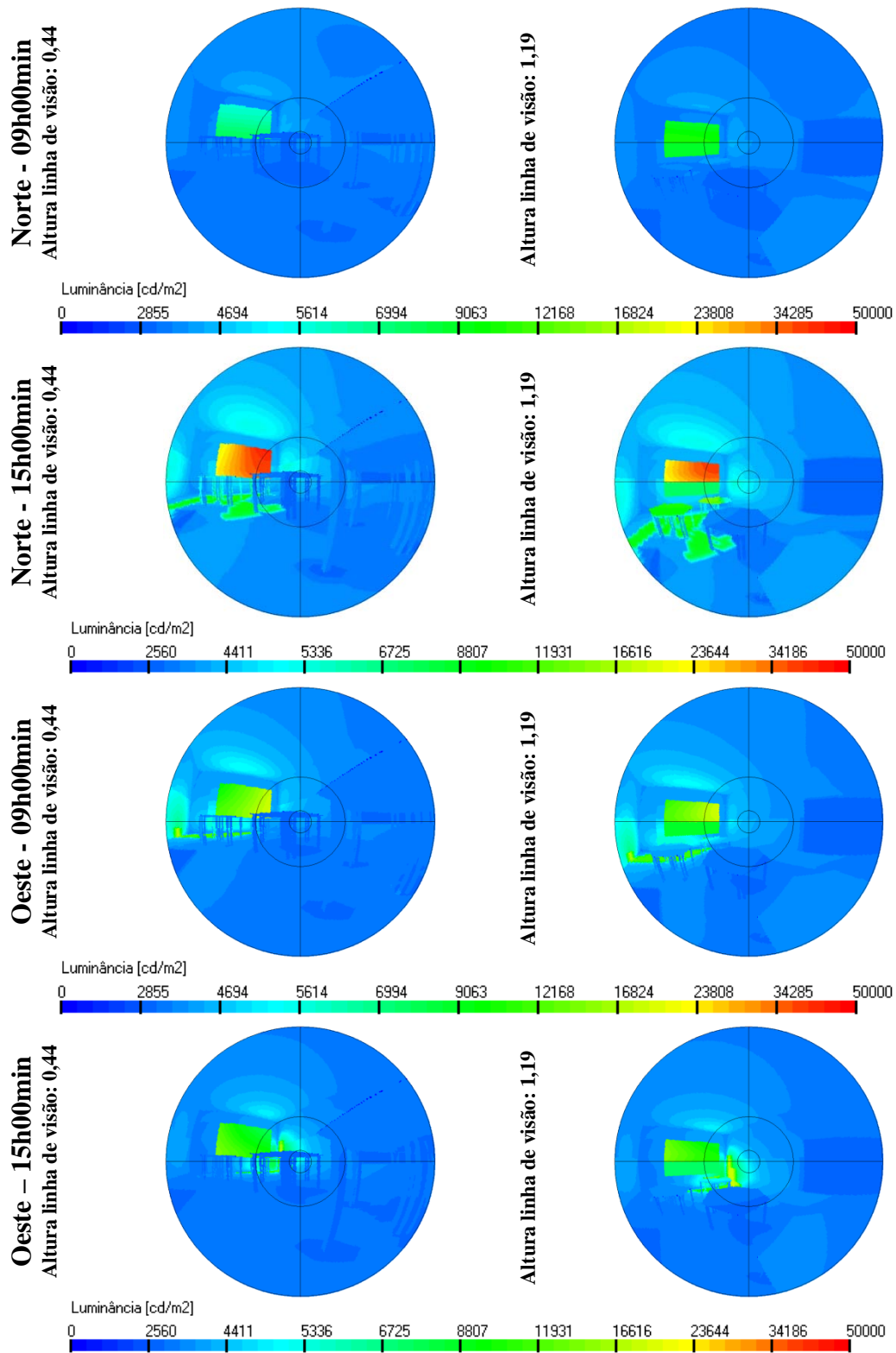


Figura 3- Imagens da distribuição das luminâncias no campo visual quando a a.l.v. é 0,44m e 1,19m

4. ANÁLISE DOS RESULTADOS

É apresentada a seguir a análise dos dados obtidos das simulações de cada uma das quatro agrupamentos estabelecidas.

