

FACULDADE DAMAS DA INSTRUÇÃO CRISTÃ
CURSO DE ARQUITETURA E URBANISMO

RENATA PINTO LISBOA PEREIRA DE MELO

ESTUDO LUMINOTÉCNICO:
Uma análise em escolas do Grande Recife-PE

RECIFE
2018

FACULDADE DAMAS DA INSTRUÇÃO CRISTÃ
CURSO DE ARQUITETURA E URBANISMO

Renata Pinto Lisboa Pereira de Melo

**ESTUDO LUMINOTÉCNICO:
Uma análise em escolas do Grande Recife-PE**

Trabalho de Conclusão de Curso como exigência parcial para a graduação no curso de Arquitetura e Urbanismo, sob a orientação da Prof^a. Dr.^a Leticia Querette

RECIFE

2018

Catálogo na Fonte
Bibliotecário Ricardo Luiz Lopes CRB/4-2116

M528e Melo, Renata Pinto Lisboa Pereira de.
Estudo luminotécnico: uma análise em escolas do Grande Recife-
Pe / Renata Pinto Lisboa Pereira de Melo. - Recife, 2018.
73 f.: il. color.

Orientador: Prof^a. Dr^a. Letícia Loreto Querette.
Trabalho de conclusão de curso (Monografia – Arquitetura e
Urbanismo) – Faculdade Damas da Instrução Cristã, 2018.
Inclui bibliografia

1. Arquitetura e urbanismo. 2. Desempenho escolar. 3. Escola. 4.
Iluminância. 5. Iluminação. 6. Luz. I. Querette, Letícia Loreto. II.
Faculdade Damas da Instrução Cristã. III. Título

72:628.977.2 CDU (22. ed.)

FADIC (2019-202)

FACULDADE DAMAS DA INSTRUÇÃO CRISTÃ
CURSO DE ARQUITETURA E URBANISMO

Renata Pinto Lisboa Pereira de Melo

**ESTUDO LUMINOTÉCNICO:
Uma análise em escolas do Grande Recife-PE**

Trabalho de Conclusão de Curso como exigência parcial para a graduação no curso de Arquitetura e Urbanismo, sob a orientação da Prof^a. Dr.^a Leticia Querette

Aprovado em 13 de dezembro de 2018

BANCA EXAMINADORA

Carolina Puttini, Prof.^a, Me. UFPE
Examinadora externa

Gisele Melo de Carvalho, Prof.^a, Me. FADIC
Examinadora interna

Leticia Loreto Querette, Dr.^a, FADIC
Orientadora

RECIFE
2018

AGRADECIMENTOS

À Deus, acima de tudo, e a Virgem Maria, pela sua intersecção diária na minha vida me dando força e coragem para seguir em frente. Ao meu Anjo da Guarda, presente de Deus, que me protege em todas as horas.

Aos meus pais, a quem devo a pessoa que me tornei, e lá de cima somam mais anjos para minha proteção. A minha família, em especial meu esposo Humberto, pelo apoio incondicional e compreensão pelos muitos momentos que estive ausente do convívio familiar. Obrigada por acreditar em mim, por estar ao meu lado, me estimulando a conquistar os meus sonhos, tornando tudo isso possível. As minha preciosas filhas, Juliana e Mariana, meus maiores presentes, por me iluminarem com o vigor da juventude me dando confiança e coragem para seguir em frente. Aos meus irmãos Paula, Andrea e Paulo, pelo apoio de sempre.

Aos meus amigos, pelas alegrias e aflições compartilhadas, vocês são parte das muitas graças que recebo de Deus.

À minha orientadora Letícia, pelo empenho dedicado, me dando todo suporte à elaboração deste trabalho. Obrigada pela confiança e apoio.

À professora Carol pelo empurrão inicial, tão importante para a evolução desse trabalho.

Aos todos os professores, que com afeto e dedicação me fizeram enxergar o mundo, a cidade e os espaços com mais amor e responsabilidade.

À todos da biblioteca, da copiadora, do laboratório e os que fazem da Faculdade Damas um local acolhedor, em especial Sr. Flávio com seu bom dia sempre cheio de alegria.

Aos meus amigos de sala e companheiros dos inúmeros trabalhos durante esses cinco anos. Cada um de vocês me acrescentou algo que me torne uma pessoa melhor. À Bárbara, Tiago e Filipe, nos aperreando e nos ajudando sempre, vou sentir falta das nossas conversas no intervalo. Um agradecimento especial à Marina, você foi parceira de todas as horas, sempre torcendo pelo melhor.

À Jana por me emprestar muito do seu tempo nas inúmeras pausas pro cafezinho. Agradeço também a Ricardo por estar sempre dizendo que vai dar certo e me apoiando nas correções e pela companhia de Priscila na etapa final e pausa revigorante pro cafezinho.

Às gestoras das escolas que visitei, sem as quais não teria cumprido uma etapa importante desse trabalho.

À todos que direta ou indiretamente fizeram parte da minha formação, o meu muito obrigado.

***“Ajuntei as pedras que vieram sobre mim.
Levantei uma escada muito alta e no alto
subi...”***

Cora Coralina

***“Uma boa iluminação levanta uma arquitetura
mediocre, e uma iluminação ruim acaba com
o melhor projeto”***

Oscar Niemeyer

RESUMO

A iluminação está diretamente ligada ao cotidiano de vida do ser humano, a partir do momento em que a mesma interfere no resultado de todas as atividades realizadas. Sendo assim, o presente trabalho se propôs a verificar o uso da iluminação nas salas de aulas em escolas de educação infantil e ensino fundamental no Grande Recife. A hipótese é de que as escolas não realizam projetos luminotécnicos específicos para seus ambientes. Neste sentido, a pesquisa tem como objetivo fazer uma análise dos ambientes para verificar se o mesmo atende às necessidades dos alunos, bem como às exigências das normas técnicas específicas. Além de fazer um breve estudo sobre a evolução da luz, seus conceitos gerais e suas grandezas, conhecer a dinâmica da luz no ambiente escolar e como ela se aplica na realidade brasileira. Para tanto, foram feitas medições com equipamentos específicos além de questionários com os usuários. A pesquisa comprovou a sua hipótese de que o desempenho lumínico encontra-se abaixo da média recomendada pelas normas, não atendendo às necessidades dos alunos. Uma vez que não existiu um projeto luminotécnico próprio para o ambiente devido ao desconhecimento da importância desse tipo de projeto.

Palavras-chave: Desempenho escolar. Escola. Iluminância. Iluminação. Luz.

ABSTRACT

The lighting is directly linked to the daily life of the human being, from the moment it interferes in the result of all the activities performed. Therefore, the present study proposed to verify the use of lighting in classrooms in Elementary and Junior High Schools in Recife. The hypothesis is that schools do not carry out specific lighting projects for their environments. In this sense, the research aims to make an analysis of the environments to verify if it meets the needs of the students, as well as the requirements of the specific technical norms. In addition to making a brief study on the evolution of light, its general concepts and magnitudes, to know the dynamics of light in the school environment and how it applies in the Brazilian reality. For this objective, measurements were made with specific equipment, besides questionnaires with the users. The research proved its hypothesis that the luminance performance is below the average recommended by the norms, not meeting the needs of the students. Since there was no proper lighting project for the environment, due to the lack of knowledge of the importance of this type of project.

Key words: School performance. School. Illumination. Lighting. Light.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Composição das cores.....	13
Figura 2 – Representação esquemática da estrutura do olho humano.....	15
Figura 3 – Espectro de ondas eletromagnéticas.....	16
Figura 4 – Intensidade luminosa.....	17
Figura 5 – Unidade: Lúmen – Lm (significa fogo).....	17
Figura 6 – Luminância e Iluminância.....	18
Figura 7 - Analogia com o Sol.....	20
Figura 8 – Analogia com o raio.....	22
Figura 9 – Analogia com o vagalume.....	23
Figura 10 – Tabela temperatura de cor LED.....	24
Figura 11 – Índice de reprodução de cores.....	25
Figura 12 – Resposta humana aos efeitos da luz.....	26
Figura 13 – Conceitos luminotécnicos: lux, lumens, candelas e curva de distribuição.....	28
Figura 14 – Diagrama simplificado da neuroanatomia responsável pela mediação sensorial do sistema visual da regulação circadiana não-visual, das funções neurocomportamentais.....	29
Figura 15 – A produção de melatonina é estimulada por vias noradrenérgicas estimuladas pela escuridão.....	31
Figura 16 – Curva demonstrando o ritmo dos hormônios melatonina e cortisol em função do horário do dia.....	31
Figura 17 – Novo sistema de ensino.....	40
Figura 18 - Resultados de estudo em Hamburgo.....	46
Figura 19 - Variação da luz artificial em escolas.....	47
Figura 20 - Luxímetro.....	51
Figura 21 - Sala do grupo I.....	53
Figura 22 - Sala do grupo I.....	53
Figura 23 - Sala do grupo II.....	54
Figura 24 - Sala do grupo II.....	54
Figura 25 - Sala do grupo III.....	54
Figura 26 - Sala do grupo III.....	54
Figura 27 - Iluminação do grupo II.....	56

Figura 28 - Iluminação do grupo III	56
Figura 29 - Iluminação dos grupos IV e V	56
Figura 30 - Abertura de cobogós.	57
Figura 31 -Sala do 1º ano	57
Figura 32 - Sala do 4º ano	57
Figura 33 - Iluminação do 1º ano	59
Figura 34 - Iluminação do 4º ano	59
Figura 35 - Iluminação do 4º ano	59
Figura 36 - Janela da sala do 4º ano.....	60
Figura 37 - Vista do pátio interno	61
Figura 38 - Salas do primeiro pavimento	61
Figura 39 - Luminárias diferentes	62
Figura 40 - Luminárias subutilizadas	62
Figura 41 - Cores das superfícies	63
Figura 42 – Distribuição inadequadas das luminária.	63
Figura 43 - Sombreamento no quadro.....	63
Figura 44 - Aberturas Zenitais do pátio interno.....	66
Figura 45 - Janelas voltadas para o pátio interno.	66
Figura 46 - Falta manutenção nos equipamentos.	66
Figura 47 - Uso de decoração, mobiliário e cores.	68
Figura 48 - Uso de decoração, mobiliário e cores.	68

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Refletância das principais superfícies.....	34
Tabela 2 – Iluminância no entorno imediato.	34
Tabela 3 – Proteção contra o ofuscamento.	35
Tabela 4 – Fatores determinantes da iluminância adequada.....	37
Tabela 5 – Iluminâncias em lux por tipo de atividade (valores médios em serviços).	37
Tabela 6 - Variáveis da pesquisa de campo	55
Tabela 7 - Variáveis da pesquisa de campo	58
Tabela 8 - Variáveis da pesquisa de campo	62

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	9
2. ESTUDO DA ILUMINAÇÃO	11
2.1. Luz e cor – Conceitos gerais	11
2.2. Luz Natural	18
2.3. Luz artificial	19
2.3.1. Fonte de luz incandescente.....	20
2.3.2. Fonte de luz de descarga.....	21
2.3.3. Fontes de luz eletroluminescentes	23
2.3.4. Temperatura de cor e índice de reprodução de cores	24
2.4. Fisiologia humana	25
2.4.1. A iluminação nas necessidades humanas.....	26
3. LEGISLAÇÃO E NORMAS	33
3.1. Normas	33
3.2. Estudo comparativo entre a NBR e MEC	38
4. ILUMINAÇÃO NO AMBIENTE ESCOLAR	40
4.1. A qualidade da iluminação na abordagem de alguns autores	42
4.2. Cenário atual de iluminação em escolas.	45
4.2.1. Modelos de escolas.....	45
5. GRUPO FOCAL	51
5.1. Escola A	52
5.2. Escola B	57
5.3. Escola C	61
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS	65
REFERÊNCIAS	69
APÊNDICE A – QUESTIONÁRIO REALIZADO COM OS PROFESSORES	73

1. INTRODUÇÃO

A iluminação está presente na história da humanidade desde a idade da pedra. As formas que o homem tinha para usufruir da luz eram por meio do luar ou da fogueira (fogo), geradora de luz e calor, e foi a primeira fonte de luz artificial, permitindo-se enxergar durante a noite. À 500.000 anos a.C., o fogo ocorria de maneira espontânea na natureza. Muito tempo depois por volta de 20.000 a.C., o homem aprendeu a gerar o fogo friccionando duas pedras sílex ou dois pedaços de madeira ocasionado pelas faíscas do calor do atrito. A descoberta do fogo, possibilitou tanto o maior controle sobre a natureza, quanto o desenvolvimento de novas técnicas para gerar a iluminação artificial. Com a ampliação e maior domínio da natureza o homem descobriu que a gordura propagava a chama por mais tempo. Daí passa a fazer uso de fibras e óleos extraídos de frutos e vegetais para produzir as primeiras lâmpadas.

Alguns exemplos dessas lâmpadas são as de terra cozida feitas de cerâmica onde depositavam gordura animal ou óleos vegetais para ascender o fogo. Como também as de metal, onde passam a desenvolver fôrmas metálicas com maior capacidade de armazenamento da gordura. O princípio do funcionamento dessas lâmpadas era encher o recipiente com óleo, tempos depois passou-se a utilizar um pavio da fibra vegetal (bambu, lã, algodão e outras) imerso no óleo, ficando uma ponta fora para ser ateado o fogo, o óleo queimava na medida que ia sendo absolvido pelo fogo do pavio. À partir do século XIX a ciência passa a aprofundar suas pesquisas em busca do filamento ideal para conduzir a chama, sendo que neste caso será através da eletricidade.

Este trabalho contempla uma breve revisão do estado da arte na área da iluminação em arquitetura escolar, especialmente no que se refere a aplicação de projetos luminotécnicos nos ambientes internos de forma a se obter o melhor desempenho, conforme as funções de cada espaço projetado. A questão sobre a qual a pesquisa se desenvolveu foi conhecer o quanto a iluminação nas escolas está de acordo com as necessidades dos alunos e se pode influenciar seus comportamentos. Sabendo-se que a qualidade da iluminação está relacionada com aspectos de desempenho escolar da criança além da saúde e bem estar, por tais motivos essa pesquisa se torna relevante.

O objetivo dessa pesquisa foi analisar se a iluminação nas escolas da educação infantil e ensino fundamental atendem as necessidades dos alunos, e como objetivo

geral, fazer um breve estudo sobre a evolução da luz, seus conceitos gerais e suas grandezas, estudar a luz natural e artificial, examinar as normas vigentes sobre iluminação, conhecer a dinâmica da luz no ambiente escolar e como ela se aplica na realidade brasileira.

A pesquisa se pautou na qualidade da iluminação nas salas de aula pois sabemos que é muito importante para a aprendizagem e o comportamento, e será feita uma análise nas escolas da educação infantil e ensino fundamental, que se trata da qualidade a relacionar as exigências humanas de iluminação de acordo com a fisiologia e o tipo de atividade a ser desempenhada nas escolas. Portanto é necessário entender de que forma a luz influencia o ser humano, como ela interfere no comportamento da criança da educação infantil e ensino fundamental, bem como sua relação com a arquitetura. Essa pesquisa parte da hipótese que as salas de aula não estão devidamente iluminadas, de acordo com as normas, podendo estar afetando o comportamento e o rendimento escolar

. Segundo a afirmação de Barbosa, (2010), a luz não interfere apenas no aspecto visual, o metabolismo humano também sofre interferência.

Lakatos e Marconi (2009) diz que não há ciência sem o emprego de métodos científicos, toda pesquisa implica em levantamento de dados de várias fontes. Para isso, essa pesquisa teve como objeto empírico, uma análise em três escolas na região Metropolitana do Recife, para o desenvolvimento acerca do tema em estudo foram usados alguns procedimentos metodológicos.

Com isso essa pesquisa utilizou o método hipotético-dedutivo de Karl R. Popper, a partir de um problema, seguidos de embasamentos teóricos existentes e o aprofundamento no tema e uma hipótese a ser discutida e investigada, a qual é passível de confirmação (LAKATOS; MARCONI, 2009).

Para atingir o objetivo desse trabalho, nessa pesquisa foram utilizados métodos de procedimento histórico, uma vez que a vida em sociedade recebe influências das raízes do passado, e compreender essa evolução contribuiu para o melhor entendimento do tema estudado e o monográfico por estudar fatores que influenciam os indivíduos e suas condições sob diversos aspectos.

O trabalho foi estruturado em seis capítulos, neste primeiro capítulo foi feita uma contextualização sobre os temas abordados, os problemas e justificativas para atingir os objetivos propostos, e a metodologia utilizada. No segundo capítulo um estudo sobre a iluminação, com os principais conceitos acerca de luz natural e artificial, cores

e a influência da luz na fisiologia humana. Já no terceiro capítulo, um estudo das normas técnicas para servir de parâmetro para a análise. O quarto capítulo então, apresentou uma breve abordagem sobre a qualidade da iluminação e o seu cenário em escolas no âmbito internacional e nacional. No quinto capítulo são apresentados os resultados da pesquisa de campo realizada nas três escolas escolhidas. No sexto e último capítulo foram feitas as considerações finais do trabalho com as conclusões e as sugestões para futuras investigações, mais aprofundadas acerca do desconhecimento das pessoas sobre o tema.

2. ESTUDO DA ILUMINAÇÃO

2.1. Luz e cor – Conceitos gerais

O fato da luz estar presente no nosso dia a dia de forma tão comum, a torna imperceptível, dificultando a constatação do quanto ela é surpreendente tanto pelo aspecto visual quanto pela sua influência física e emocional nos seres humanos. Ela afeta nosso padrão de sono, as horas de trabalho, o nível de atenção e a saúde em geral. Por essas razões é imprescindível, não negligenciar a importância da luz nos projetos da arquitetura de edificações e do design de interiores.

Vários significados podem ser atribuídos à palavra “visão”, desde algo que pode ser imaginado, ou sonhado e a estes, devemos conceder o mérito à **luz**, a qual torna o nosso mundo visível. Na configuração do ambiente construído não se deve subestimar o uso adequado da iluminação, seja ela natural ou artificial, a fim de provocar não apenas boas experiências visuais da arquitetura, como nos aspectos fisiológicos do ser humano. Independente da função ou do uso de um ambiente construído, o seu projeto arquitetônico deve contemplar tanto o melhor aproveitamento da luz natural quanto um bom projeto de luminotécnica para que o mesmo apresente excelência na função dos espaços.