4.1. Ocupação dos componentes arquitetônicos segundo a a.l.v

Esta análise pretende apresentar as diferentes características do campo visual quando a altura da linha de visão muda seja pelas diferenças antropométricas das pessoas ou pelas posturas adotadas ao desenvolver uma atividade. A distribuição dos componentes é realizada em termos de percentagens, pelo que é analisada a ocupação dos componentes no campo visual. Já que as simulações são realizadas na mesma sala de aula, esta ocupação dos componentes arquitetônicos é a mesma para as quatro agrupamentos de simulação. Na Figura 4 são apresentados os gráficos das três zonas do campo visual com a distribuição dos componentes segundo as 7 alturas da linha de visão avaliadas.

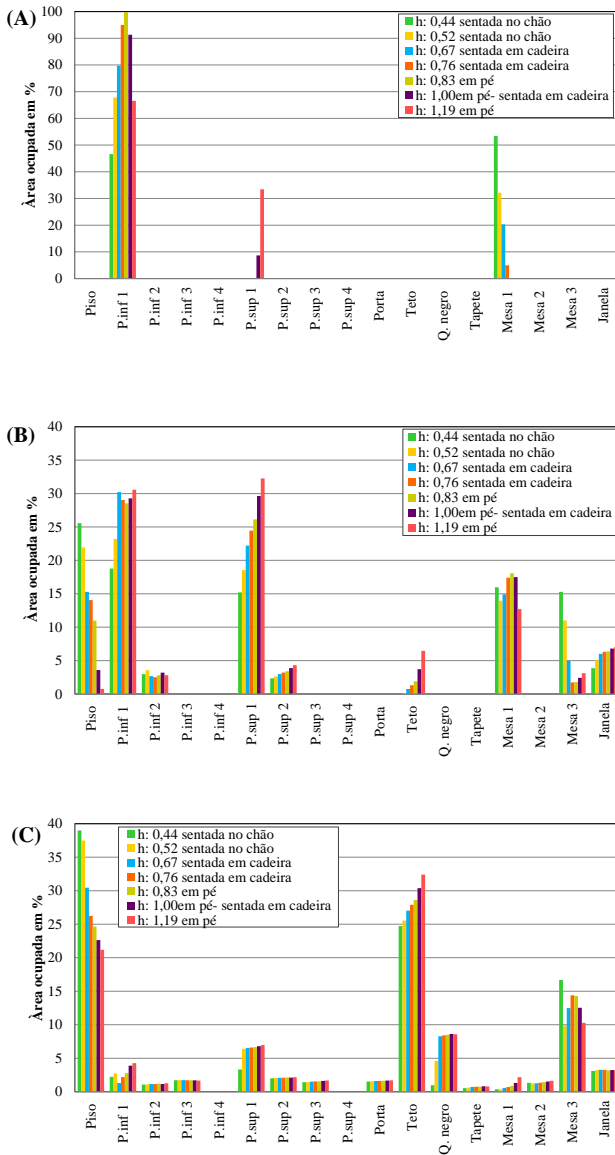


Figura 4- Distribuição dos componentes arquitetônicos nas três zonas do campo visual. (A) Visão Central; (B) Ergonomia; (C) Panorama.

A Figura 4(A) indica como para todas as alturas a parte inferior da parede 1 está presente na visão central, sendo que aumenta em proporção quando a a.l.v é elevada, ocupando 47% na menor a.l.v (0,44m) e até 100% quando a.l.v 0,83m. Os outros elementos que compõem a visão central são a parte superior da parede 1, visível só pelas duas alturas maiores (1,00m e 1,19m), nas quais as crianças estão em pé ou, as de maior tamanho, sentadas em cadeira. A mesa 1 por estar a uma altura menor que a parte superior da parede 1, consegue ser enxergada desde as 4 alturas menores, que abrangem os três percentis em qualquer uma das 3 posturas corporais.

Na zona do ergorama (Figura 4(B)), a parte inferior da parede 1 ocupa aproximadamente 30% da área em todas as a.l.v, exceto quando a altura é de 0,44m e 0,52m, donde é interceptada pela mesa 1 e diminui sua área. Quanto ao piso, este aumenta em proporção quando a a.l.v é abaixada. Por abranger uma área maior, nesta zona do campo visual aparecem os componentes que se localizam em maiores alturas, como a parte superior da parede 1 e o teto, sendo que os dois componentes aumentam em proporção quando a a.l.v aumenta, principalmente a parte superior da parede 1 que varia de 15% quando a altura é 0,44m até 32% quando a altura é 1,19m.

No panorama (Figura 4(C)) todos os componentes aparecem distribuídos mais uniformemente, excetuando o piso e o teto, que abrangem a maior porção da zona. O teto, por se localizar acima da linha de visão, aumenta em proporção quando a a.l.v é elevada, variando entre 28% e 32% de ocupação da área da zona. A proporção do piso varia entre 21% e 32% sob as mesmas condições. Aqueles componentes que não possuem nenhum valor nas três zonas do campo visual (P4 e tapete) não estão localizados dentro deste.

4.2. Distribuição das luminâncias segundo a altura da linha de visão

Para este estudo são utilizados os valores da luminância média de cada componente, fato que simplifica a análise de dados e que segundo Wymelenberg et al. (2010), é o teste mais efetivo dentre os testes existentes para avaliar as luminâncias no campo visual. Devido a que são avaliadas duas orientações e dois horários diferentes, de manhã e de tarde, a análise da distribuição das luminâncias médias das superfícies é realizada para as quatro agrupamentos de simulação nas 7 alturas da linha de visão, discriminando as zonas do campo visual. Para facilitar a visualização das comparações, os quatro agrupamentos são analisados em pares, segundo a orientação.

4.2.1. Norte-09h00min e Norte-15h00min

A distribuição das luminâncias no total do campo visual, para os dois horários na orientação Norte, indica a diminuição do valor médio das luminâncias quando a zona do campo visual aumenta de tamanho e, é aproximadamente 3 vezes maior às 15h00min quando há luz solar direta em algumas das superfícies internas da sala de aula.

Na Figura 5(A) e na Figura 6(A), estão contidas as informações da distribuição das luminâncias médias de cada componente na visão central e em cada uma das alturas, de acordo com os componentes visualizados e apresentados na Figura 4(A). No caso da parede 1, parte inferior, nas duas situações em que o P5 está sentado no chão (a.l.v de 0,44m) as luminâncias médias variam entre 839cd/m² e 1907cd/m², enquanto para o P95 em pé (a.l.v de 1,19m) variam entre 1216cd/m² até 2515cd/m², sendo esta a a.l.v que possui o maior valor da luminância média desta porção da superfície. A parte superior da parede 1 é vista a partir de 1,00m de a.l.v (sentada em cadeira ou em pé), e as luminâncias médias desta porção estão definidas no intervalo que varia entre 1111cd/m² e 2212cd/m².