De acordo com Innes (2014), mesmo no universo da ciência, a luz tem conceito confuso e contraditório e tem sido tema de investigação há séculos. No século XVIII, Sir Isaac Newton publicou sua obra *Um Tratado Sobre as Reflexões, Refrações, Inflexões e Cores da Luz*, nesta, a verdadeira natureza da luz branca foi realmente entendida e no século XIX, em 1864, o físico James Clerk Maxwell em sua obra

intitulada *Uma teoria Dinâmica do Campo Eletromagnético*, estabeleceu a verdade fundamental sobre a luz: ele é uma forma de energia.

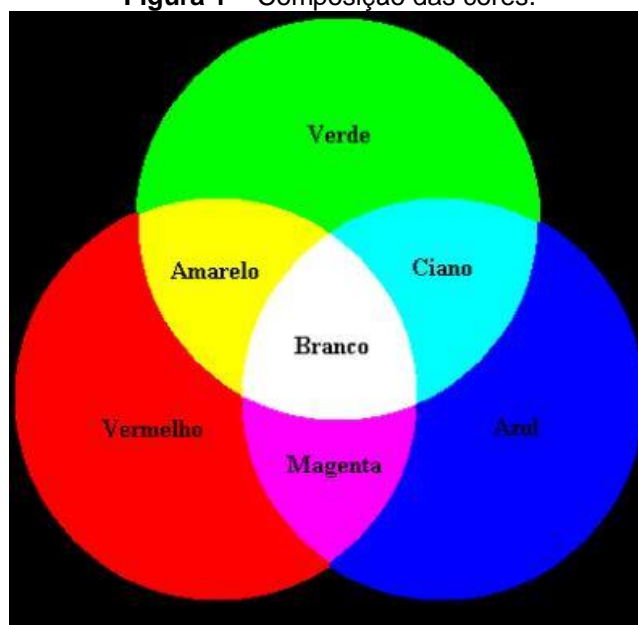
Tais obras, apontam para duas grandes descobertas, revelando que luz e cor são elementos correlacionados. Innes (2014) diz que apesar de a luz ser um meio tão determinante em nossas vidas, ao se fazer duas perguntas pode-se chegar ao melhor entendimento sobre a natureza da luz. “O que é a luz”? e “O que é a cor”?

A luz, é uma forma de energia. Ela é parte do espectro eletromagnético que inclui as ondas de rádio, os raios X, infravermelhos e ultravioletas. Todas essas são formas de radiação eletromagnética diferenciadas por seu comprimento de onda (e, conseqüentemente, por seu nível de energia). Então podemos dizer que a luz é simplesmente isso: uma energia visível. Ela é uma forma de energia eletromagnética cuja amplitude de onda sensibiliza nosso sistema visual e nos proporciona a sensação da visão. Já a radiação infravermelha, ainda que seja outra forma de radiação eletromagnética, não é perceptível aos nossos olhos. A radiação infravermelha não nos provoca a sensação de visão – nós a sentimos na forma de calor (INNES, 2014, p.11).

Segundo o autor anteriormente citado, a luz apresenta propriedades físicas, uma delas é que, não incidindo em outro material, ela se propaga em linha reta. Outra, é que um feixe luminoso que é invisível aos nossos olhos, passa a ser visível quando atinge alguma superfície que reflita parte dele, como uma nuvem de poeira e até mesmo uma superfície sólida. Dentre essas propriedades, o mais importante é entender que são as propriedades refletivas da superfície que fazem com que o ambiente tenha aspecto de estar bem iluminado, com isso, a quantidade de luz colocada em determinado ambiente não é fator único para se obter um espaço bem iluminado. Materiais de cor clara, ou branca tem essa aparência por refletir mais luz do que os materiais escuros. Pode-se observar isso em um ambiente pintado de preto, ele sempre parecerá escuro por mais luz que se coloque neste ambiente.

As cores dos objetos resultam da iluminação que incide sobre ele, a partir da combinação das cores primárias, azul, verde e vermelho se obtém a grande diversidade de cores existentes (**Figura 1**).

Figura 1 – Composição das cores.



Fonte: ISAAC NEWTON, 2014.

Existem vários tipos de superfícies no mundo, duas delas são as polidas e foscas. As polidas produzem imagem como um espelho e mantém a integridade do feixe de luz, onde é rebatido no mesmo ângulo, porém em direção oposta. Já as superfícies foscas, produzem reflexões difusas refletindo a luz da mesma forma em todos os ângulos. Ambas apresentam características refletivas, o que as diferencia é basicamente a direção em que o feixe de luz é refletido. Não há padrão que as categorizem entre uma ser mais refletiva que outra.

A fim de se obter a quantidade de iluminância adequada aos ambientes também é necessário considerar as propriedades refletidas das superfícies, para tal, é necessário o uso do coeficiente de reflexão dos materiais e cores. O quadro a seguir apresenta os coeficientes dos principais materiais e cores (**Quadro 1 e 2**).

Quadro 1 – Coeficiente de reflexão de alguns materiais.

Cores	Coeficiente (%)
Branco	70 à 80
Creme claro	70 à 80
Amarelo claro	55 à 65
Rosa	45 à 50
Verde claro	45 à 50
Azul celeste	40 à 45
Cinza claro	40 à 45
Bege	25 à 35
Amarelo escuro	25 à 35
Marrom claro	25 à 35
Verde oliva	25 à 35
Laranja	20 à 25
Vermelho	20 à 35
Cinza médio	20 à 35
Verde escuro	10 à 15
Azul escuro	10 à 15
Vermelho escuro	10 à 15
Cinza escuro	10 à 15
Azul marinho	5 à 10
Preto	5 à 10

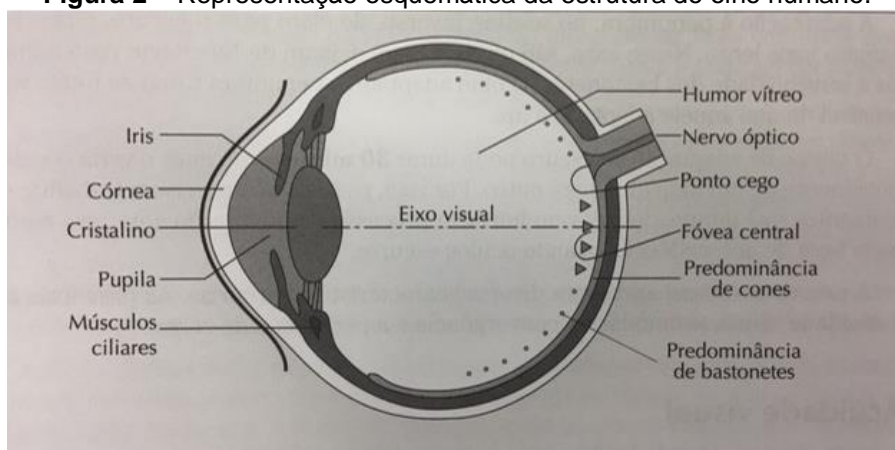
Fonte: OSRAM, 2003

Na sua propriedade de se propagar em linha reta, a luz pode ter a sua direção afetada ao atravessar um meio transparente. Materiais com diferente densidade ótica¹ como uma lente de vidro, desviam a luz e geram foco em outro ponto através da lente.

O nível de iluminação interfere diretamente no mecanismo fisiológico da visão e também na musculatura que comanda os movimentos dos olhos. O olho humano possui dois tipos de células fotossensíveis: os cones e bastonetes. Os cones só funcionam com maior nível de iluminação, pela percepção das cores além da percepção do espaço e de acuidade visual. Os bastonetes são sensíveis a baixo nível de iluminação e não distinguem cores, apenas os tons de cinza, do branco ao preto (IIDA, 2005) (**Figura 2**).

¹ Quando a luz incide num objeto, uma parte é absorvida e a restante pode atravessar ou desviar em maior ou menor grau. Tanto menor é a quantidade de luz que atravessa quanto maior é a densidade óptica da substância.

Figura 2 – Representação esquemática da estrutura do olho humano.



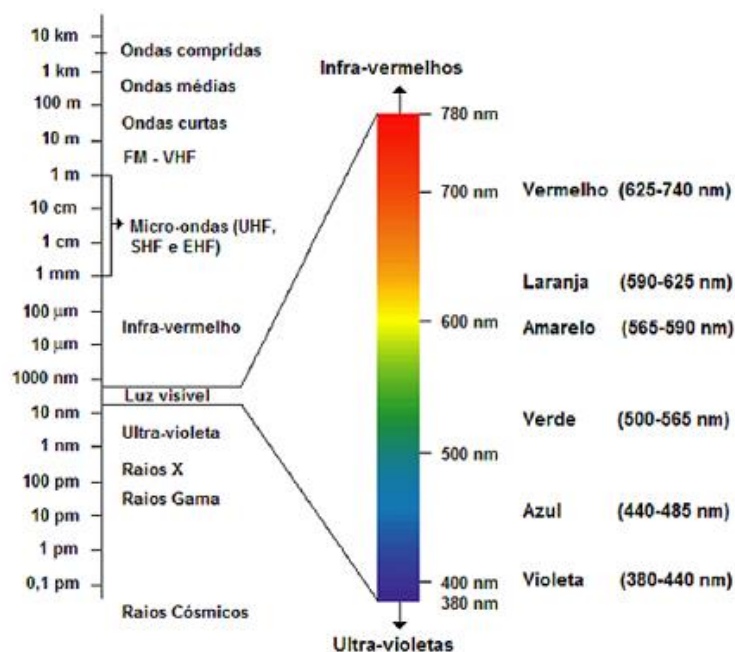
Fonte: IIDA, 2005, p. 83.

Segundo Barbosa (2010, p.48), a mistura química de pigmentos e a física da luz são fenômenos diferentes, mas interligados, e somados à neurologia humana. São células diferenciadas no cérebro humano que identificam as cores: cone azul detecta comprimentos de ondas curtos, os cones verdes detectam os comprimentos de ondas médios e os cones vermelhos os comprimentos de ondas longos.

As cores que enxergamos dos objetos são resultados de um fenômeno fisiológico associado à sensação de cor, gerida pelo funcionamento do sistema visual humano. Ainda segundo Küppers (1992 apud BARBOSA 2010, p.49), os raios luminosos não são cores, mas provocam o órgão da visão para que dê lugar as sensações de cor. Sendo assim, a cor que detectamos é uma propriedade inerente ao material do objeto, e sim resultado da propriedade da luz que o ilumina.

Para Silva (2004), luz é o que nos faz ver. Uma infinidade de ondas eletromagnéticas existentes na natureza se tornam visíveis ao olho humano quando localizadas na faixa entre 380 e 780 nanômetros como exemplifica a **Figura 3**.

Figura 3 – Espectro de ondas eletromagnéticas.



Fonte: CAETANO, c2014.

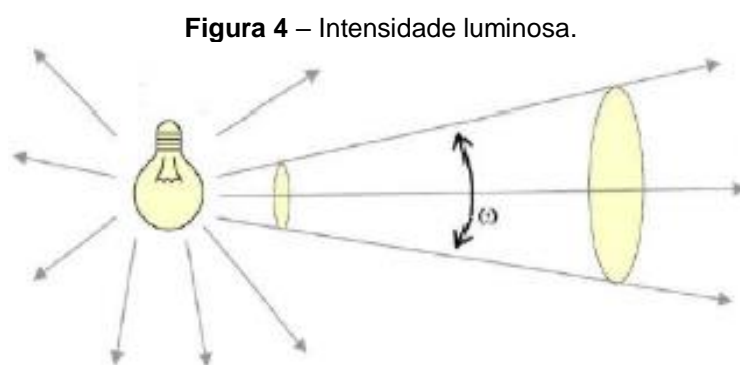
O sistema visual humano não é capaz de mensurar a luminosidade, a sensação de luminosidade tem característica subjetiva, ela é percebida. Innes (2014, p. 24) cita o exemplo da vela, que pode parecer muito luminosa em um cômodo escuro, mas é invisível se colocada sob a luz do sol. A avaliação prévia da luminosidade de um espaço é inerente a uma escala de medidas, o que influencia são as condições de iluminação do entorno, o que flexibiliza que o deslocamento humano entre lugares muito escuros e muito iluminados e seu sistema visual sofrerá adaptação. Para padronizar a medição da luminosidade, Innes (2014, p.25) descreve algumas unidades físicas, a seguir resumidas:

Luminância – Quando descrevemos a “luminosidade²” ou “brilho” de uma superfície iluminada, estamos tentando descrever a quantidade de luz que emana dela. É o termo adotado para isso e é uma definição da intensidade da luz emitida por uma superfície iluminada e, dessa maneira, sua medição se relaciona com o ângulo de visão dos olhos que estão observando a superfície;

Candela (Cd) – É uma unidade do Sistema Internacional de Unidades (SUI) que mede a intensidade luminosa em determinada direção. Essa unidade equivale, de grosso modo, à luz de uma vela padrão. A chama de uma vela irradia luz para todas

² É a distribuição das luminâncias no campo de visão. (BARBOSA, 2010)

as direções, assim a candela também se relaciona com o brilho esférico de uma fonte de luz. Portanto, 1candela = 1 lúmen por estereorradiano³, como mostra a **Figura 4**.



Fonte: FELDMAN, 2018

Lúmen – É uma unidade de fluxo luminoso do SUI. Ele descreve a quantidade de luz produzida por uma fonte ou incidente em uma superfície. Equivale a quantidade de fluxo luminoso dentro de um ângulo sólido deste tipo de estereorradiano emitido por uma fonte de luz que tem a intensidade luminosa de uma candela;

Fluxo Luminoso – Emitida por uma única fonte de luz e recebida por uma superfície iluminada. Sua unidade de medida é o lúmen (**Figura 5**).

Figura 5 – Unidade: Lúmen – Lm (significa fogo)

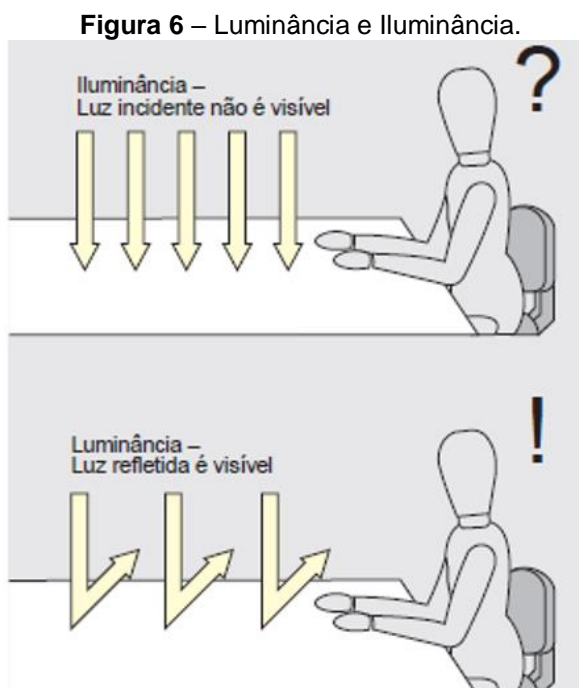


Fonte: FELDMAN, 2018

Lux (lx) – É a unidade no SUI utilizada para medir a iluminância de uma superfície, ou seja, a quantidade de luz que nela incide. Mede a intensidade do fluxo luminoso em uma área de um metro quadrado. Assim 1 lux = 1 lúmen por metro quadrado;

³ Unidade de ângulo sólido do Sistema Internacional de Unidades

Iluminância – Enquanto a luminância se relaciona com a luz produzida por uma fonte ou produzida por uma superfície, a iluminância descreve a luz que incide em uma superfície, como mostra a **Figura 6**. A iluminância não é visível. O que vemos é a luminância. Sua unidade de medida é o lux;



Fonte: OSRAM, 2003.

Fotômetros – São medidores de iluminância ou medidores de lux. Medem a quantidade de luz incidente em uma superfície, mais oferecem poucas informações sobre a intensidade luminosa da superfície.

2.2. Luz Natural

A luz natural é policromática e tem propriedades que se relacionam tanto com a cor quanto com as condições atmosféricas. Com isso se busca a melhor forma de se beneficiar da luz natural, permitindo a criação de ambientes iluminados e confortáveis. O mundo tem várias fontes de luz natural, sendo o sol a principal delas. A luz natural sofre influência da atmosfera e pode variar de intensidade bem como de direção, podendo ser controlada nos espaços internos de acordo com o conceito do projeto arquitetônico.

Segundo Innes (2004), dentre as fontes de luz natural, temos o fogo, os relâmpagos, a bioluminescência⁴ das criaturas abissais, das libélulas e a luz solar ou diurna, que está diretamente relacionada com a saúde e bem estar humano, influenciando diretamente na sua fisiologia e provocando alterações de comportamento. As escolas são um dos exemplos de edificações impactadas pelos efeitos da iluminação.

O conforto ambiental no espaço escolar e em salas de aula resultam do tipo de configuração do projeto arquitetônico. Segundo Kowaltowski (2011, p.112), o conforto ambiental se trata de uma parceria entre ambiente físico (características do local, arquitetura da edificação e uso dos ambientes) e usuários do espaço, cujo comportamento também deve ser estudado. O homem e sua reação ao espaço construído influenciam na identificação do melhor nível de conforto.

Kowaltowski acrescenta ainda que quando o desempenho no nível de conforto térmico se apresenta insatisfatório, a percepção do usuário sobre os demais itens (acústico, luminoso e ergonômico) se alteram.

A percepção que o usuário tem do espaço influencia nas suas escolhas de local, vestimentas e as interferências que irá realizar no espaço. Dudek (2007 apud KOWALSTOWSKI, 2011) diz que nas escolas, a qualidade espacial sob o impacto da iluminação natural reflete em bem-estar e influencia na capacidade do aprendizado das crianças.

2.3. Luz artificial

Para os nossos antepassados o fogo foi a grande conquista do homem e foi a primeira fonte de luz artificial, além de permitir se enxergar a noite. Com o passar do tempo Thomas Alva Edson criou a primeira lâmpada comercial.

Quando se aborda o tema de conforto no ambiente escolar, aspectos como a qualidade do ar, a ventilação, a comunicação verbal, a disponibilidade de espaço, dos materiais e acabamentos, e também da iluminação, são essenciais para o bom desempenho desse ambiente construído. Neste cenário, a luz artificial ou elétrica tem importante participação, pois, mesmo durante o período diurno, para se obter conforto

⁴ Emissão de luz fria e visível por seres vivos, sendo encontrados principalmente nos oceanos. Oliveira et al (2013).

luminoso é necessário o complemento por meio da luz elétrica. No período da noite o nosso dia útil pode ser estendido além das horas de iluminação natural.