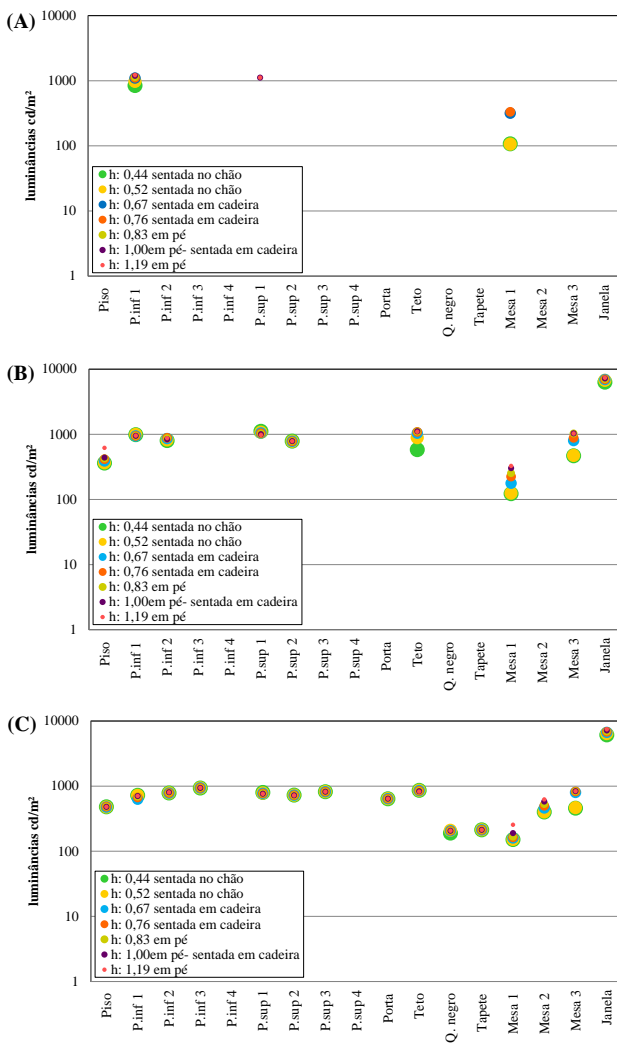


Figura 5- Distribuição das luminâncias dos componentes nas três zonas do campo visual. Norte-09h00min. (A) Visão Central; (B) Ergorama; (C) Panorama.

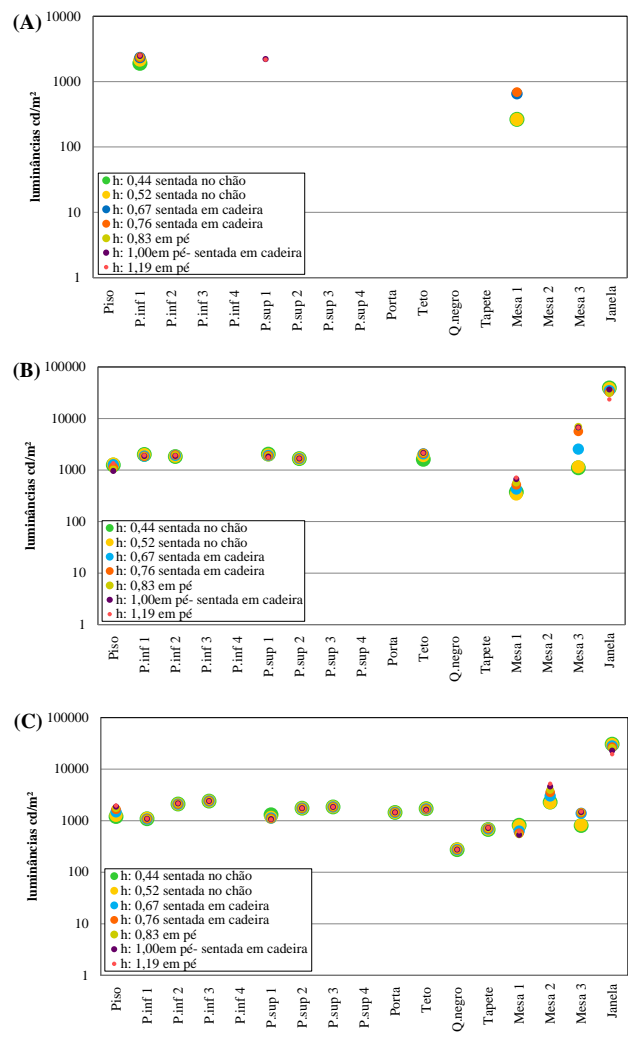


Figura 6- Distribuição das luminâncias dos componentes nas três zonas do campo visual. Norte- 15h00min. (A) Visão Central; (B) Ergorama; (C) Panorama.

No ergorama (Figura 5(B) e Figura 6(B)) as luminâncias médias da janela são maiores do que as de qualquer outro componente da zona. As 09h00min esses valores diminuem quando a a.l.v é mais baixa (de 6282cd/m² para 7340cd/m²), enquanto às 15h00min a magnitude da luminância média é inversamente proporcional à altura da linha de visão, já que quando a a.l.v é 0,44m a luminância média da janela é de 38954cd/m² e quando a a.l.v é 1,19m, tal valor é 23224cd/m². Referente à parede 1, tanto na parte inferior com na superior, os valores das luminâncias médias possuem pouca variação quando a altura da linha de visão muda. A parte inferior apresenta os menores valores das luminâncias médias, variando entre 983cd/m² e 951cd/m² (09h00min) e entre 1986cd/m² até 194cd/m² (15h00min), na menor e maior altura. Já a parte

superior apresenta variação nas luminâncias médias entre 1105cd/m² até 976cd/m² as 09h00min e, entre 2016cd/m² até 1751cd/m² às 15h00min.

Semelhante ao comportamento da ocupação dos componentes arquitetônicos, a distribuição das luminâncias médias na zona do panorama (Figura 5(C) e Figura 6(C)) é mais uniforme. A janela é o componente que possui maiores valores da luminância média, apresentando o mesmo comportamento do ergorama: às 09h00min os valores diminuem quando a a.l.v é mais baixa (entre 6085cd/m² 7414cd/m²), e às 15h00min a magnitude da luminância média é a maior na menor a.l.v (de 30345cd/m² para 19347 cd/m²). Quando na direção da visão avaliada há luz solar incidindo no piso (às 15h00min), a luminância média deste componente aumenta com a a.l.v, variando entre 1194cd/m² e 1948cd/m² (para o P95, em pé), na menor e maior altura, respectivamente.

4.2.2. Oeste-09h00min e Oeste-15h00min

Nos dois horários avaliados nesta orientação, os valores das luminâncias médias no campo visual às 15h00min é aproximadamente 1,5 vezes maior do que as luminâncias médias no campo visual às 09h00min. Na área da visão central (Figura 7(A) e Figura 8(A)), os valores máximos das luminâncias médias são alcançados na superfície da parede 1, na parte inferior, e esta magnitude aumenta quando a a.l.v é maior. Quando são as 09h00min e a a.l.v é 1,19m o valor máximo da luminância média é de 1692cd/m² e o mínimo é de 1290cd/m² quando a a.l.v é 0,44m. Igualmente, às 15h00min, o maior valor da luminância média é alcançado quando a a.l.v é 1,19m (2629cd/m²) e o menor valor da luminância média quando a.l.v é 0,44m (2248cd/m²). A parte superior desta parede é vista nas duas maiores a.l.v (1,00m e 1,19m), com luminâncias médias de até 2071cd/m².

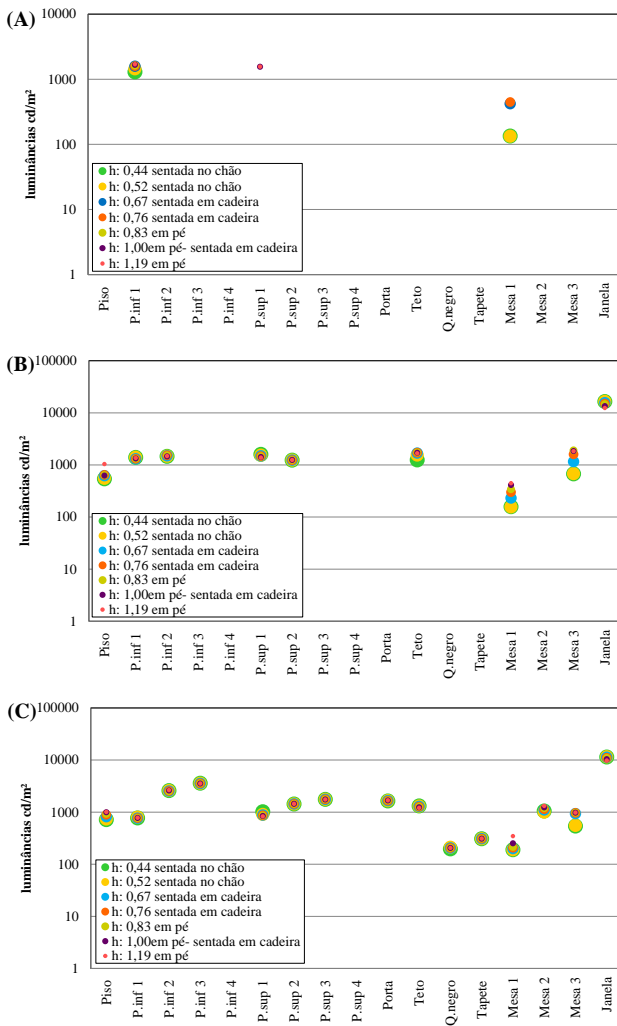


Figura 7- Distribuição das luminâncias dos componentes nas três zonas do campo visual. Oeste- 09h00min. (A) Visão Central; (B) Ergorama; (C) Panorama.