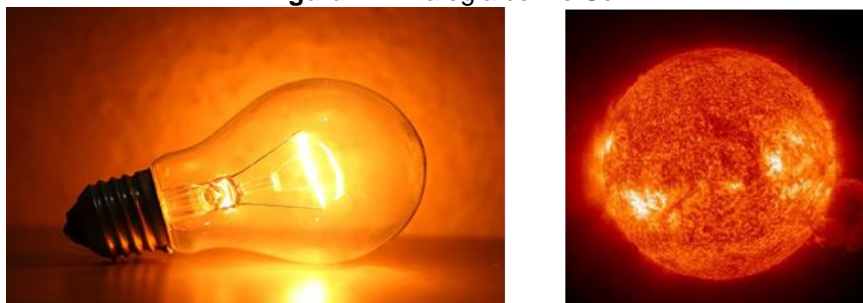
A luz elétrica pode ser produzida por diversos tipos de luminárias que resultam em efeitos variados conforme o projeto luminotécnico e possibilita o controle da iluminação no espaço. Existe uma vasta gama de produtos especializados, mas segundo Innes, na iluminação arquitetônica há três tipos principais de tecnologias.

As **fontes de luz incandescentes** produzem luz visível por meio do aquecimento de um material (geralmente um delgado filamento metálico). Elas incluem as lâmpadas incandescentes tradicionais, as lâmpadas de tungstênio e halogênio (também chamadas de tungstênio halógenas ou simplesmente halógenas) e as lâmpadas de tungstênio e xenônio. As **fontes de descarga** produzem luz ao criarem uma descarga elétrica através de um gás. Elas incluem as lâmpadas fluorescentes, as lâmpadas de halogeneto metálico e as lâmpadas de vapor de sódio. Já as **fontes de luz eletroluminescentes** incluem os painéis eletroluminescentes, os LEDs (diodos emissores de luz) e os OLEDs, (LEDs orgânicos) (INNES, 2014, p.49).

2.3.1. Fonte de luz incandescente

A lâmpada de Thomas Edson era uma resistência (filamento) pela qual passava uma corrente elétrica que ao aquecer ficava em brasa, sendo esse o estado de incandescência. A lâmpada incandescente é o que resulta ao se colocar um filamento dentro de um tubo de vidro em vácuo (**Figura 7**).

Figura 7 - Analogia com o Sol.



Fonte: AMPOST, 2016.

O princípio de funcionamento dessa lâmpada é o mesmo do fogo, ao atingir altas temperaturas, liberam energia tanto na forma de calor como de luz. Esse princípio gera mais calor que luz. Segundo Silva (2004), “mais de 90% da energia consumida para ascender uma lâmpada incandescente é transformada em calor e menos de 10% em luz”, chamando-a de “fogueira enjaulada”.

O material se torna incandescente no momento que emite tanto a luz quanto o calor. Isso ocorre quando sua temperatura atinge o ponto de irradiar energia eletromagnética. Esses materiais produzem radiação infravermelha que em termos de potência, significa estar logo embaixo do espectro de luz visível. Na medida que a temperatura aumenta, ele passa a produzir todas as cores do espectro atingindo o tom quente, branco avermelhado.

O aquecimento do filamento para o ascendimento das lâmpadas incandescentes comuns provoca a perda de partículas que se desprendem dele e se acumulam no bulbo da lâmpada causando o escurecimento deste filamento, que a cada ascendimento se torna mais fino, o que reduz a vida útil desses tipos de lâmpadas.

Dentre as lâmpadas incandescentes estão as halógenas, consideradas uma evolução das incandescentes comuns. Elas tem o mesmo princípio para o funcionamento. O que as diferenciam são os tubos de vidro, onde nas comuns são de vidro e nas halógenas são de quartzo, adicionadas de halogênio, onde, dentro do tubo os átomos do halogênio se combinam com as partículas que se desprendem do filamento devido ao seu aquecimento, reconduzindo-as ao núcleo que é o próprio filamento, fazendo com que a espessura do filamento se mantenha a mesma durante a vida útil da lâmpada.

2.3.2. Fonte de luz de descarga

As fontes de luz de descarga passam por um processo diferente da incandescente. O gás que é excitado pela eletricidade entra em um processo de colisão entre seus átomos resultando na energia em forma de luz ultravioleta ou visível, comparada ao relâmpago na natureza (**Figura 8**). Esse é um processo que não gera aquecimento, razão pela qual as lâmpadas de descarga tem vida útil maior e se tornam mais eficientes se compararmos às incandescentes. Porém, gerar essa descarga em um gás, é um processo mais complexo que o da incandescência, por necessitar de mecanismos de sistemas de controle elétrico que são os reatores ou dispositivos de controle.

Figura 8 – Analogia com o raio.



Fonte: FELDMAN, 2018.

Segundo Innes (2014), existem diversos tipos de lâmpadas de descarga, elas variam da iluminação geral à produção das luzes coloridas. O que as diferenciam são gases e aditivos utilizados com os compostos metálicos, os mais comuns são: hélio, neon, argônio, xenônio, criptônio e o nitrogênio, ambos combinados com uma pequena quantidade de metal como sódio e mercúrio.

O que torna a luz de descarga mais eficiente é o fato de produzir maior luz visível para uma mesma quantidade de energia despendida. Isso é possível para casos de potência elétrica em watts elevadas. Por essa razão, a produção de lâmpadas de descarga que tenha alta eficiência em cenário de baixa potência elétrica, torna-se difícil.

As lâmpadas de pressão de baixa intensidade trabalham em seu interior com pressão inferior à da pressão atmosférica, onde elas se encontram em vácuo total ou parcial. São as lâmpadas fluorescentes comuns, as fluorescentes de catalogo frio (usadas em letreiros e erroneamente chamadas de neon, pois elas contém argônio ao invés do neon), e as lâmpadas de vapor de sódio (comumente usadas em iluminação urbana, com um tom alaranjado).

As lâmpadas fluorescentes são as mais comuns, que emitem uma radiação ultravioleta e não luz visível. Elas tem aspecto esbranquiçado devido a uma camada de fósforo que junto aos outros metais, vão reagir à radiação, que por sua vez é absorvida pelo fósforo onde o mesmo passa a irradiar luz visível de baixa energia, esse processo se chama fluorescência. Os tons de branco dessas lâmpadas podem ser variados na sua produção, o que vai provocar essa variação é a proporção de fósforo em relação aos outros minerais de sua composição.

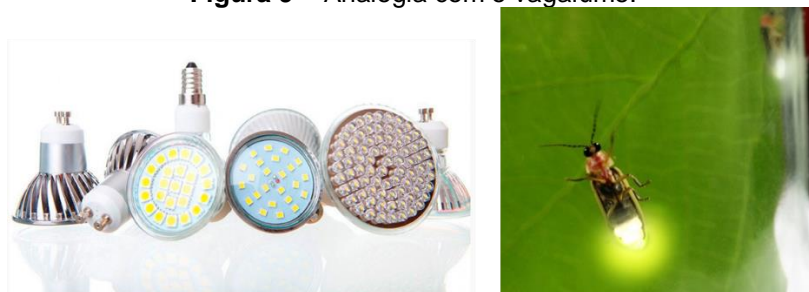
Dentre as lâmpadas de descarga, há as de alta intensidade, que em seu interior trabalham com pressão superior à atmosférica. As de vapor de sódio de alta pressão são muito utilizadas em iluminação urbana, possuem um tom alaranjado levemente mais branca do que as lâmpadas de vapor de sódio de baixa pressão.

2.3.3. Fontes de luz eletroluminescentes

Os materiais eletroluminescentes quando entram em contato com energia elétrica, emitem radiação eletromagnética (luz visível ao olho humano). O seu funcionamento não necessita o uso do calor nem de descarga elétrica por meios de gases. Por essa razão é uma fonte de luz fria, e seus bulbos podem ser menores que os das lâmpadas de descarga. Geralmente as fontes eletroluminescentes necessitam de baixa carga elétrica, e sua luminosidade é proporcional a carga que está recebendo, nesse caso não vai possuir luz suficiente para iluminação geral.

Segundo Silva (2012), essa fonte de luz é o resultado da evolução da história da iluminação artificial, quando o homem passa a perceber que na natureza havia o vagalume, inseto capaz de produzir sua própria luz. Essa percepção foi o que inspirou e desencadeou as novas pesquisas que será o princípio básico para o funcionamento e produção de luz nos LEDs (iniciais em inglês para Diodo Emissor de Luz) (**Figura 9**).

Figura 9 – Analogia com o vagalume.



Fonte: NEBLINA, [201?]

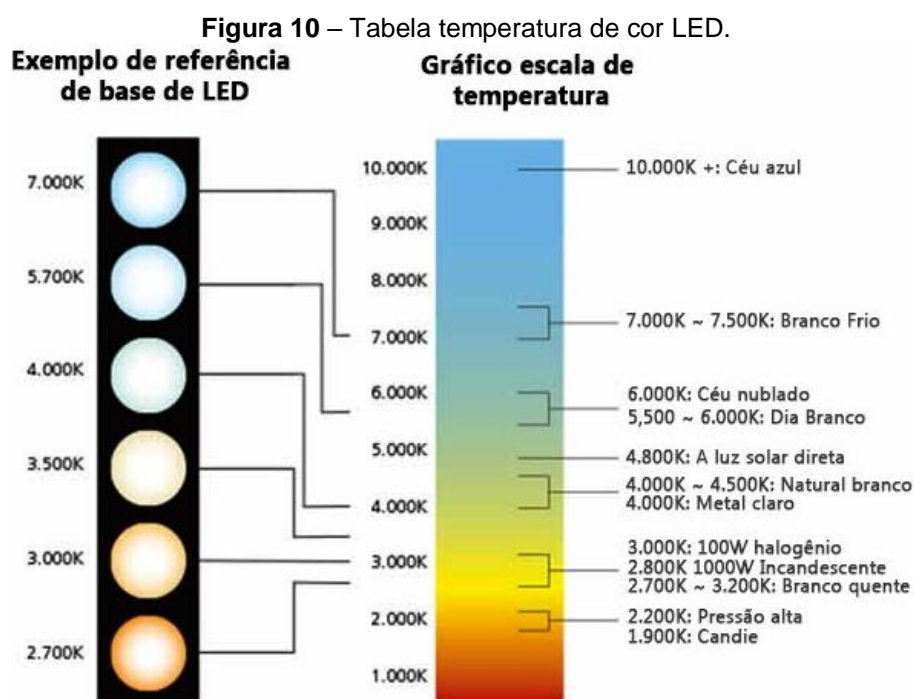
Os LEDs tem como base o princípio da eletroluminescência podendo também serem utilizados na fabricação de equipamentos de alta potência que produz muito mais luz. Apesar de representarem um avanço na tecnologia em iluminação artificial, os LEDs já são utilizados desde a década de 1930, na maioria da vezes para sinalização.

A eficiência da fonte de luz de LED tem crescido bastante, e está cada vez mais adequada para o uso em iluminação arquitetônica. Porém segundo Innes (2014) ainda deve demorar até que seja considerada ultra eficiente com desempenho superior às lâmpadas e fluorescentes e de descarga.

2.3.4. Temperatura de cor e índice de reprodução de cores

Temperatura de cor é uma grandeza que define a cor da luz emitida pela lâmpada. Onde a cor mais branca é a que tem maior temperatura em Kelvin. A cor mais amarelada e avermelhada é que está com menor temperatura.

Silva (2004, p. 38) cita no exemplo de uma barra de ferro que quanto mais calor em graus Celsius ela receber, mais branca ficará, e se transformamos diretamente a temperatura, calor mesmo, em Kelvin, teremos então a temperatura de cor. Deduzindo que quanto mais alta for a temperatura de cor com mais branca será a luz como exemplificado na **Figura 10**.

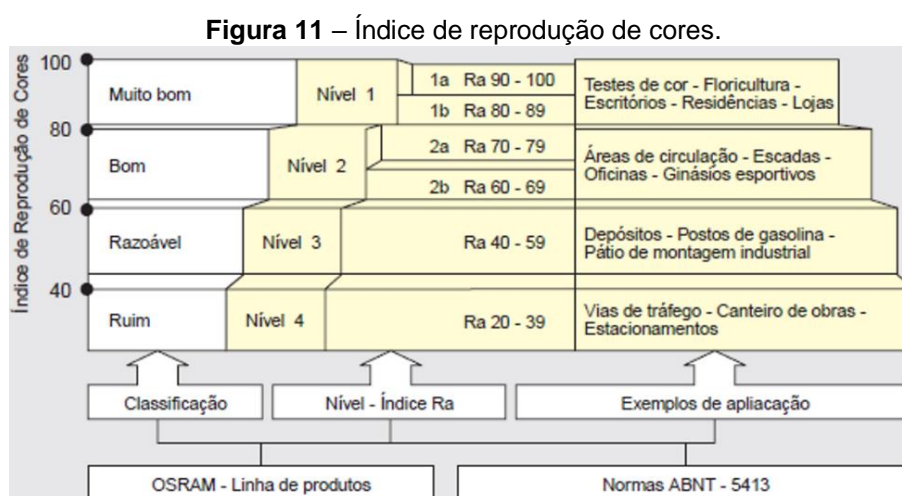


Fonte: NOVA ELETRÔNICA, [201?].

Contudo, a temperatura de cor não está relacionada com a temperatura da lâmpada e sim com a tonalidade da cor. A lâmpada fluorescente por exemplo tem altíssima temperatura de cor, em média 6.000 Kelvin, e seu bulbo é relativamente frio.

Isso mostra que quanto mais alta for a temperatura de cor em Kelvin mais branca será a luz e quanto mais baixa a temperatura, mais amarelada será essa luz.

Para se medir o quanto a luz artificial é capaz de copiar a luz natural temos o IRC (Índice de Reprodução de Cores). Ainda segundo Silva (2004), existe um estudo que diz que o IRC de 100 na luz natural é em uma localidade específica em uma determinada cidade no hemisfério norte, a certa hora do dia. O autor considera que 100% seria um dia claro de sol no verão por volta do meio dia. Então quanto mais próximo de 100 for o IRC de uma fonte de luz artificial, mais se aproxima do efeito de luz natural, conseqüentemente as cores também são reproduzidas de forma mais fiel. Quanto mais distante dos 100% for o IRC menos fiel é a reprodução das cores conforme a **Figura 11**.



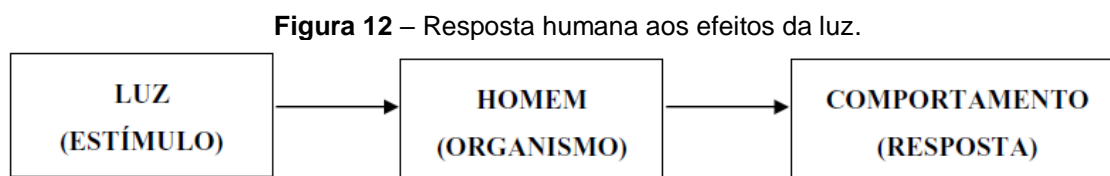
2.4. Fisiologia humana

O aumento de iluminação eleva a satisfação das pessoas, até o nível de 400 lux Lida (2005 apud Bridger, 2003). Acima de 400 lux provoca fadiga visual e ofuscamento, gerando a insatisfação dos usuários dos referidos ambientes. Estudos apontam que em ambientes de trabalho as áreas próximas às janelas são as preferidas porque além de manter contato com o ambiente exterior, proporciona alívio visual além de equilíbrio psicológico.

O metabolismo do ser humano depende da luz solar, para o despertar e da ausência dessa luz solar para o adormecer. Porém constantemente os ambientes

sofrem interferência da luz artificial que graças a tecnologia da iluminação esse controle e eficiência da luz foi viabilizado.

Quanto à percepção visual e fisiológica a luz natural e a artificial se apresentam de formas diferentes quanto aos efeitos no organismo humano **Figura 12**. Ela afeta o estado físico de alerta, repouso, produtividade, bem-estar, ritmos circadianos⁵ e na saúde como um todo.



Fonte: FONSECA et al, (2005).

Segundo Fonseca et al (2005), os ritmos circadianos são os que regulam o ciclo dia e noite dos seres humanos e dos animais e pode alterar seu estado de alerta e sonolência. Esse ciclo dura cerca de 24 horas, baseado nos períodos dia e noite, luz e escuridão, produzido pela rotação da terra no movimento em torno do sol. Por isso é necessário um melhor entendimento sobre como a luz afeta os indivíduos, não apenas no aspecto visual ou estético como também nas necessidades humanas na iluminação.

2.4.1. A iluminação nas necessidades humanas

A luz é fundamental para o simples ato de enxergar. Uma mínima quantidade de luz é necessária para se reconhecer pessoas, executar tarefas entre outras atividades. Mas a luz representa muito mais para o homem, pois reflete efeitos psicológicos de orientação, segurança e o funcionamento saudável do organismo. A luz do sol influencia na vida diária do indivíduo, permitindo experiências e emoções. Não menos, a luz artificial é tão importante quanto a natural, pois existe desde o período das cavernas quando possibilitou os desenhos de escritos em locais que não se tinha luz natural (BARBOSA, 2010).

O que determina a hora de trabalho e de descanso, o acordar e o dormir é o ciclo de dia e noite. É comum observar que a luz artificial é utilizada mesmo em período

⁵ Do latim Circa = cerca de + Die = dia. Relógio biológico.

diurno em grande parte dos ambientes com os mais variados usos, como forma de complementar a luz natural. O que faz acreditar que boa parte dos ambientes construídos contemplam pouco o maior aproveitamento da luz natural, no interior das edificações. Com isso o efeito psicológico sentido pelo homem ao contato com o exterior deixa de ser contemplado, como também os aspectos da eficiência energética, uma vez que aumenta o uso de energia elétrica em horários que necessitam de menos luz artificial.

A arquitetura prevê a luz natural e artificial e tem o objetivo de proporcionar qualidade ambiental para a realização das atividades pelos usuários nos ambientes projetados. Para tal qualidade, não é apenas necessário o cálculo de iluminação com o dimensionamento de iluminância para o local, conforme o horário e estações do ano, mais também atende apenas ao racionalismo da sustentabilidade.

Desde que o conforto ambiental passou a se difundir, com o aprofundamento dos estudos de projetos luminotécnicos, o conforto visual recebeu o foco das atenções, onde a iluminância das superfícies que nos rodeiam deixa de ser o centro das atenções, passando a ter maior preocupação pela luminância que atinge ao observador.

Segundo Lancelle, (2006), pouco importa saber a iluminação que chega a uma mesa e sim a que chega aos olhos do observador refletida por essa mesa. A qualidade de luz está relacionada aos contrastes, pois são eles que nos permitem perceber os objetos na sua volumetria tridimensional que geram conforto luminoso. Porém, o alto contraste pode gerar ofuscamento tornando difícil a mensuração da qualidade ambiental, devido a capacidade humana de adaptação, uma vez que, ao utilizar constantemente determinado ambiente o ser humano não percebe quando há redução da qualidade e conforto lumínico pois alguns tipos de lâmpadas perdem sua capacidade de iluminância (eficiência) sem que o olho humano perceba.

Identificar a relação da exigência visual da iluminação com a qualidade ambiental do espaço arquitetônico, são fundamentais para que o mesmo tenha o seu valor definido. Para tal, é preciso avaliar, não apenas o que se vê, mais como se vê. Uma boa visão é necessária tanto para garantir a execução de uma tarefa, quanto para favorecer o aumento da produtividade nos mais variados tipos de ambientes de trabalho.

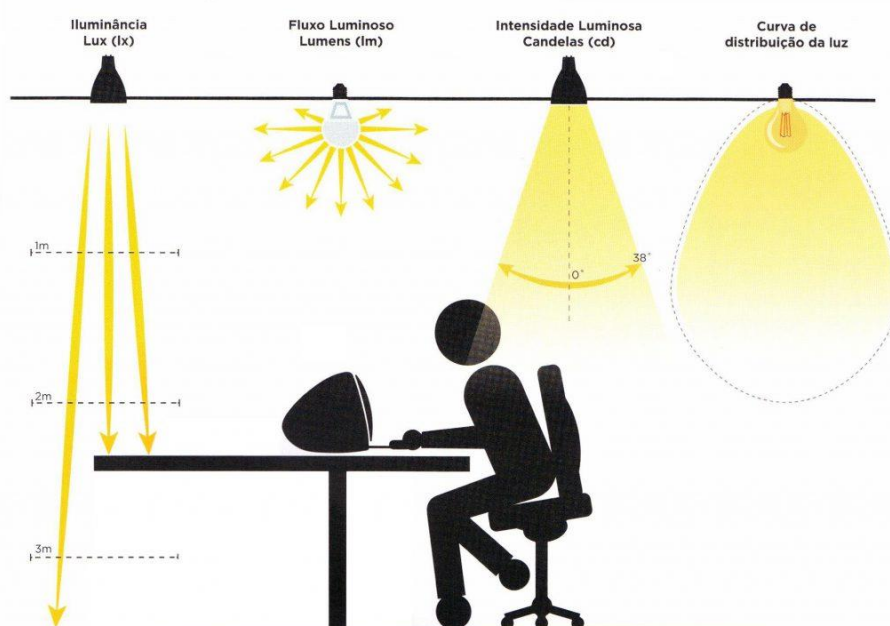
A escola de educação infantil apresenta demanda específica para os diversos usos. Tanto em salas de aula utilizadas pelas crianças, quanto no setor administrativo.

Sendo assim, o espaço arquitetônico deve ser planejado com iluminação necessária para otimizar a atividade desejada sem, com isso, criar sombras.

São vários os fatores que interferem na capacidade de discriminação ou acuidade visual, como faixa etária e as diferenças individuais, tamanho da tarefa a executar, e distância desta tarefa ao olho, o tempo de exposição o contraste entre a figura e o fundo. O tamanho mínimo da tarefa a executar varia conforme a distância dessa tarefa até o olho. As pessoas distanciam ou aproximam os objetos para coloca-los dentro do campo visual, a fim de ver com mais nitidez. (BARBOSA, 2010, pg.79).

Ainda segundo Barbosa (2010), o nível de iluminação interfere diretamente no mecanismo fisiológico da visão e também na musculatura que comanda o movimento dos olhos. Entre 10 e 1000 lux, a capacidade visual aumenta reduzindo a fadiga visual. Com o nível de iluminação em 2000 lux, percebe-se aumento de produtividade, porém, é um equívoco achar que a partir desse nível a produtividade continuará aumentando na mesma proporção. Quando da execução de tarefas muito específicas, de alta precisão, que possam necessitar até 2000 lux, é recomendado o uso de iluminação localizada. (**Figura 13**). O iluminamento recomendado pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) na Norma Brasileira de Recomendação (NBR) 5413 é de 200 a 600 lux (BARBOSA, 2010).

Figura 13 – Conceitos luminotécnicos: lux, lumens, candelas e curva de distribuição.



Fonte: VIVADECOR, 2018

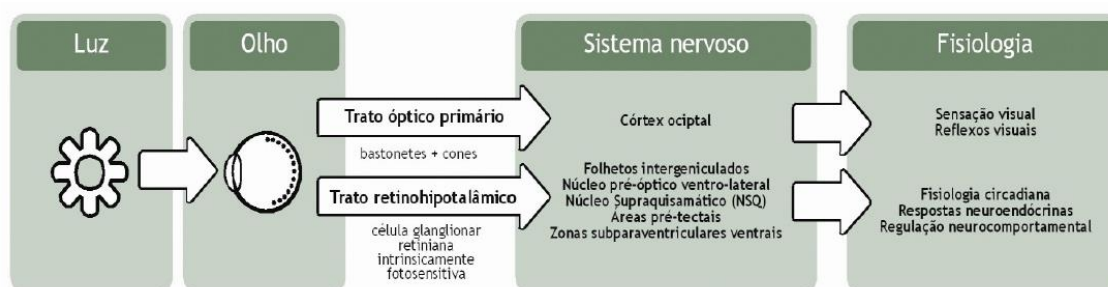
Atualmente, é um desafio para a área de iluminação definir de que maneira a luz afeta a saúde, não apenas no aspecto relacionado à visão, mas aos processos metabólicos relacionados, por exemplo, aos ritmos circadianos ao qual os organismos vivos, vegetais, animais e seres humanos são diretamente influenciados. Suas funções vitais alternam entre decrescente durante a noite e crescente durante o dia (BERTOLOTTI, 2006).

Uma variedade de indicadores externos pode regular o ritmo circadiano, porém a luz é a variável mais importante nesta sincronização dos humanos quanto aos ritmos diurnos e noturnos.

A modificação nos hábitos de vida atuais, tanto de trabalho quanto de descanso, levam ao prolongamento do uso da iluminação artificial, como também aumenta a permanência em espaços com baixos níveis de iluminação. Esses fatores provocam alterações na saúde do indivíduo.

Berson (2002 apud MARTAU; SCARAZZATO, 2009) detectou a relação da luz com um terceiro tipo de fotorreceptor na retina dos mamíferos, sendo este o elo que faltava para descrever o mecanismo dos efeitos biológicos controlados pelo ciclo claro-escuro⁶ (**Figura 14**).

Figura 14 – Diagrama simplificado da neuroanatomia responsável pela mediação sensorial do sistema visual da regulação circadiana não-visual, das funções neurocomportamentais.



Fonte: MARTAU; SCARAZZATO, 2009.

O novo receptor é responsável pela forma com que o olho recebe a informação sobre a luz e a converte em um sinal elétrico que será interpretado no cérebro. Esse receptor não está relacionado com a visão, mas, juntando-se a outro fotorreceptor chamado melanopsina⁷, e através de um processo bioquímico, ele controla a glândula pineal (localizada no cérebro) para produzir um importante hormônio chamado melatonina, que controla muitas funções biológicas (MARTAU; SCARAZZATO, 2009, pg. 1358).

⁶ Variedade da luz horário diurno e noturno, e influencia os ritmos biológicos diurnos (atividade) e noturnos (repouso) bem como a temperatura corporal e os níveis hormonais (MARTAU; SCARAZZATO, 2009).

⁷ A melanopsina é um fotorreceptor encontrado em fotorreceptores da retina que estão envolvidos na regulação dos ritmos circadianos, do reflexo da pupila e outras respostas não visuais.

A forma como o olho recebe a informação sobre a luz é responsável pela vinda do receptor, essa luz é convertida em sinal elétrico e interpretada pelo cérebro. Então tanto as recomendações quanto a prática da iluminação não devem apenas se basear em requisitos visuais.

Tem sido crescente a divulgação de pesquisas no âmbito das tecnologias da iluminação, porém o que ainda está sendo deixado em segundo plano são as questões da psicologia relacionadas a este tema (BRONDANI, 2006).

Segundo Martau e Scarazzato (2009), no atual estado da arte, o grande desafio no desenvolvimento de projetos é o atendimento às exigências psicológicas e, principalmente, fisiológicas, não contempladas nas normas técnicas, que via de regra demoram a ser revistas e atualizadas com a incorporação de novos conhecimentos.

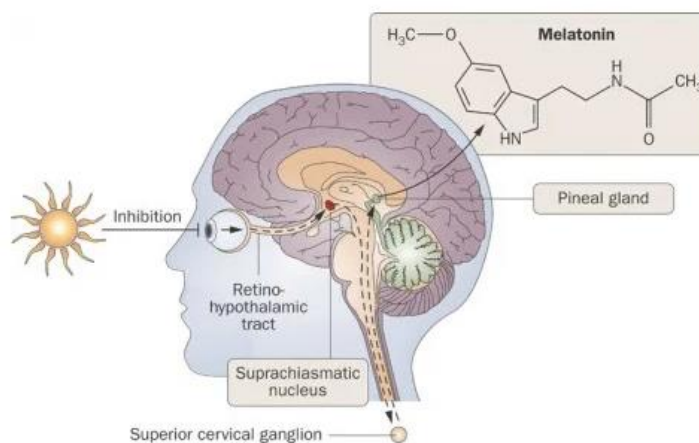
Segundo Martau e Scarazzato (2009 apud BARBOSA, 2010), os ritmos biológicos do corpo como, atividade e repouso, ritmo social, ritmo de temperatura corporal e os níveis hormonais (melatonina⁸, serotonina⁹ e cortisol¹⁰), Figura 8 e 9, estão associados à iluminação. A relação mais conhecida da melatonina no sistema circadiano se refere ao sono e à temperatura do corporal à noite. Que baixa durante o dia e seu pico é entre as duas e quatro horas da madrugada. A serotonina atua como antidepressivo. Quando a luz atinge a retina a melatonina é inibida e a serotonina é estimulada, com a ausência de luz acontece o inverso (**Figura 15**).

⁸ É o hormônio do escuro, produzido pela glândula pineal. É sensível à luminosidade, com início de elevação no início da noite e queda no final.

⁹ Substância química produzida no organismo humano, é um neurotransmissor, responsável pela regulação do humor das pessoas.

¹⁰ É um hormônio corticosteroide onde sua liberação é influenciada por estímulos ambientais, que são o stress e o ritmo circadiano, e apresenta variação ao longo do dia. Sua liberação no organismo é aumentado no momento em que acordamos.

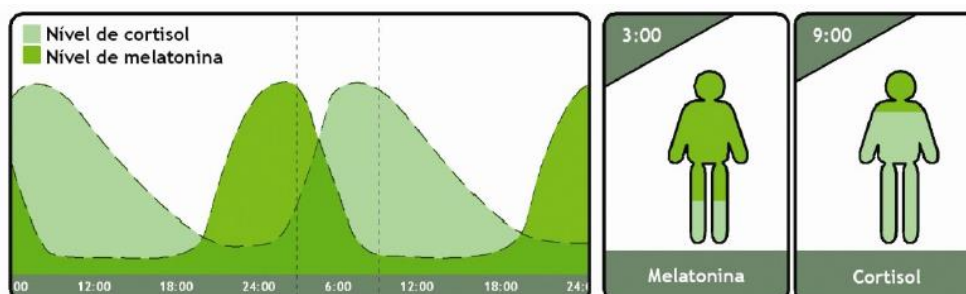
Figura 15 – A produção de melatonina é estimulada por vias noradrenérgicas estimuladas pela escuridão



Fonte: KOCH et al, 2009.

Já o cortisol faz parte do eixo adrenal, composto pelo liberador de corticotropina. O cortisol está relacionado diretamente ao nível de atividade e capacidade de atenção da pessoa, apresentando seu pico ao despertar. Ainda segundo Martau e Scarazzato (2009), as concentrações plasmáticas do cortisol são mais altas no início da manhã (aproximadamente às seis horas) e reduzidos no final da tarde e à noite. Como o cortisol é controlado pelo relógio biológico no núcleo supraquiasmático¹¹ (NSQ), é esperado que o seu ritmo e concentração sejam influenciados pela luz. Após o ser humano acordar, pode ser aumentado com uma hora de exposição a 800 lux, aplicado no horário habitual de acordar (**Figura 16**).

Figura 16 – Curva demonstrando o ritmo dos hormônios melatonina e cortisol em função do horário do dia.



Fonte: PHILIPS LIGHTING, 2006 apud MARTAU; SCARAZZATO, 2009, p. 1359

A luz circadiana é a condição de iluminação e regulação do relógio biológico humano, e está diretamente relacionada ao espectro, intensidade e direção da luz. Aspectos como a aparência de cor, a possibilidade de controle do sistema de

¹¹ O núcleo supraquiasmático é responsável pela regulação das secreções hormonais.

iluminação artificial e a presença ou não de janelas (iluminação natural), bem como os tipos de lâmpadas, podem influenciar tanto os aspectos fisiológicos como comportamentais (MARTAU; SCARAZZATO, 2009).

A luz que ativa o ritmo circadiano é a branca azulada e não a amarela, sendo assim a luz biológica é a azul. O sistema visual é muito mais sensível a comprimentos de onda mais longo, pois conseguimos ver com índices muito baixos, como o luar. Esses índices não ativam o sistema circadiano. Para ativar a melatonina são necessários níveis maiores, por exemplo, 500 lux na mesa refletem apenas 100 lux na retina. Na maior parte das vezes, as tarefas visuais necessitam de 300 a 500 lux para serem executadas (BARBOSA, 2010).

Os projetos de arquitetura e iluminação devem estar relacionados não só com a produção de melatonina, como às interferências causadas pelos ambientes iluminados natural e artificialmente, preocupando-se também com os níveis de cortisol e serotonina.

A esse respeito, para Vargas (2009) é amplo o número de estímulos externos em que o homem está submetido. Não só a percepção, relacionada à experiência, faz com que as pessoas organizem e interpretem os estímulos recebidos pela luz, quanto a fisiologia humana. Com isso, a visão é considerada pela psicologia como uma atividade criadora da mente humana, pois por meio da percepção, cria os padrões de interpretação que procedem de experiências que levam à compreensão. É o órgão que possibilita ao homem a ampliação da percepção do mundo exterior, considerando pessoas sem deficiências físicas significativas.

3. LEGISLAÇÃO E NORMAS

As normas que regulamentam a iluminação têm como objetivo garantir boas condições de visão associadas ao conforto visual como também para se obter o bem-estar, isso inclui o desempenho visual para se obter rapidez e precisão na realização das tarefas visuais, mesmo por longos períodos, a segurança para que se possa detectar perigos, a orientação, como abordado anteriormente, é capaz de interferir no nosso metabolismo.

Pode inibir ou estimular as atividades a serem desenvolvidas e para mensurar a necessidade de iluminação nos ambientes internos, leva-se em consideração os tipos de atividades a serem executadas. Assim é possível saber o quanto de luz artificial deve ser complementada no ambiente, mesmo durante o dia.

Independente da função ou do uso de um ambiente construído, o projeto arquitetônico deve contemplar tanto o melhor aproveitamento da luz natural quanto um bom projeto de luminotécnica para que o mesmo apresente excelência na função dos espaços. A Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) desenvolveu algumas Normas Brasileiras de Recomendação (NBR) a fim de garantir maior eficiência no que se refere a iluminação ideal do ambiente construído.

3.1. Normas

Alguns requisitos são estabelecidos pela ABNT NBR ISO/CIE 8995-1:2013 Iluminação de ambientes de trabalho, são parâmetros para iluminação em ambientes internos para que as pessoas possam desempenhar as tarefas de maneira eficiente e com conforto durante todo período de trabalho. Esta norma não contempla as técnicas de iluminação, para que se possa aperfeiçoar a cada ambiente de forma específica aos possíveis trabalhos. De acordo com a NBR ISO/CIE 8995-1:2013, esses parâmetros são:

- a) Distribuição da luminância, onde seu equilíbrio é necessário para ampliar boa acuidade visual¹², a sensibilidade ao contraste a eficiência das funções

¹² Nitidez da visão (NBR ISO/CIE 8995-1, 2013).

oculares¹³. Na distribuição da luminância se leva em consideração as refletâncias das superfícies internas, conforme **Tabela 1**.

Tabela 1 – Refletância das principais superfícies.

Teto	0,6 a 0,9
Paredes	0,3 a 0,8
Planos de trabalho	0,2 a 0,6
Piso	0,1 a 0,5

Fonte: NBR ISSO/CIE 8995-1, 2013. (Editada pela autora, 2018)

b) Iluminância, considerada a área de tarefa a ser executada e seu entorno, conforme **Tabela 2**.

Tabela 2 – Iluminância no entorno imediato.

Iluminância da tarefa lux	Iluminância do entorno imediato lux
≥ 750	500
500	300
300	200
≤200	Mesma iluminância da área de tarefa

Fonte: NBR ISSO/CIE 8995-1, 2013. (Editada pela autora, 2018)

c) Ofuscamento¹⁴, a fim de prevenir erros, fadiga e acidentes. A norma esclarece que geralmente o ofuscamento nos ambientes internos surgem das luminárias brilhantes ou janelas em espaços pouco iluminados. Quanto a proteção das janelas, a norma sugere uso de anteparos¹⁵, e quanto as lâmpadas ela prevê ângulo de corte mínimo conforme **Tabela 3**.

¹³ Acomodação, convergência, contrações pupilares, movimento dos olhos etc. (NBR ISSO/CIE 8995-1, 2013).

¹⁴ Sensação visual produzida por áreas brilhantes dentro do campo de visão, que pode ser experimentado tanto como um ofuscamento desconfortável quanto como um ofuscamento inabilitador. Também pode ser causado por reflexões veladoras ou ofuscamento refletido (NBR ISSO/CIE 8995-1, 2013).