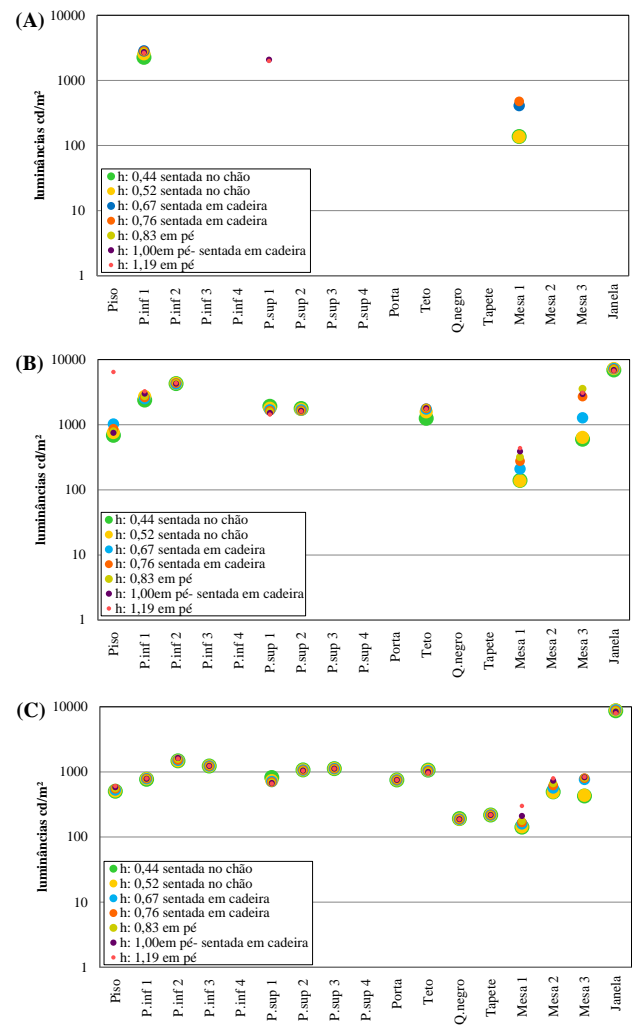


Figura 8- Distribuição das luminâncias dos componentes nas três zonas do campo visual. Oeste- 15h00min. (A) Visão Central; (B) Ergorama; (C) Panorama.

Às 09h00min, o maior valor da luminância média no ergorama (Figura 7(B)), é alcançado pela janela quando a a.l.v é 0,44m (16431cd/m²). Às 15h00min a janela é o componente com maiores valores na

luminância média, o qual aumenta sua magnitude inversamente com a a.l.v. Tal luminância média é de 6896cd/m² quando a a.l.v é 0,44m. Contudo, como neste horário há luz solar direta sobre algumas superfícies, como se apresenta na Figura 8(B), quando a a.l.v é de 1,19m o piso possui uma luminância média de 6427cd/m², havendo pouca diferença entre essa luminância média e a luminância média da janela (6728cd/m²).

A janela, no panorama, possui as luminâncias médias maiores em relação aos outros componentes desta zona, como é apresentado na Figura 7(C) e Figura 8 (C). Assim como no panorama, o valor da luminância média aumenta diretamente com a a.l.v, com luminâncias médias que variam entre 11366cd/m² (às 09h00min na a.l.v de 0,44m) e 7955cd/m² (às 15h00min na a.l.v de 1,19m). De forma geral, as superfícies verticais são as que possuem maiores luminâncias médias nas duas orientações e horários estudados.