¹⁵ Elementos que reduzam a intensidade da luminância da superfície, como brises, persianas e outros. Nota Brasileira, NBR ISSO/CIE 8995-1,2013.

Tabela 3 – Proteção contra o ofuscamento.

Luminância da lâmpada Kdc/m ²	Ângulo de corte mínimo
1 a 20	10°
20 a 50	15°
50 a 500	20°
≥ 500	30°

Fonte: NBR ISSO/CIE 8995-1, 2013 (Editada pela autora, 2018).

- d) Direcionamento da luz, a iluminação direcional destaca os objetos e texturas, como também aumenta a visibilidade, além de contribuir para que as tarefas sejam realizadas mais facilmente.
- e) Aspectos da cor da luz e superfícies, leva em consideração a temperatura da cor.
- f) Cintilação, o efeito estroboscópico¹⁶ da cintilação influencia no aspecto fisiológico e pode provocar dor de cabeça.
- g) Luz natural, a norma prevê que a luz natural se obtém por meio de janelas, aberturas zenitais ou outros elementos de abertura.
- h) Manutenção, vai depender da característica e do programa de manutenção de cada lâmpada, como também a luminária e do ambiente.

Listados os principais parâmetros da NBR ISSO/CIE 8995-1, as recomendações para as determinadas atividades no ambiente de uma construção escolar seguem conforme **Quadro 3**.

¹⁶ O efeito estroboscópico causado pelas lâmpadas de descarga, como consequência da intermitência da luz. Tal "tremulação" nas lâmpadas é percebida por cerca de 1% da população. Normalmente, não é visível, mas, mesmo de efeito fraco, é desconfortável para algumas pessoas (LOE; DAVISON, 1998 apud COSTI 2002).

Quadro 2 – Planejamento dos ambientes (áreas), tarefas e atividades com a especificação da luminância, limitação de ofuscamento e qualidade da cor.

Tipo de ambiente, tarefa ou atividade	Em lux	UGRL	Ra	Observações
28.Construções educacionais				
Brinquedoteca	300	19	80	
Berçário	300	19	80	
Sala dos profissionais do berçário	300	19	80	
Sala de aula, salas de aulas particulares	300	19	80	Recomenda-se que a iluminação seja controlável.
Salas de aulas noturnas, classes e educação de adultos	500	19	80	
Sala de leitura	500	19	80	Recomenda-se que a iluminação seja controlável.
Quadro negro	500	19	80	Prevenir reflexões especulares.
Mesa de demonstração	500	19	80	Em salas de leitura 750 lux
Salas de arte e artesanato	500	19	80	
Salas de arte em escolas de arte	750	19	90	Tcp > 5 000 K.
Salas de desenho técnico	750	16	80	
Salas de aplicação e laboratórios	500	19	80	
Oficina de ensino	500	19	80	
Salas de ensino de música	300	19	80	
Salas de ensino de computador	500	19	80	Para trabalho com VDT, ver 4.10.
Laboratório linguístico	300	19	80	
Salas de preparação e oficinas	500	22	80	
Salas comuns de estudantes e salas de reunião	200	22	80	
Salas dos professores	300	22	80	
Salas de esportes, ginásios e piscinas	300	22	80	Para as instalações de acesso público ver CIE 58-1983 e CIE 62-1984.

Fonte: NBR ISSO/CIE 8995-1, 2013 (Editada pela autora, 2018).

A iluminação artificial de interiores tem as recomendações normatizadas pela NBR 5413¹⁷ de 1992, estabelecendo as médias de valores de luminância mínima. São colocados três níveis de iluminação para cada tarefa, e conforme a idade do usuário esses níveis são considerados entre o mínimo, médio e máximo, a depender da precisão da tarefa.

Os níveis de iluminação natural não são contemplados nas normas brasileiras de iluminação, prevalecendo os valores recomendados de iluminação artificial estabelecida na NBR ISSO/CIE 8995-1 e NBR 5413 e, conforme **Tabela 4** e Quadro 5. Ainda conforme a norma, é possível identificar os procedimentos a serem adotados

¹⁷ Revogada pela NBR ISSO/CIE 8995-1, porém ainda é utilizada uma vez que a NR 17-Ergonomia 2007 ainda não foi atualizada. Conforme o Manual de Aplicação da NR 17, na página 43, tópico 17.5.3.3 os valores de luminância observados devem ser os que constam na NBR 5413.

para a utilização da iluminância adequada. Nesta tabela a norma explica que é necessário analisar cada característica para determinar seu peso (-1, 0 ou +1), somar os três valores encontrados, algebricamente, considerando o sinal. Quando resultado for igual a -2 ou -3 (usa a iluminância inferior do grupo), quando o resultado for +2 ou +3 (usa a iluminância máxima) e usa a média para os demais casos.

Tabela 4 – Fatores determinantes da iluminância adequada.

Características da tarefa e do observador	Peso		
	-1	0	+1
Idade	Inferior a 40 anos	40 a 55 anos	Superior a 55 anos
Velocidade e precisão	Sem importância	Importante	Crítica
Refletância do fundo da tarefa	Superior a 70%	30 a 70%	Inferior a 30 %

Fonte: ABNT, NBR 5413, 1992.

Tabela 5 – Iluminâncias em lux por tipo de atividade (valores médios em serviços).

ESCOLAS			
TIPO DE ATIVIDADE	ILUMINÂNCIA EM LUX		
Salas de Aula	200	300	500
Quadros Negros	300	500	750
Salas de Trabalhos Manuais	200	300	500
Laboratórios	Geral	150	200
	Local	300	500
Anfiteatros e auditórios	Plateia	150	200
	Tribuna	300	500
Sala de Desenho	300	500	750
Sala de Reuniões	150	200	300
Salas de Educação Física	100	150	200
Costuras e Atividades semelhantes	300	500	750
Artes Culinárias	150	200	300

Fonte: ABNT, NBR 5413, 1992 (Editada pela autora, 2018).

Ainda quanto a luz natural, a norma sugere algumas formas de obtê-la por meios de aberturas zenitais ou outros elementos vasados além das janelas. No caso das janelas deve-se ter cuidado com o contraste excessivo, que provoca ofuscamento, bem como o desconforto térmico. Sugerindo o uso de persianas ou brises de tal forma que a luz do sol direta não atinja a área de trabalho. Outro aspecto abordado pela norma é que a luz natural não seja inferior a 1% no plano de trabalho a 3m da parede da janela e a 1m das paredes laterais. Para complementar a iluminância requerida para a atividade do local de trabalho deve ser utilizada a iluminação artificial suplementar.

Quanto ao índice de reprodução de cor (R_a), e aparência de cor (T_{cp}) das lâmpadas a serem utilizadas em um projeto, a norma exige que os fabricantes das lâmpada forneçam esses dados

3.2. Estudo comparativo entre a NBR e MEC

Tendo observado importante evolução histórica da iluminação, é possível perceber o quanto relevante é a iluminação natural e artificial para o ser humano. Ela influencia no bem estar, sendo determinante ao desenvolvimento e refinamento das pessoas. Um bom projeto luminotécnico na arquitetura de interiores do ambiente escolar poderá favorecer o melhor desempenho tanto dos alunos quanto dos funcionários. (SILVA, C., 2014)

A legislação educacional brasileira dispõe de documentos¹⁸ que orientam na definição dos critérios para melhor qualidade na infra-estrutura das unidades de educação infantil.

Como contribuição para a Arquitetura Escolar, temos o Grupo Ambiente-Educação (GAE), que atua principalmente no Rio de Janeiro–RJ, foi criado por pesquisadores das áreas de arquitetura, psicologia, desenvolvimento sustentável e educação, onde tem como objetivo principal incentivar a pesquisa institucional enfatizando as relações entre espaço físico, o processo pedagógico e desenvolvimento da criança. O grupo produziu um documento nacional¹⁹, a pedido da coordenação de Educação Infantil do Ministério da Educação (MEC), onde estabelece padrões norteadores de infraestrutura para edificações escolares.

A educação infantil e fundamental são tratadas nas Secções II e III da Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional (LDB), que segue a recomendação do MEC,

¹⁸ Constituição Brasileira (1988) e o Estatuto da Criança e do Adolescente (1990) estabelecem como dever do Estado, por meio dos municípios, garantia à Educação Infantil, com acesso para todas as crianças de 0 a 6 anos a creches e pré-escolas. A Lei de Diretrizes e Bases da Educação – LDB (Lei 93.94/96), define a Educação infantil como a primeira etapa da educação básica, destacando, assim, as concepções de Educação, suas políticas, práticas e processos, como precedentes às questões de infraestrutura, isto é, ao projeto, à construção e à reforma de Edificações Escolares. Nas Diretrizes Operacionais para a Educação infantil (Brasil 2000), um dos aspectos normativos tratados é quanto a Espaços Físicos e Recursos Materiais para a Educação Infantil, afirmando que os espaços físicos deverão ser coerentes com a proposta pedagógica da unidade e com normas prescritas pela legislação vigente, referentes a: localização, acesso, segurança, meio ambiente, salubridade, saneamento, higiene, tamanho, luminosidade, ventilação e temperatura, de acordo com a diversidade climática regional.

¹⁹ Padrões de Infraestrutura para o Espaço Físico Destinado à Educação Infantil

define que os projetos de iluminação e climatização devem ser pensados de forma integral e interdisciplinar afim de evitar erros e excessos que decorrem de decisões isoladas. Reconhece que um bom projeto de iluminação deve contemplar a eficiência energética da edificação, assim harmonizando tanto a iluminação natural quanto a artificial. Garantindo fundamentos básicos para um bom desempenho das tarefas visuais, destaque das cores e aparência dos objetos. A edificação deve proporcionar conforto ambiental para uma prática educacional saudável.

Atualmente, a Associação Brasileira de Normas Técnicas, através da NBR 5382 – Verificação de iluminância de interiores – e NBR, ISO/CIE 8995-1, citadas anteriormente, definem os parâmetros de iluminação nos ambientes escolares, salas de aula e diversos ambientes de trabalho.

Segundo a LDB em seu terceiro artigo, o ensino deve ser ministrado com base no pluralismo de ideias e de correntes pedagógicas. Assim, as redes de ensino têm autonomia na formação de sua organização curricular, desde que estejam de acordo com as normas previstas pelo MEC. Tem liberdade para definir sua linha pedagógica ou metodologia de ensino, e algumas escolas mesclam mais de uma corrente. Algumas dessas linhas são: tradicional, comportamentalista, construtivista, montessoriana, Waldorf entre outras.

Para alcançar o melhor desempenho dos alunos se faz necessário observar aspectos relacionados com a aprendizagem, ou seja, a edificação deve estar em conformidade com conforto ambiental, tendo um espaço saudável para atividade educacional, ressaltando dentre os sentidos, a visão, como primordial.

A sociedade atual demanda maior velocidade de raciocínio proveniente de uma evolução tecnológica. Existe maior dinamismo nas atividade e no processo de aprendizagem, que faz questionar se os projetos luminotécnicos são contemplados pelas edificações de uso escolar, bem como, se a iluminação nas escolas atende aos requisitos normatizados e ao dinamismo da vida cotidiana atual. Além do apelo estético de um mercado de lâmpadas e luminárias amplamente diversificado e competitivo.

4. ILUMINAÇÃO NO AMBIENTE ESCOLAR

O ambiente físico do edifício escolar recebe as influências sócio culturais de cada sociedade. Isso porque o ambiente escolar sofreu modificações e se transformou ao longo dos anos. Segundo Kowaltowski (2011), a evolução da arquitetura escolar está ligada a história da humanidade e teve como marco a revolução industrial, que atraiu uma nova demanda educacional. Outro fator que influenciou foi o surgimento das primeiras universidades de Paris (Collège de Sorbonne) e de Bolonha, no século XI, bem como a invenção da imprensa por Gutenberg, por volta de 1440. Além disso, para que o edifício escolar atenda da melhor forma a sua função ao qual se pretende, ele deve ser concebido levando-se em consideração tanto os aspectos de ordem arquitetônica quanto as questões sociais e suas propostas pedagógicas. É um processo multidisciplinar que envolve alunos, professores, teorias pedagógicas, áreas de conhecimento, material de apoio e a escola, como instituição e espaço físico. A atual configuração do sistema de ensino pelo Plano Nacional de Educação (PNE) e pela Lei 10.172/01, classifica as séries em educação infantil (séries da pré-escola, abrangendo até os 5 anos), ensino fundamental I (com as séries do 1º ao 5º ano e idade de 6 aos 10 anos), ensino fundamental II (com as séries do 6º ao 9º ano e idade entre 11 e 14 anos) e ensino médio (com o 1º, 2º e 3º anos), conforme **Figura 17**. Baseada nessa figura o foco dessa pesquisa será dado tanto ao comportamento dos alunos sob o olhar dos professores quanto pela própria avaliação da iluminação nas salas de aula.

Figura 17 – Novo sistema de ensino.

Novo sistema (Ensino Fundamental com duração de 9 anos)													
	Pré	1º	2º	3º	4º	5º	6º	7º	8º	9º	1º	2ª	3ª
		ano	ano	ano	ano	ano	ano	ano	ano	ano	série	série	série
Idade do aluno	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
	anos	anos	anos	anos	anos	anos	anos	anos	anos	anos	anos	anos	anos
	Educação infantil	Ensino fundamental Nível I					Ensino fundamental Nível II				Ensino médio		

Fonte: KOWALTOWSKI, 2011.

A arquitetura escolar precisa estar em conformidade tanto com o contexto cultural, quanto com a proposta pedagógica que a escola pretende adotar, para isso, deve contemplar o conforto térmico, acústico, de iluminação e da funcionalidade (KOWALTOWSKI, 2011).

Para desenvolver projetos de edifícios escolares, o arquiteto deve ter conhecimento sobre aspectos pedagógicos. Isso porque, a partir da forma como esses espaços forem definidos, poderão influenciar no conceito de ensino da escola bem como necessitar de um programa de necessidades específico para cada caso.

O clima tropical brasileiro, apresenta um grande potencial de luminosidade. Mas foi devido à crise do petróleo da década de 70 que se desencadeou uma série de discussões sobre o melhor aproveitamento de luz natural, especialmente pela economia de energia. A partir da década de 80 os projetos das escolas voltam a ser elaborados com o intuito de aproveitar da melhor forma a luz natural.

Só a partir dos anos 90 é que as pesquisas avançam para o entendimento do quanto a iluminação influencia no desempenho dos estudantes. Porém, mesmo nos dias atuais, espaços que são contemplados com a luz natural, nem sempre suprem o necessário para atender à função de determinados ambientes. Os motivos podem variar pelo clima, horário, atividades que necessitam de alta precisão ou até mesmo a arquitetura que não contemplou o benefício da luz natural, entre outros.

Na maioria das vezes para se obter a iluminação adequada à cada tipo de atividade desenvolvida no ambiente escolar, é necessário a combinação tanto da iluminação natural quanto a da artificial. No edifício escolar a sala de aula é o espaço onde se tem o maior uso, é o espaço ao qual a atividade desenvolvida demanda de ótima percepção visual.

Uma adequada estratégia de iluminação natural nas escolas deve proporcionar uma quantidade de luz suficiente onde necessário, para assegurar que não haja desconforto visual (DUDEK, 2007 apud KOWALTOWSKI 2011, p. 147).

Uma das grandes queixas dos alunos quanto à iluminação em salas de aula é a reflexão veladora, um tipo de ofuscamento que dá a sensação de que a imagem está apagada em alguns trechos do quadro-negro e que provem da radiação direta no objeto. Em uma avaliação pós-ocupacional em escolas municipais da cidade de Bauru, no Estado de São Paulo, constatou-se que, do total de alunos que responderam sobre conforto visual na sala de aula, pelo menos 13% relataram sentir os efeitos da reflexão veladora parcial (enxergam apenas um dos lados da lousa) e 2%, da reflexão veladora total (não enxergam nada na lousa por conta de ofuscamento) (PIZARRO, 2005 apud KOWALTOWSKI 2011, P. 147).

Um estudo pós ocupação realizado nas escolas da cidade de Campinas – SP verificou uma distribuição não uniforme da iluminância na maior parte das salas, com nível fora das recomendações, e condições inadequadas de manutenção das lâmpadas, sem padronização de número, independentemente do tamanho das salas de aula (GRAÇA; SCARAZZATO; KOWALTOWSKI, 2001).

Labaki e Bueno-Bartholomei (2001) citam alguns parâmetros construtivos para a análise e avaliação da qualidade de iluminação:

- Níveis de iluminação recomendados para uma tarefa visual. Esses níveis são estabelecidos pela NBR 5413²⁰ Iluminância de Interiores – Especificação, da ABNT (1992b), para cada ambiente em que se desenvolvem atividades educacionais, como salas de aula, bibliotecas, laboratórios, áreas esportivas.
- Uniformidade entre os níveis de contraste: distribuição uniforme dos níveis mínimos de iluminância pelo ambiente.
- Distância dos usuários e os objetos.
- Uso de cores nas superfícies.
- Elementos externos e internos de proteção da insolação direta: em relação à luz natural, deve se evitar o ofuscamento nos planos de trabalho, como lousas, carteiras, brinquedos e monitores de computador.
- Iluminação artificial suplementar: levar em consideração as normas e recomendações quanto à iluminância, refletância, luminância, ofuscamento, e no manual (NBPM-BHPS, 2002) traz também recomendações sobre a disposição de layout.

4.1. A qualidade da iluminação na abordagem de alguns autores

Analisar qualidade da iluminação no ambiente construído é complexo, e para tal, é necessário conhecer além de aspectos técnicos e o desempenho visual, também entender os efeitos da iluminação sobre o comportamento. Para alcançar o máximo de qualidade, os estudos de Lam apontam para a importância da interdisciplinaridade com outras ciências como a física e as ciências sociais, a psicologia, a arte e até a medicina (LAM, 1986 apud MARTAU, 2009). Martau cita que a qualidade da iluminação é um componente abordado de por alguns autores, ao qual seus aspectos têm definições variadas e vagas, porém, todas elas com o objetivo de atender às diversas necessidades do homem.

²⁰ Revogada pela NBR ISSO/CIE 8995-1, porém ainda é utilizada uma vez que a NR 17-Ergonomia 2007 ainda não foi atualizada. Conforme o Manual de Aplicação da NR 17, na página 43, tópico 17.5.3.3 os valores de iluminância observados devem ser os que constam na NBR 5413.

Ghiselli, Campbel e Zedeck (1981) consideram que nas ciências sociais a qualidade da luz é um estrutura mental que traduz uma condição intangível. a contrapartida física para uma estrutura mental não existe, mais meios indiretos como medidas de comportamento, permitem que se tenha alguma relação mensurável dessa estrutura, como respostas a escalas semânticas diferenciais e as opiniões expressas, avaliação da satisfação, conforto, julgamentos estéticos, medidas de desempenho em tarefas motoras ou cognitivas (intelectuais), observação direta de interação social ou de comportamentos individuais e exame de traços de comportamento (por exemplo, marcas de uso em carpetes) (MARTAU, 2009).

Os autores acima citados alertam que as formas usadas para avaliar a estrutura mental resultam de dados coletados, ao qual a partir de então se obtém as dimensões necessárias para atender ao objetivo que se pretende, sendo fundamental seguir uma metodologia ou modelos pré-estabelecidos para avaliação e seus respectivos procedimentos. Em Martau (2009 Cook e Campbell, 1979) asseguram que na maioria das vezes são necessárias várias dimensões para estabelecer a validade de uma estrutura mental. Já Tiller (1990) diz que a iluminação tem tantos aspectos que não se pode basear-se em simples medidas ou técnicas de medição.

O estudo feito por Martau (2009), revela o quanto a análise da qualidade da iluminação é subjetiva, uma vez que as variáveis a serem consideradas abarcam diversos fatores como: aspectos econômicos, dimensões espaciais, emocionais, saúde, segurança, diferenças individuais e efeitos estéticos. A autora descreve o modelo de Veitch e Newsham (1995 apud MARTAU 2009) o qual, consideram que através dos estudos dessas variáveis, em cada especificidade, é possível estabelecer alguns modelos compostos de fatores que devem estar presentes em uma boa iluminação.

No modelo adotado por eles a qualidade depende das condições de iluminação que causam impactos desejáveis sobre o desempenho das tarefas, saúde e comportamento dos usuários de um determinado espaço. Como o foco é o homem, a qualidade da iluminação depende tanto do espaço como do projeto de iluminação, e por ser intangível torna-se um componente, ao qual a discussão em torno desse tema é complexa. Devido a essa complexidade, para os autores a qualidade não é mensurável como comprimentos, massa ou fluxo luminoso, são hipóteses que segundo a autora é possível utilizar métodos de pesquisa das ciências do comportamento para prever os efeitos do sistema de iluminação na satisfação dos usuários.

Ainda no modelo de Veitch e Newsham (1998) após revisão bibliográfica em Wagner (1985 apud Martau 2009), conceituam a qualidade aquela que a iluminação do espaço atende aos aspectos relacionados com os usuários. A iluminação é considerada de boa qualidade quando seu sistema:

- Cria boas condições de visão;
- Permite o desempenho de tarefas ou comportamentos adequados;
- Favorece a comunicação e a interação adequadas;
- Contribui para estados de espírito apropriados;
- Proporciona boas condições para a saúde e evita efeitos prejudiciais às pessoas;
- Contribui para a apreciação estética do ambiente.

Após revisão bibliográfica de Ritter, Martau (2009) cita também o modelo de Heinrich Kramer, que o descreve através de 8 diretrizes que são:

- A luz deve orientar as pessoas e permitir que elas definam sua posição no tempo e no espaço, considerando a posição das pessoas em relação à sociedade e à sua cultura. O termo tempo considera não apenas os anos, horas e segundos, como a posição das pessoas no contexto da história e tradição;
- A luz deve ser entendida como um elemento de composição, isto é, deve estar integrada no projeto arquitetônico desde a sua concepção;
- A iluminação deve dar suporte às intenções do projeto de interiores em escolhas de formas, cores e materiais, não sobressaindo de modo independente;
- Deve criar caráter e atmosfera em um espaço que atenda às necessidades e expectativas das pessoas;
- Deve promover e permitir a comunicação entre as pessoas;
- Uma vez que iluminação deve conter uma mensagem, brilho, cor e movimento não representam mensagem ou significado, apenas referências ou associações com as experiências feitas com seus sentidos são significativas;
- Deve ser original em sua forma básica de expressão;
- Deve permitir que as pessoas vejam e reconheçam o ambiente. Para Kramer (2002), alcançar qualidade no projeto de iluminação deve considerar a ambiência do espaço, fazendo com que o usuário se sinta familiarizado com o ambiente, com o clima e as condições de iluminação natural. (RITTER 2002 apud MARTAU, 2009)

Um terceiro modelo apontado por Martau (2009) em seus estudos é extraído de Boyce (1996), Boyce e Cuttle (1998) e Cuttle (1999), esses autores consideram o conforto visual e as expectativas do usuário como os principais componentes para uma boa iluminação ao qual, atribuem suas definições com base na percepção visual,

que a depender do valor dado ao atributo, ela boa ou ruim dependendo do uso do espaço. Para esses autores, diferentemente da maioria dos modelos acima citados, a qualidade é diretamente mensurável, se conectando apenas com a iluminação, para tal define a qualidade da iluminação pela extensão que as instalações atingem ou não seus objetivos e condicionantes definidos pelos clientes e projetistas. Esses objetivos podem variar entre facilitar determinados comportamento esperados, realçar o desempenho de tarefas relevantes, gerar reações a impressões específicas, favorecer determinado padrão de comportamento, garantindo constantemente o conforto visual.

Esse último é um modelo que apresenta aspectos de grande relevância quando se observa a importância do comportamento, saúde, bem-estar, boas condições de visão. Considerando que esse trabalho visa o desempenho de alunos em sala de aula, esses fatores se adequam bem ao estudo em questão. Bem como a verificação da iluminância a partir das recomendações técnicas das normas de desempenho.

4.2. Cenário atual de iluminação em escolas.

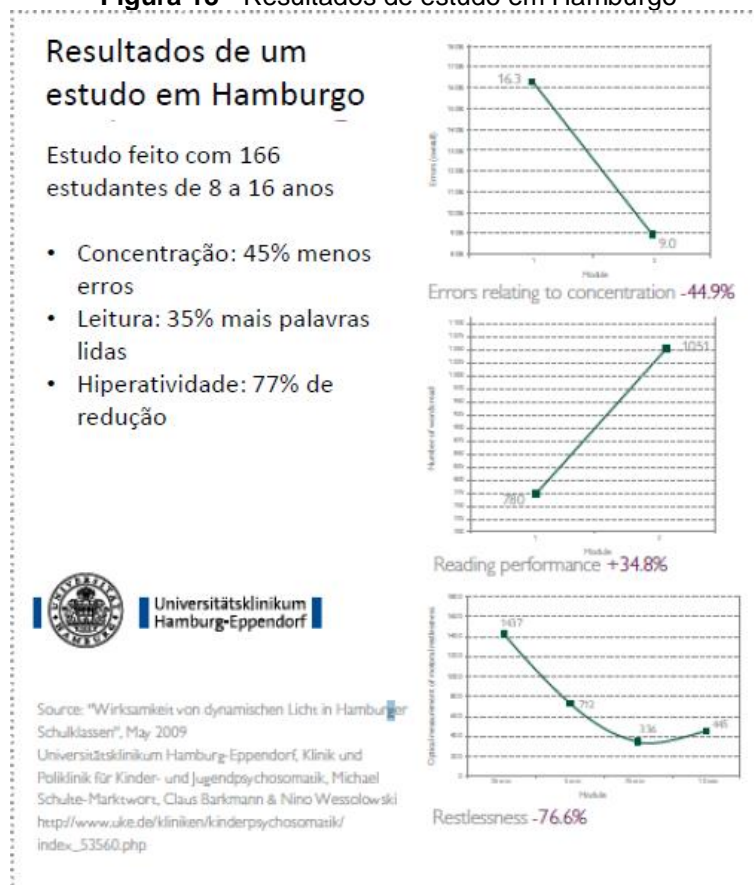
A estrutura escolar é composta por um múltiplo repertório que compõe o espaço físico de cada instituição. A iluminação na constituição do edifício escolar é de grande importância por interferir na relação ensino-aprendizagem, ou seja, colabora com a formação do indivíduo, além da saúde, bem estar como também os fatores estéticos. A edificação escolar tem a distribuição e uso dos seus ambientes em conformidade com suas funções. Mesmo que a arquitetura do edifício escolar favoreça o melhor aproveitamento da luz natural, é necessário a integração a luz natural com a artificial devido a variação da luminosidade ao longo das 24 horas do dia e a variação das estações do ano.

4.2.1. Modelos de escolas

Atualmente existe uma preocupação com a iluminação das escolas, a ponto de na Universidade de Hamburgo ser feito um estudo com 166 estudantes com idade entre 8 e 16 anos, para avaliar o comportamento dos alunos face a iluminação dos ambientes. Para a análise, foi considerada a variação da luz artificial através do nível de iluminação e da temperatura de cor. Foram determinados quatro cenários para o





estudo. Ambientes em que a iluminação provocasse nos alunos, mais energia, mais calma, ambiente normal e nível de concentração elevado (**Figuras 18-19**).

Figura 18 - Resultados de estudo em Hamburgo



Fonte: FELDMAN, 2018.

Figura 19 - Variação da luz artificial em escolas

	<p>Energia</p> <p>O Que: Nivel de iluminação mais alto, com temperatura de cor fria.</p> <p>Quando: Para dar energia para início do dia ou retorno após almoço</p>
	<p>Calmo</p> <p>O Que: Nivel de iluminação padrão, com temperatura de cor quente.</p> <p>Quando: Ajuda a acalmar uma classe que é hiperativa</p>
	<p>Normal</p> <p>O Que: Nivel de iluminação padrão, com temperatura de cor neutra.</p> <p>Quando: Classes de aula padrão</p>
	<p>Concentração</p> <p>O Que: Nivel de iluminação mais alto, com temperatura de cor fria.</p> <p>Quando: Quando for necessária concentração para uma prova</p>

Fonte: FELDMAN, 2018.

O nível de iluminação mais alto com temperatura de cor fria era usado no início do dia ou após o almoço para dar mais energia. Quando se desejou um ambiente mais calmo foi utilizado o nível de iluminação padrão com a temperatura de cor quente (exemplo em uma classe que é hiperativa). Quando o momento necessitou de comportamento normal, foi adotado o nível de iluminação padrão com a temperatura de cor neutra. E quando era necessário maior concentração (exemplo nos horários de prova), o nível de iluminação era maior com a temperatura de cor fria.

O resultado desse estudo concluiu que a concentração aumentou. Uma vez que houve redução de 45% de erros, crescimento da leitura com 35% a mais de palavras lidas e redução de 77% da hiperatividade.

Após tomar conhecimento desse estudo de Hamburgo, no qual demonstrava que por meio da luz os comportamentos inquietos em sala de aula haviam sido reduzidos, a Veldvest²¹ solicitou à Philips uma consultoria em iluminação. Em seguida iniciou o processo de estudo fazendo uso de um sistema chamado SchollVision²² em duas turmas na escola de Wintelre²³, e duas turmas na Escola Básica de Veldvest De Rank em Veldhoven. Com isso o desempenho dos alunos puderam ser comparado entre as salas com e sem a SchollVision. Obtiveram como resultado no primeiro mês de uso do sistema, o aumento de 8,7% no nível de concentração, no segundo mês esse índice subiu para 13,6% com expectativa de crescer no longo prazo.

De acordo com Santos, et al (2010), o cenário das edificações escolares no Brasil, sejam ela públicas ou privadas, independentemente de sua função, não se encontram enquadradas nos padrões técnicos exigidos para o sistema de iluminação. Na maioria das vezes apresentam baixa eficiência no aproveitamento da iluminação natural afetando a qualidade do conforto visual dos usuários, como também o uso inadequado da iluminação artificial. É comum encontrar edificações com iluminação excessiva, como também equipamentos inadequados de baixa eficiência luminosa.

Com isso foi realizado um a pesquisa acerca de análises feitas em escolas, e percebeu-se que a maior parte desses estudos, foram realizados em escolas da rede pública de ensino. Em estudo feito em escolas na cidade de Cuiabá (MT) revelam que o sistema de iluminação artificial apresentado atualmente em salas de aulas, não levam em conta a diversidade das atividades executadas nestes ambientes e muitas vezes desconsideram parâmetros importantes como: a orientação, e as atividades visuais envolvidas Santos et al (2010).

Em uma avaliação feita em escolas de Presidente Prudente (SP), Ferverença e Bartolomei (2013), constataram que há uma série de elementos e fatores que influíram negativamente nas condicionantes lumínicas dos ambientes internos. Alguns fatores

²¹ É uma fundação composta por 14 escolas primárias, uma escola para ensino primário especial, uma escola para educação especial e um ensino especial secundário. Estas escolas estão localizadas no município de Veldhoven e nas aldeias vizinhas Vessem, Steensel e Knegsel (VELDVEST, 2018b).

²² É um sistema que permite que a intensidade da luz e a cor da luz sejam ajustadas para se adaptarem à atividade a decorrer na sala de aula. O docente pode escolher entre quatro opções de iluminação: “normal”, “energia”, “foco” ou “calmo” (VELDVEST, 2018a).

²³ Wintelre é uma escola básica que faz parte da Veldvest. (VELDVEST, 2018a).

simples como a configuração espacial da sala de aula ou os elementos de controle da iluminação natural e outros complexos como exemplo da implantação da edificação e suas características; a presença ou ausência de obstruções físicas do entorno como também o sistema de iluminação artificial adotado. Estando todas as edificações fora dos padrões do conforto lumínico, onde os níveis de iluminância deveriam estar acima de 300lux e sem ofuscamento em qualquer parte do ambiente, segundo norma NBR CIE/ISSO 8955-1.

Um estudo feito em Campos Mourão (PR), Glerian (2016) constatou que o sistema empregado era insuficiente na maioria das vezes, não cumprindo com o mínimo exigido por norma. As medições foram feitas em diferentes horários, em alguns casos foi possível observar que a iluminância está acima do máximo tendo incidência direta de raios solares na sala. O sistema de iluminação artificial se encontrava com a quantidade de lâmpadas inferior, e baixa potência. Havia um alto contraste entre a cor do quadro e a parede, o que provoca distração aos usuários.

Visto que, para se obter boa qualidade de iluminação nas escolas, o projeto arquitetônico desses edifícios tanto recebe influência sócio cultural como deve atender à proposta pedagógica adotada pela escola, além disso, deve atender a todas as recomendações do conforto e ergonomia. A principal demanda para a iluminação no ambiente escolar é que esteja adequada às atividades a serem desenvolvidas em cada espaço, ao qual favorece o melhor desempenho, bem-estar, saúde e segurança dos alunos.

A iluminação é um dos itens fundamentais para que uma pessoa possa usufruir plenamente de um espaço cujas experiências visuais são predominantes. Caso ela não seja devidamente planejada, pode-se ter déficits de aprendizagens diversos, bem como alguns prejuízos à saúde. A iluminação de um ambiente poderá ser natural, artificial ou mista, distribuída uniformemente, em quantidade proporcional às atividades que serão realizadas e ao perfil dos seus usuários (SERRÃO, 2014. p.2).

Conforme os conceitos e modelos de alguns autores pesquisados, mensurar a qualidade da iluminação é algo complexo e difícil de ser analisado, tendo em vista que resultam de efeitos provocados por diversos componentes. Embora para alguns autores como Boyce (1996), Boyce e Cuttle (1998) e Cuttle (1999) a boa qualidade está condicionada ao atingimento dos objetivos previamente definidos pelos cliente e projetistas com base na percepção visual favorecendo padrões de comportamentos face ao uso do espaço.

Na pesquisa feita em modelos de escolas, percebe-se que em pais desenvolvido é importante conhecer os objetivos existe entendimento e preocupação com a iluminação e o como pode influenciar o desempenhos dos alunos. Nos modelos encontrados no Brasil essa realidade já não é a mesma. Se percebe que o sistema de iluminação não é adequado.

Para agregar informação a essa pesquisa é importante conhecer o objeto de estudo que é a iluminação em escolas, bem como, a percepção que os professores têm quanto ao comportamento dos alunos.

5. GRUPO FOCAL

Para melhor desenvolvimento do presente trabalho foi realizada uma pesquisa de campo em três escolas situadas na Região Metropolitana do Recife. Uma delas no município de Olinda e duas em Recife. Para preservar as escolas, na pesquisa elas foram nomeadas por Escola A, Escola B E Escola C.

O critério adotado para a escolha das escolas era que tivessem educação infantil ou ensino fundamental, sendo assim a escola A tem educação infantil, a escola B tem o ensino fundamental e a escola C tem a educação infantil e ensino fundamental, além do ensino médio. Nas três escolas, entrei nas salas de aula para fazer as medições e fotografar, sem que tivesse com a presença de alunos ou funcionários, para isso a avaliação foi feita fora do horário de aula.

Para a medição da iluminância foi utilizado o luxímetro Digital Lux Meter, modelo MLM-1011, marca Minipa, (**Figura 20**). As medidas do espaço foram feitas com a utilização de duas ferramentas, a Trena Laser e trena de aço. As fotografias foram registradas por celular.

Figura 20 - Luxímetro.



Fonte: MINIPA, c2016.

Para analisar o espaço quanto aos materiais e cores das superfícies foi produzido um parâmetro simplificado do coeficiente de refletância dos materiais e cores (piso, parede, teto e quadro), detalhado no **Quadro 2** já apresentado anteriormente no tópico 2.1:

- Superfície branca – 70% de reflexão
- Superfície clara – 50% de reflexão
- Superfície média – 30 % de reflexão
- Superfície escura – 10% de reflexão

O método aplicado nesta pesquisa se baseou tanto no instrumento de avaliação Mapa Comportamental de Rheingantz et al. (2009), que visa o desempenho do ambiente construído, quanto no Questionário.

O Mapa Comportamental é um instrumento para registro das observações sobre o comportamento e as atividades dos usuários em um determinado ambiente RHEINGANTZ et al. (2009).

A escolha desse método se deu pela finalidade das suas aplicações acerca da influência do ambiente construído sobre o comportamento do usuário, bem como sobre as regularidades de conduta do indivíduo.

O autor cita duas formas de observação, tanto centrada nos lugares quanto nos indivíduos. Essa pesquisa focou a observação nos indivíduos, que no caso, foram os alunos. Nos instrumentos desenvolvidos por Rheingantz et al (2009), o observador segue o indivíduo durante um período e por um determinado percurso, no entanto para essa pesquisa o observador foi o professor, um ator estratégico por conviver constantemente com os alunos em sala de aula e ter condições de informar sobre o comportamento dos alunos. Por se tratar de um espaço delimitado não foi necessário o acompanhamento em determinado percurso. Para tanto foi aplicado um questionário aos professores (**APÊNDICE A**), solicitando a atribuição de nota entre zero e cinco. Para diversos itens abordados.