5. CONCLUSÕES

O presente trabalho apresenta uma série de comparações da distribuição dos componentes da arquitetura de um modelo de sala de aula baseado no Projeto Piloto do MEC, quando a direção da visão é mantida fixa e as características das superfícies não mudam. O intuito dessas comparações é caracterizar diferentes campos visuais quando varia a altura da linha de visão.

A partir dos resultados é possível observar como a proporção dos componentes em cada uma das zonas do campo visual altera suas proporções em função desta variação, sendo que, quando uma atividade é desenvolvida principalmente no chão, as superfícies que terão maior atuação serão o próprio piso e as partes mais baixas das paredes. Esse aspecto deve ser considerado ao projetar salas de aula ou qualquer tipo de espaço no qual a altura da tarefa seja menor a 0,70m.

Em relação à distribuição das luminâncias dos componentes na cena visual, para este estudo foram utilizados os valores da luminância média de cada um deles, fato que simplificou a análise de dados. Com esta análise da distribuição das luminâncias médias de cada componente em cada uma das zonas do campo visual, foi possível observar como pequenas variações na altura dos olhos podem mudar a percepção do ambiente visual, sem ter um padrão definido, pois elas dependem da orientação, horário e localização do observador.

Os resultados deste trabalho permitem apontar que para caracterizar o campo visual não é suficiente conhecer o valor médio da luminância da cena enxergada e sim entender como as luminâncias dos componentes mudam em função da sua relação com a linha de visão. Este aspecto é relevante no momento de projetar ambientes nos quais os usuários se deslocam pelo espaço assumindo diferentes posturas corporais para desenvolver uma tarefa, como uma sala de aula.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BACKER, Nick; STEEMERS, Koen. **Daylight desing of buildings**. London: James & James, 2002. 245 p.
- CLARO, A.; PEREIRA F.O.R.; AGUIAR, G.R. (2003). **APOLUX. Versão V**. Florianópolis, SC. 2010.
- GIMENO, Inmaculada Bueno; SERRAT, Maria Antònia Canella; SOLDEVILLA, Rosern Isern. **Influencia de la visión en el aprendizaje**. Disponível em: <www.uv.es/~visual/>. Acesso em: 12 fev. 2010.
- HESCHONG MAHONE GROUP; California Energy COMMISSION, (Org.). **Windows and Classrooms: A study of student performance and the indoor enviroment**. California: Energy Comission, 2003. 131 p.
- IESNA- Illumination Engineering Society of North America. **Lighting handbook: reference & applications**. 9th ed. New York. 989p.
- INANICI, M. N.; NAVVAB, M.. The Virtual Lighting Laboratory: Per-pixel Luminance Data Analysis. **Leukos**, Usa, v. 3, n. 2, p.89-104, Oct. 2006.
- LEUDER, Rani; RICE, Valerie J. Berg (Ed.). **Ergonomics for children: Designing products and places for toddlers to teens**. New Yorf: Taylor & Francis, 2008. 961 p.
- MEC (Org.). **Parâmetros Básicos de Infra-estrutura para Instituições de Educação Infantil**. Brasília: MEC, 2006. 50 p.
- NE'EMAN, E.; HOPKINSON, R.G.. Sunlight in buildings. requirements and recommendations. In: CIE SESSION, 18., 1975, Londres. **Conference**. Londres: CIE, 1976. v. 36, p. 431 - 444.
- PANERO, Julius; ZELNIK, Martin. **Las dimensiones humanas en los espacios interiores**. 11. ed. Barcelona: Gustavo Gili, 2006. 320 p.
- TREGENZA, Peter; LOE, David. **The design of lighting**. London: E and FN Spon, 1998.
- TUAYCHAROEN, N; TREGENZA, P. Discomfort glare from interesting images. **Lighting, Research and Technology**, England, v. 37, n. 4, p.329-341, 2005.
- WYMELENBERG, K.; INANICI, M.; JOHNSON, P.. The Effect of Luminance Distribution Patterns. **Leukos: The Illuminating Engineering Society of North America, USA**, v. 7, n. 2, p.103-122, out. 2010.