Questionário é definido como um instrumento de pesquisa que contém uma série ordenada de perguntas relacionadas com um determinado assunto ou problema, que devem ser respondidas por escrito sem a presença do pesquisador. Tanto pode ser entregue pessoalmente, enviado por e-mail, ou ainda disponibilizado pela internet. (RHEINGANTZ et al, 2009. p. 79)

Sabe-se que a iluminação está presente na composição do ambiente e o conforto visual é fundamental no processo de aprendizagem do aluno. Em sala de aula as tarefas visuais são constantes, logo, o conforto influencia na produtividade e qualidade de vida do aluno. Sendo assim a pesquisa analisou individualmente cada uma das escolas todas no período da manhã à fim de posteriormente comparar os resultados obtidos.

5.1. Escola A

A escola A pertence a rede municipal de ensino, cuja grade curricular é direcionada para Educação Infantil e está situada na área urbana do Recife, no bairro do Bongi. Nessa escola foram medidas as salas de aula do Grupo I ao Grupo V (equivalente a educação infantil), com alunos de 1 a 5 anos de idade. **(Figuras 21 e 22).**

Figura 21 - Sala do grupo I



Fonte: AUTORA, 2018.

Figura 22 - Sala do grupo I



Fonte: AUTORA, 2018.

Serrão, (2014) cita o ensino infantil ser uma das etapas mais importantes na educação de um indivíduo; a qual a criança passa a ter contado com uma série de experiências sensoriais, de forma lúdica, porém, com finalidades educativas, que lhes estimularão para etapas mais complexas no futuro.

Os critérios para a medição da iluminância nas salas se deu através de dez medições em pontos diferentes: uma em frente ao quadro, três distribuídas na primeira fila de cadeiras próximas ao quadro, três na fila central e mais três na última fila. Esse método será utilizado para as três escolas analisadas.

Para as salas do Grupo I, Grupo II e Grupo III a medição foi feita de forma diferente, uma vez que nessas turmas a aulas tem dinâmica diferente, por serem crianças menores, com idade entre 1 e 3 anos. Na maior parte do tempo as atividades executadas nesses espaços são no chão, geralmente trabalham de forma circular, ocupando a sala de forma diferente e mais orgânica. Para esses espaços a medição da iluminância foi feita em sete pontos de forma circular. **(Figuras 23-26).**

Figura 23 - Sala do grupo II

Fonte: AUTORA, 2018.

Figura 24 - Sala do grupo II

Fonte: AUTORA, 2018.

Figura 25 - Sala do grupo III

Fonte: AUTORA, 2018.

Figura 26 - Sala do grupo III

Fonte: AUTORA, 2018.

Após a medição da iluminância, nos mesmos espaços, foram verificadas as medidas do ambiente, as cores, além dos materiais de revestimento utilizados no piso, na parede e no teto, e por fim verificados as quantidades de luminárias e de lâmpadas. (Tabela 6).

Tabela 6 - Variáveis da pesquisa de campo

Variáveis		Tipo de ambiente				
		Educação infantil				
		Grupo I	Grupo II	Grupo III	Grupo IV	Grupo V
Uso dado à sala		Sala de aula	Sala de aula	Sala de aula	Sala de aula	Sala de aula
Área		49m ²	45,5m ²	49,63m ²	14m ²	14m ²
Iluminância		69lux	120lux	104lux	111lux	111lux
Iluminância (segundo NBR)	Acima da norma					
	Conforme a norma					
	Abaixo da norma	X	X	X	X	X
Tipo de lâmpada		Fluorescente T8	Fluorescente T8	Fluorescente T8	Fluorescente T8	Fluorescente T8
Luminárias	Capacidade de lâmpada por luminária	2	2	2	2	2
	Quantidade	6	6	6	2	2
Quantidade de lâmpadas		10	12	10	2	2
RefleTância da superfície (branca, clara, média e escura)	Parede	Média	Média	Média	Média	Média
	Piso	Branca	Branca	Branca	Branca	Branca
	Teto	Branca	Branca	Branca	Branca	Branca
	Quadro	Branca	Branca	Branca	Branca	Branca
Janelas / Aberturas	Vidro	X	X	X		
	Madeira	X	X	X	X	X
	Cobogó				X	X

Fonte: AUTORA, 2018

Para analisar o comportamento dos alunos foi aplicado um questionário aos professores. Na pesquisa de campo da **Escola A**, os espaços analisados são destinados às salas de aula. A iluminância média coletada foi de 101 lux, as lâmpadas utilizadas são fluorescente T8 e luminárias de calha para duas lâmpadas cada. (**Figuras 27-29**).

Figura 27 - Iluminação do grupo II

Fonte: AUTORA, 2018.

Figura 28 - Iluminação do grupo III

Fonte: AUTORA, 2018.

Figura 29 - Iluminação dos grupos IV e V

Fonte: AUTORA, 2018.

Também foi verificado que a superfície de todas as paredes recebe o mesmo tipo de revestimento e cor, com coeficiente de refletância média, já o piso, teto e quadro tem refletância branca. Foi percebido ainda que três das salas analisadas tem janelas em madeira, na parte central da parede lateral, e em vidro na parte superior da parede. Uma das salas tem a abertura por cobogó (elemento vazado de concreto). As janelas de madeira têm a cor azul marinho cujo o índice de reflexão é 10%, considerado baixo, prejudicando a qualidade da iluminância nos ambientes. Os espaços que não tem boa incidência de luz natural necessitam se adequar a iluminação ideal através de projetos luminotécnicos, à fim de suprir as necessidades dos alunos.

A percepção dos professores no questionário aplicado sinalizou que os alunos se apresentam mais agitados após o intervalo do lanche e tem maior preferência pelas carteiras que recebem maior quantidade de luz. Nessa escola a nota atribuída ao

sombreamento nas superfícies de trabalho foi alta, já o ofuscamento foi baixo, com nota 4,5. Apenas a sala do grupo IV e V apresentou essa queixa, inclusive a abertura desta sala é por cobogó, situado na parede oposta ao quadro (**Figura 30**). Esse pode ser um dos fatores à provocar ofuscamento, a luz natural que entra através cobogó reflete no quadro, provocando desconforto visual.

Figura 30 - Abertura de cobogós.



Fonte: AUTORA, 2018.

5.2. Escola B

A **Escola B** também pertence a rede municipal de ensino, cuja grade curricular é direcionada para Ensino Fundamental, situada na área urbana no Recife, no bairro da Mustardinha. Nessa escola foram medidas as salas de aula do 1º ao 4º ano. (**Figuras 31 e 32**)

Figura 31 - Sala do 1º ano



Fonte: AUTORA, 2018.

Figura 32 - Sala do 4º ano



Fonte: AUTORA, 2018.

Os mesmos critérios da escola A foram utilizados, tanto para a medição da iluminância quanto para analisar sobre o comportamento e preferências dos alunos (**Tabela 7**).

Tabela 7 - Variáveis da pesquisa de campo

Variáveis		Tipo de ambiente	
		Ensino Fundamental	
		1º ano	4º ano
Uso dado à sala		Sala de aula	Sala de aula
Área		26,55m ²	43,2m ²
Iluminância		418lux	506lux
Iluminância (segundo NBR)	Acima da norma	X	X
	Conforme a norma		
	Abaixo da norma		
Tipo de lâmpada		Fluorescente T8	Fluorescente T8
Luminárias	Capacidade de lâmpada por luminária	2	2
	Quantidade	6	8
Quantidade de lâmpadas		12	16
Refletância da superfície (branca, clara, média e escura)	Parede	Branca	Branca
	Piso	Clara	Clara
	Teto	Branca	Branca
	Quadro	Branca	Branca
Janelas / Aberturas	Vidro	X	X
	Madeira		
	Cobogó	X	X

Fonte: AUTORA, 2018

Na **Escola B** o uso dos espaços analisados é destinados à salas de aula. O resultado da iluminância média dessa escola foi de 462lux, suas luminárias são de calha com capacidade para duas lâmpadas fluorescentes T8. A refletância das superfícies dessas salas foi de 70%, considerada alta por paredes e teto serem brancos, o piso tem índice de refletância de 50%, considerada clara. A janela é de vidro e possui abertura superior de cobogó.

Observou-se ausência de cortinas à fim de evitar ofuscamento pelo excesso de luz, bem como bloqueio do sol sob a superfície de trabalho. Nesta sala poderia ter sido adotado o sistema de iluminação com ascendimento individualizado, pois devido a boa incidência de luz natural não seria necessário o ascendimento das lâmpadas em período integral, ajudando a reduzir o consumo de energia. (**Figura 33-35**).

Figura 33 - Iluminação do 1º ano

Fonte: AUTORA, 2018.

Figura 34 - Iluminação do 4º ano

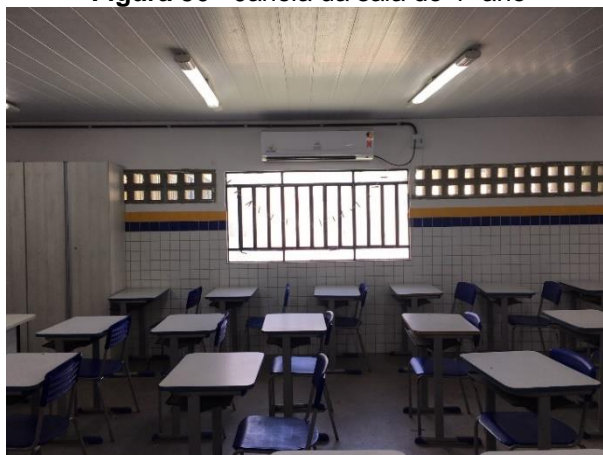
Fonte: AUTORA, 2018.

Figura 35 - Iluminação do 4º ano

Fonte: AUTORA, 2018.

Uma das salas apresentou índice de iluminância muito alto na fila de cadeiras próxima a janela, em determinado ponto chegou a medir 1150lux, demonstrando que não houve preocupação com o excesso de luz natural, no interior da sala de aula. Lida (2005 apud BRIDGER, 2003) afirma que iluminância acima de 400 lux provoca fadiga visual. Além de irritabilidade, pode potencializar o comportamento agitado dos alunos e trazer prejuízo ao desempenho escolar dos alunos. **(Figura 36)**

Figura 36 - Janela da sala do 4º ano



Fonte: AUTORA, 2018.

A nota média atribuída ao comportamento agitado dos alunos (4 antes do intervalo e 5 após o intervalo) foi alta e duas características podem estar influenciando neste resultado, além da iluminância que está acima da norma recomendada, o excesso da cor clara, que também provoca desconforto visual.

No questionário foi atribuída nota 3 para a preferência dos alunos por mesas com maior incidência de luz, que condiz com a afirmação de Lancelle (2006) sobre a capacidade humana de adaptação aos ambientes. Nesse caso, os alunos não percebem o excesso de luz no ambiente e o quanto a luz pode prejudicar o bem-estar e a saúde. Quanto ao ofuscamento, a nota média para as duas salas foi 4, já para as perguntas quanto ao sombreamento na superfície de trabalho e o sombreamento no quadro as notas atribuídas foram 2 para cada pergunta. Essas notas baixas atribuídas ao sombreamento, são reflexo da melhor incidência de luz no interior desses espaços.

5.3. Escola C

Esta escola pertence a rede particular de ensino, cuja grade curricular vai desde educação infantil ao ensino médio, localizada no Bairro de São Benedito em Olinda-PE. Nessa escola foram medidas 6 salas de aula. **(Figura 37 e 38).**

Figura 37 - Vista do pátio interno



Fonte: AUTORA, 2018.

Figura 38 - Salas do primeiro pavimento



Fonte: AUTORA, 2018.

Nessa escola a pesquisa seguiu a mesma metodologia utilizada nas demais. Viu-se que a iluminância média para as salas analisadas nessa escola foi de 90 lux para as salas. **(Tabela 8)**. As luminárias eram de calha, algumas comportavam uma lâmpada e outras duas lâmpadas fluorescentes (tipo T8). Observou-se ainda que a sala do 4º ano tinha os dois tipos das luminárias, em outras percebeu-se luminárias que comportavam duas lâmpadas subutilizadas, as quais tinham apenas uma lâmpada instalada. E outras com lâmpadas queimadas. **Figuras 39 e 40.**

Tabela 8 - Variáveis da pesquisa de campo

Variáveis		Tipo de ambiente					
		Educação infantil e Ensino Fundamental					
		Infantil I	Infantil II	4º ano	6º ano	8º ano	9º ano
Uso dado à sala		Sala de aula	Sala de aula	Sala de aula	Sala de aula	Sala de aula	Sala de aula
Área		23,1m ²	28,46m ²	39,5m ²	55,75m ²	46,56m ²	14m ²
Iluminância		54 lux	44 lux	82 lux	240 lux	52 lux	73 lux
Iluminância (segundo NBR)	Acima da norma						
	Conforme a norma						
	Abaixo da norma	X	X	X	X		X
Tipo de lâmpada		Fluorescente T8	Fluorescente T8	Fluorescente T8	Fluorescente T8	Fluorescente T8	Fluorescente T8
Luminárias	Capacidade de lâmpada por luminária	2	2	2 e 1	2	1	1
	Quantidade	4	4	4	4	4	4
Quantidade de lâmpadas		4	4	6	8	4	4
Superfície (branca, clara, média e escura)	Parede	Média	Média	Clara	Clara	Clara	Clara
	Piso	Clara	Clara	Clara	Clara	Média	Clara
	Teto	Branca	Branca	Branca	Branca	Branca	Branca
	Quadro	Branca	Branca	Branca	Branca	Branca	Branca
Janelas / Aberturas	Vidro				X	X	
	Madeira						
	Cobogó					X	X
	Vasado	X	X	X			

Fonte: AUTORA, 2018

Figura 39 - Luminárias diferentes

Fonte: AUTORA, 2018.

Figura 40 - Luminárias subutilizadas

Fonte: AUTORA, 2018.

Através da visita em campo e das fotos, foi possível visualizar que as salas de aula têm poucas janelas com aberturas para área externa, boa parte das salas possuem suas janelas voltadas para o pátio interno. A refletância das superfícies do piso, parede e teto na maioria das salas foi de aproximadamente 50%, consideradas claras, contudo se a iluminação não estiver adequada, esta variável por si só não é suficiente para alcançar conforto luminoso, e consequente aumento no desempenho escolar dos alunos. **Figura 41.**

Figura 41 - Cores das superfícies

Fonte: AUTORA, 2018.

Também foi observado que em algumas salas, a distribuição inadequada das luminárias acarretou em vários pontos de sombreamento. Para o questionário aplicado nessa escola obteve-se as seguintes notas: 4,5 para o comportamento agitado dos alunos antes do intervalo e 3 após o intervalo; 4 para a preferência dos alunos para as carteiras que recebem maior incidência de luz; quanto ao nível de concentração dos alunos no horário de avaliação, a notas foi 4 quando aplicada antes do intervalo e 2,5 quando aplicada após o intervalo; nota 3,16 para o ofuscamento provocado pela luminosidade no quadro; 3,2 foi a nota atribuída ao sombreamento nas superfícies de trabalho e nota 3,5 para o sombreamento no quadro. (**Figuras 42 e 43**).

Figura 42 – Distribuição inadequadas das luminária.

Fonte: AUTORA, 2018.

Figura 43 - Sombreamento no quadro

Fonte: AUTORA, 2018.

A iluminância baixa pode estar reduzindo o ritmo de atividade do alunos, como pôde ser verificado pela nota média atribuída ao comportamento agitado do aluno, a qual foi 4,5 antes do intervalo e 3 após. Em geral a agitação dos alunos é maior após o intervalo.

A partir desta análise *in loco* realizada com as escolas, tomou-se como diagnóstico a estreita relação existente entre iluminação e desempenho, neste caso escolar. No entanto uma comparação entre os dados coletados pode vir a trazer pequenas e significativas contribuições para o estudo luminotécnico das escolas no Grande Recife.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Essa pesquisa teve como propósito verificar a qualidade da iluminação no ambiente escolar, voltado para a educação infantil e ensino fundamental. A questão sobre a qual a pesquisa se desenvolveu foi conhecer o quanto a iluminação nas escolas está de acordo com as necessidades dos alunos e se pode influenciar seus comportamentos. O objetivo foi analisar se a iluminação nas escolas de educação infantil e ensino fundamental atende às necessidades dos alunos. Para isso, teve como objeto empírico, uma análise em três escolas na região Metropolitana do Recife, partindo da premissa que a iluminação nas escolas não atende as necessidades das crianças nem as exigências das normas, e sim ao que o mercado oferece, sem um projeto especializado.

Os estudos teóricos que deram suporte à pesquisa foram os conceitos básicos da iluminação, luz e cor, bem como as propriedades físicas da luz e suas grandezas. Com isso foi possível fazer um breve panorama à cerca do tema.

Pela complexidade que envolve os projetos luminotécnicos com qualidade, foi feito um estudo teórico sobre as necessidades humanas na iluminação, pois a partir de estudos de Barbosa (2010) e outros autores viu-se que ela interfere na fisiologia da visão, bem como afeta a saúde e o bem estar dos seres humanos. Ainda como apoio teórico foi feito um estudo das recomendações técnicas das normas ABNT juntamente com as recomendações do MEC.

A pesquisa de campo teve grande relevância, pois demonstrou as deficiências lumínicas desses espaços, as quais estão em desconformidade com a NBR, ratificando que é preciso que os gestores das escolas, bem como os profissionais de arquitetura, envolvidos nos projetos, tenham mais atenção ao planejamento da iluminação, nesses estabelecimentos, para que estejam condizentes com a especificidades de seus usuários.

Através da visita *in loco* e das fotos, foi possível constatar que as escolas não aplicam projetos luminotécnicos nas salas de aula, podendo estar comprometendo as necessidades dos alunos e o rendimento escolar. Duas escolas (A e C), apresentaram baixo índice de iluminância e foi percebido que a quantidade de lâmpadas e luminárias não estão adequadas às dimensões do espaço. Seus equipamentos não recebem a manutenção adequados como também as janelas, nem sempre são apropriadas, as quais umas são de madeira (escuras e com índice de refletância baixo) e outras estão

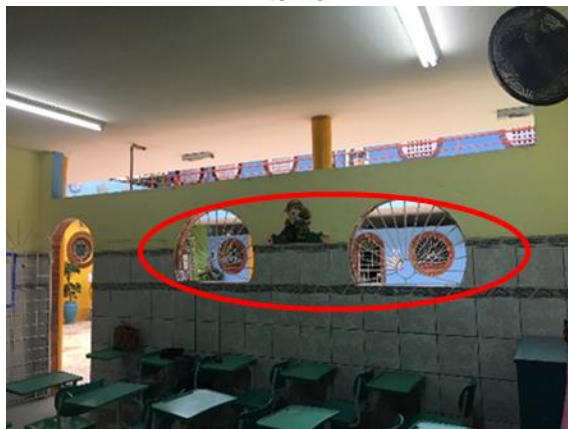
voltadas para pátios internos, que já tem a iluminação reduzida, uma vez que suas aberturas são zenitais. **Figuras 44-46.**

Figura 44 - Aberturas Zenitais do pátio interno



Fonte: AUTORA, 2018.

Figura 45 - Janelas voltadas para o pátio interno.



Fonte: AUTORA, 2018.

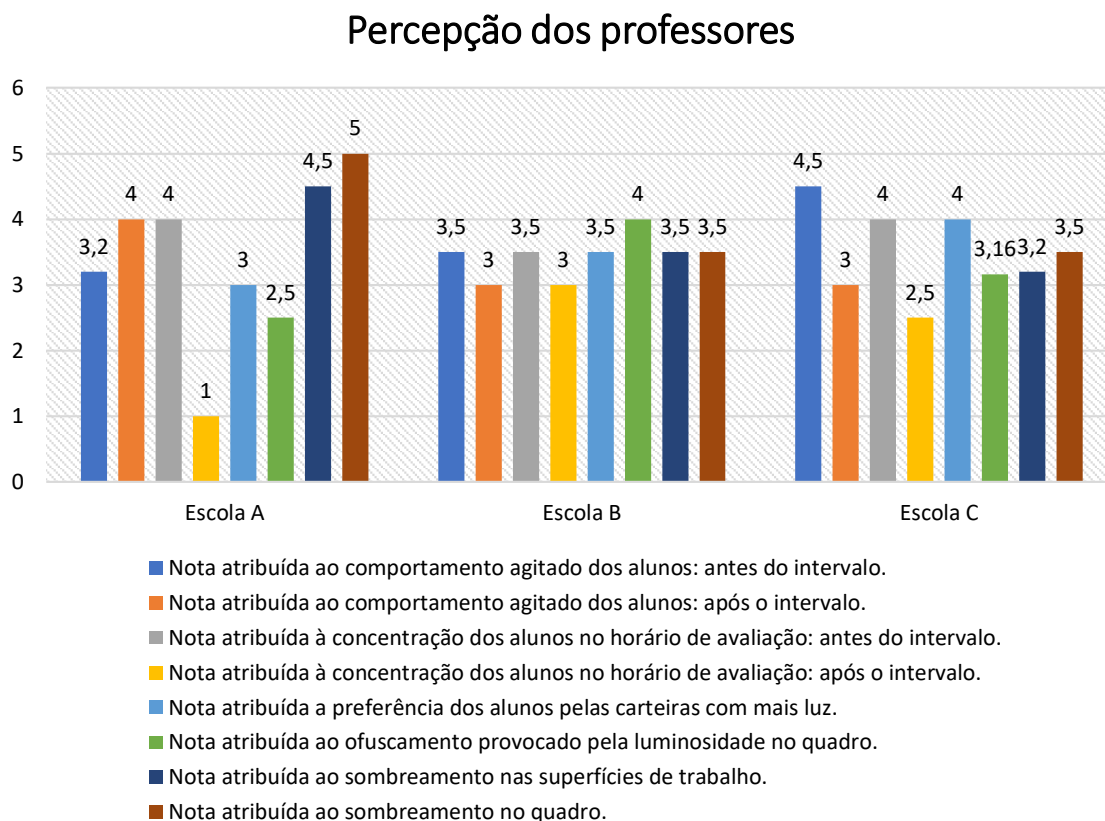
Figura 46 - Falta manutenção nos equipamentos.



Fonte: AUTORA, 2018.

Os resultados obtidos com a análise dos questionários realizados nas escolas no Grande Recife foram compatibilizados em um gráfico relacionando o comportamento dos alunos com a iluminação dos ambientes através de notas de qualificação (**Gráfico 1**).

Gráfico 1 - Análise comparativa entre percepções.



Fonte: AUTORA, 2018.

Nos resultados obtidos com o questionário percebeu-se que a escola B teve maior equilíbrio nas notas, já as escolas A e C obtiveram notas mais variáveis, como também seus índices de iluminâncias foram baixos. Foi observado que nas três escolas os professores têm percepção quanto a oscilação no comportamento dos alunos, o que sinaliza a vantagem em se utilizar um sistema de iluminação controlável, conforme recomenda a NBR ISSO/CIE 8995-1.

Uma curiosidade observada durante a pesquisa de campo foi que nas escolas da educação infantil, havia uma certa preocupação com o mobiliário, proporcional a faixa etária das crianças (alturas médias, cores e decoração nas paredes), entretanto, preocupação dada à iluminação desses ambientes, limitou-se a alguns pontos de luz distribuídos aleatoriamente no teto. (**Figuras 47 e 48**).

Figura 47 - Uso de decoração, mobiliário e cores.



Fonte: AUTORA, 2018.

Figura 48 - Uso de decoração, mobiliário e cores.



Fonte: AUTORA, 2018.

A iluminância média recomendada pela norma é 300 lux para salas de aula, podendo chegar a um máximo de 500 lux (já que esse é o índice recomendado pela para salas de leitura), entretanto os índices coletados foram de 101 lux na escola A (abaixo da norma), 462 lux na escola B (estando na média) e 90 lux na escola C.

Contudo, em algumas notas atribuídas foi percebido algumas contradições. Se comparadas ao nível de iluminância. A escola B por exemplo, atribuiu ao sombreamento nas superfícies de trabalho a nota 3,5, mas a mesma obteve a iluminância com maior qualidade. Já para a escola C as notas 3,2 quanto ao sombreamento na superfície de trabalho e 3,5 quanto ao sombreamento no quadro, poderiam ter sido maiores uma vez que a iluminância foi baixa para essa escola.

Essas contradições podem ter gerado um gráfico com margem de erro, provavelmente porque boa parte das pessoas entrevistadas e os gestores das escolas desconhecem alguns elementos fundamentais, que atribuem qualidade à iluminação. Nas conversas com os gestores, foi percebido que eles entendem a importância da iluminação para o desempenho escolar, contudo desconhecem a necessidade do componente projetual. Seria interessante uma investigação mais aprofundada sobre o desconhecimento do tema, bem como a opinião dos atores sociais na escola, que são os alunos, professores, gestores entre outros, além dos aspectos complexos e subjetivos que envolvem um sistema luminotécnico de qualidade.

REFERÊNCIAS

- AMPOST. **Analogia com o Sol**. 2016. il. color. Disponível em: <<http://ampost.com.br/2016/06/venda-de-lampadas-incandescentes-esta-proibida-no-pais-a-partir-de-hoje/>>. Acesso em: 29 nov. 2018.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ISO/CIE, NBR 8995-1**. Iluminação de ambientes de trabalho. Parte 01: Interior. Rio de Janeiro, 2013.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5382**. Verificação de Iluminância de Interiores Rio de Janeiro, 1985.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5413**. Iluminância de interiores. Rio de Janeiro, 1992.
- BARBOSA, Cláudia V. Torres. **Percepção da iluminação no espaço da arquitetura: preferências humanas de iluminação em ambientes de trabalho**. Tese de Doutorado, FAU/USP: São Paulo 2010.
- BERSON, D. M.; DUNN, F. A.; MOTAHARU. T. **Phototransduction by retinal ganglion cells that set the circadian clock**. [S.l.]: Science, v. v. 2002, 2002. p. 1070-1073, 2002. p.
- BERTOLOTI, D. **Iluminação natural em projetos de escolas: uma proposta de metodologia para melhorar a qualidade da iluminação e conservar energia**, São Paulo, 2006.
- BRIDGER, R. S. **Introduction to ergonomics**. 2ª ed. ed. London: Taylor & Francis, 2003. p. 548 p.
- BRONDANI, S. **A percepção da luz artificial no interior dos edifícios edificados**. Tese de Doutorado da UFSC. Florianópolis/SC, 2006.
- CAETANO, M. **Espectro de ondas eletromagnéticas**. c2014. il. color. Disponível em: <https://ctborracha.com/?page_id=1646>. Acesso em 09 de abril de 2018.
- COSTI, M. Iluminação em hospitais. **Lume arquitetura**, 2000.
- DUDEK, M. **Schools and kindergartens: a design manual**. Basel (Boston): Birkhäuser: [s.n.], 2007.
- FELDMAN, D. **Grandezas Luminotécnicas**. In: WORKSHOP, 2018. Recife: IPOG, 2018.

FERVENÇA, Y. S. G; BARTHOLOMEI, C. L. B. **O ambiente escolar e o conforto lumínico: avaliação em escolas públicas de Presidente Prudente.** VIII Encontro Latino Americano de Conforto no Ambiente Construído. Brasília, 2013.

FONSECA, I. et al. **Influência da iluminação no estado fisiológico e psicológico do usuário.** P. 688-696. Maceió: ENCAC – ELACAC, 2005.

GRAÇA, V. A. C. D.; SCARAZZATO, P. S.; KOWLTOWSKI, D. C. C. K. **Método Simplificado para Avaliação de Iluminação Natural em Anteprojetos de Escolas de Ensino Estadual de São Paulo.** In: ENCONTRO NACIONAL SOBRE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, VI e ENCONTRO LATINO AMERICANO SOBRE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, III. São Pedro (SP). Anais São Pedro, 2001: Anais, 2001.

IIDA, I. **Ergonomia: projeto e produção.** 2ª edição. ed. São Paulo: Blucher, 2005. p. 470 p.

INNES, M. **Iluminação no Design de Interiores.** São Paulo: Gustavo Gili, 2014.

ISAAC NEWTON. **Composição das cores.** 2014. il. color. Disponível em: <<http://isaacnewtonnewton.blogspot.com/2014/12/new-isaac-newton-teoria-das-cores.html?m=0>>. Acesso em: 2018.

KOCH et al. **A produção de melatonina é estimulada por vias noradrenérgicas estimuladas pela escuridão.** 2009. il. color. Disponível em: <<https://seucorposeutempo.wordpress.com/2016/11/18/melatonina-o-hormonio-do-escuro/>>. Acesso em: 02 jun. 2018.

KOWALTOVSKI, D. C. C. K. **Arquitetura escolar: o projeto do ambiente de ensino.** São Paulo: Oficina de Textos, 2011.

KUPPERS, H. **Fundamentos de La teoria de los colores.** Barcelona: Ed. Gustavo Gili SA, 1992.

LABAKI, L. C.; BUENO-BARTHOLOMEI, C. L. **Avaliação do conforto térmico e luminoso de prédios escolares da rede pública.** Campinas - SP. In: ENCAC - 2001, 2001, São Pedro (SP). Anais. São Pedro - (SP), 11-14 nov. 2001. 1 CD-ROM., 2001.

LAKATOS, E. M.; MARCONI, M. D. A. **Fundamentos de metodologia científica.** 6ª. ed. São Paulo: Atlas, 2009.

LANCELLE, L. **Iluminância X Luminância.** Disponível em: <http://www.lumearquitetura.com.br/pdf/ed21/21_DiscussaoAberta_Lancelle.pdf>. Acessado em: 30 mai. 2018.

MARTAU, B.; SCARAZZATO, P. **Impactos não visuais da iluminação**. X Encontro Nacional e VI Encontro Latino Americano de Conforto no Ambiente Construído. Natal/RN, 2009. p. 1357-1366.

MARTAU, B. T. **A luz além da visão: iluminação e sua relação com a saúde e bem-estar de funcionárias de lojas de rua e de shopping centers em Porto Alegre**. Campinas: UNICAMP, 2009.

MINIPA. **Luxímetro**. c2016. il. color. Disponível em: <<http://www.minipa.com.br/categoria/1/temperatura-e-ambiente/luxímetros>>. Acesso em: 29 out. 2018.

NEBLINA, **Analogia com o vagalume**. [201?]. il. color. Disponível em: <<https://www.neblina.com.br/distribuidor-lampadas-led>>. Acessado em: 09 mai. 2018.

NETO, E. P. **Cor e Iluminação nos ambientes de Trabalho**. São Paulo: Livraria Ciência e Tecnologia Editora, 1980.

NOVA ELETRÔNICA. **Tabela temperatura de cor LED**. [201?] il. color. Disponível em: <<http://blog.novaeletronica.com.br/led-cor-x-temperatura/>>. Acesso em 04 de outubro de 2018.

OLIVEIRA, A. G.; CARVALHO, R. P.; STEVANI, H. E. W. E. C. V. **Bioluminescência de fungos: distribuição, função e mecanismo de emissão de luz**, Sorocaba - SP, 2013.

OSRAM. **Manual Luminotécnico Prático**. São Paulo: o autor, 2003.

PHILIPS. **Ajudar os alunos a manterem-se concentrados**. 2018. il. color. Disponível em: <<http://www.lighting.philips.com.br/casos/cases/education/wintelre>>. Acesso em: 22 out. 2018.

_____. **Pôr a iluminação escolar à prova**. 2018. il. color, Disponível em: <<http://www.lighting.philips.com.br/casos/cases/education/schoolvision-austria>>. Acesso em: 22 out. 2018.

RHEINGANTZ, P. A. et al. **Observando a qualidade do lugar: procedimentos para a avaliação pós-ocupação**. Rio de Janeiro: UFRJ, FAU, 2009

SANTOS, F. M. M. et. al. **Análise de desempenho lumínico em ambiente escolar na cidade de Cuiabá**. XIII Encontro Latino Americano de Conforto no Ambiente Construído. Canela, 2010.

SERRÃO, H. C. A contribuição da iluminação no aprendizado infantil. **Revista Especializare On-line IPOG**, Goiânia, Vol. 01, n.009. 8ª, 2014

SILVA, M. L. S. **Luz, lâmpadas e iluminação**. Rio de Janeiro. Editora Ciência Moderna Ltda, 2004.

SILVA, C. M. C. E. A importância da iluminação no Ambiente escolar. **Revista Especializare** On-line IPOG, Goiânia - GO, Vol. 01, n. 8ª, 2014.

_____. **A luz dos novos projetos**. Rio de Janeiro: Editora Ciência Moderna Ltda, 2012.

VARGAS, Cláudia. **Os impactos da iluminação no comportamento humano: visão, cognição e comportamento**. 2009. UNICAMP. Disponível em: <http://www.iar.unicamp.br/lab/luz/ld/Arquitetural/artigos/o_impacto_da_iluminacao_n_o_comportamento_humano.pdf>. Acessado em: 09 mai. 2018.

VELDVEST. **Na vanguarda da iluminação centrada nos alunos**. 2018a. Disponível em: <<http://www.lighting.philips.com.br/casos/cases/education/jan-van-brabant-college>>. Acesso em: 24 nov. 2018

_____. **Veldvest abre seu mundo**. 2018b. Disponível em: <<https://www.veldvest.nl/>>. Acesso em: 22 out. 2018.

VIVADECORAPRO. **Conceitos luminotécnicos: lux, lumens, candelas e curva de distribuição**. 2018. il. col. Disponível em: <<https://www.vivadecora.com.br/pro/iluminacao/conceitos-luminotecnicos/>>: Acesso em: 01 jun. 2018.

APÉNDICE A – QUESTIONÁRIO REALIZADO COM OS PROFESSORES

QUESTIONÁRIO

QUESTIONÁRIO REALIZADO PARA TRABALHO DE CONCLUSÃO DO CURSO DE ARQUITETURA E URBANISMO DA FACULDADE DAMAS.

A FINALIDADE DO QUESTIONÁRIO É CONHECER E ANALISAR ATRAVÉS DA OBSERVAÇÃO DOS PROFESSORES, SE A LUZ NATURAL E ARTIFICIAL NAS ESCOLAS PODE INFLUENCIAR NO COMPORTAMENTO DOS ALUNOS.

AMBIENTE:	SÉRIE:
-----------	--------

	NOTA
QUAL NOTA DE 0 A 5 VOCÊ ATRIBUI AO COMPORTAMENTO AGITADO DOS ALUNOS? QUANTO MAIS PRÓXIMA DE 5 MAIOR SERÁ A AGITAÇÃO DOS ALUNOS.	
ANTES DO INTERVALO	
APÓS O INTERVALO	
QUAL NOTA DE 0 A 5 VOCÊ ATRIBUI A PREFERÊNCIA DOS ALUNOS PELAS CARTEIRAS QUE RECEBEM MAIOR INCIDÊNCIA DE LUZ? QUANTO MAIS PRÓXIMA DE 5 MAIOR SERÁ A PREFERÊNCIA .	
QUAL NOTA DE 0 A 5 VOCÊ ATRIBUI AO NÍVEL DE CONCENTRAÇÃO DOS ALUNOS NO HORÁRIO DE AVALIAÇÃO? QUANTO MAIS PRÓXIMA DE 5 MAIOR SERÁ A CONCENTRAÇÃO.	
ANTES DO INTERVALO	
APÓS O INTERVALO	
QUAL NOTA DE 0 A 5 VOCÊ ATRIBUI AO OFUSCAMENTO PROVOCADO PELA LUMINOSIDADE NO QUADRO? QUANTO MAIS PRÓXIMA DE 5 MAIOR SERÁ O OFUSCAMENTO..	
QUAL NOTA DE 0 A 5 VOCÊ ATRIBUI AO SOMBREAMENTO NA SUPERFÍCIE DE TRABALHO? QUANTO MAIS PRÓXIMA DE 5 MAIOR SERÁ O SOMBREAMENTO.	
QUAL NOTA DE 0 A 5 VOCÊ ATRIBUI AO SOMBREAMENTO NO QUADRO? QUANTO MAIS PRÓXIMA DE 5 MAIOR SERÁ O SOMBREAMENTO..	

OFUSCAMENTO - É A SENSAÇÃO VISUAL PRODUZIDA POR ÁREAS BRILHANTES DENTRO DO CAMPO DE VISÃO. PRESENÇA EXCESSIVA DE LUMINOSIDADE.

