

UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO
CENTRO DE ARTES - PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM
ARQUITETURA E URBANISMO

YULLI RIBEIRO MAPELLI BASILIO

**ILUMINAÇÃO NATURAL: CONTRIBUIÇÕES PARA O
PROCESSO DE PROJETO EM EDIFICAÇÕES ESCOLARES**

VITÓRIA-ES
2021

UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO
CENTRO DE ARTES - PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM
ARQUITETURA E URBANISMO

YULLI RIBEIRO MAPELLI BASILIO

**ILUMINAÇÃO NATURAL: CONTRIBUIÇÕES PARA O
PROCESSO DE PROJETO EM EDIFICAÇÕES ESCOLARES**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação do Centro de Artes da Universidade Federal do Espírito Santo, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Arquitetura e Urbanismo, na linha de pesquisa Patrimônio, Sustentabilidade e Tecnologia.

Orientadora: Prof.^a Dr.^a Andréa Coelho Laranja.

VITÓRIA-ES
2021

YULLI RIBEIRO MAPELLI BASILIO

"ILUMINAÇÃO NATURAL: CONTRIBUIÇÕES PARA O PROCESSO DE PROJETO EM EDIFICAÇÕES ESCOLARES"

Dissertação apresentada ao Programa de Pós- Graduação em Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal do Espírito Santo, como requisito final para a obtenção do grau de Mestre em Arquitetura e Urbanismo.

Aprovada em 25 de junho de 2021.

Comissão Examinadora



Prof. Dra. Andréa Coelho Laranja
(orientadora – PPGAU/UFES)



Prof. Dra. Edna Aparecida Nico Rodrigues
(membro interno – PPGAU/UFES)



Prof. Dr. Paulo Sergio Scarazzato
(membro externo – USP)



UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO

PROTOCOLO DE ASSINATURA



O documento acima foi assinado digitalmente com senha eletrônica através do Protocolo Web, conforme Portaria UFES nº 1.269 de 30/08/2018, por
EDNA APARECIDA NICO RODRIGUES - SIAPE 1173369
Departamento de Arquitetura e Urbanismo - DAU/CAR
Em 12/07/2021 às 11:00

Para verificar as assinaturas e visualizar o documento original acesse o link:
<https://api.lepisma.ufes.br/arquivos-assinados/226017?tipoArquivo=O>

UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO

PROTOCOLO DE ASSINATURA

O documento acima foi assinado digitalmente com senha eletrônica através do Protocolo Web, conforme Portaria UFES nº 1.269 de 30/08/2018, por
ANDREA COELHO LARANJA - SIAPE 2273891
Departamento de Arquitetura e Urbanismo - DAU/CAR
Em 19/07/2021 às 20:23

Para verificar as assinaturas e visualizar o documento original acesse o link:
<https://api.lepisma.ufes.br/arquivos-assinados/231443?tipoArquivo=O>

Ficha catalográfica disponibilizada pelo Sistema Integrado de Bibliotecas - SIBI/UFES e elaborada pelo autor

R484i RIBEIRO MAPELLI BASILIO, YULLI, 2502-
ILUMINAÇÃO NATURAL: CONTRIBUIÇÕES PARA O
PROCESSO DE PROJETO EM EDIFICAÇÕES ESCOLARES /
YULLI RIBEIRO MAPELLI BASILIO. - 2021.
115 f. : il.

Orientadora: ANDRÉA COELHO LARANJA.
Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) -
Universidade Federal do Espírito Santo, Centro de Artes.

1. Iluminação Natural. 2. Processo de Projeto. 3. Escolas. I.
COELHO LARANJA, ANDRÉA. II. Universidade Federal do
Espírito Santo. Centro de Artes. III. Título.

CDU: 72

AGRADECIMENTOS

Obrigada Senhor Deus por ter alimentado meu propósito de viver a experiência do mestrado. Tudo devo a Ti!

Intercedo agradecimentos:

À Andréa, minha orientadora e conselheira maravilhosa! Obrigada por ser ouvinte, respeitosa e criteriosamente apaixonada pelo que faz. Aprendi muito com você neste período e sou muito grata por tê-la em minha vida!

Aos meus pais, Josirlei e Luciene, obrigada pelo incentivo nos estudos e por me ensinarem que isso me tornaria alguém melhor.

Ao meu marido, Abel, obrigada por ter compartilhado desta experiência comigo, sempre de forma compreensiva e prestativa. Eu te amo muito!

Aos professores, Edna N. Rodrigues e Paulo S. Scarazatto, pelas contribuições acadêmicas na avaliação deste trabalho.

Aos amigos que ganhei pelo caminho e à turma do Laboratório de Planejamento e Projetos (LPP) por terem tornado a caminhada mais leve e divertida. Vocês fizeram toda a diferença!

À Claudia Miller, secretária de Projetos da Prefeitura Municipal de Vitória (PMV) pelas contribuições com a pesquisa e toda prestabilidade disponibilizada.

Aos amigos de vida que compartilharam de todo esse processo e torceram comigo para o fechamento deste ciclo.

“Amanhã eu não sei, mas hoje eu vou vencer!”

RESUMO

A utilização da luz natural nos espaços internos deve ser feita de forma cuidadosa, considerando os aspectos da luz de ordem quantitativa e qualitativa. Esta avaliação deve estar incorporada ao processo de projeto arquitetônico a fim de se obter espaços edificados mais eficientes. Vale destacar a relevância de se considerar estas questões para ambientes educacionais, podendo a luz afetar diretamente o desenvolvimento dos alunos. Desta forma, essa pesquisa tem como objetivo analisar estratégias de iluminação natural no processo de projeto de arquitetura educacional. Os procedimentos metodológicos foram segmentados em duas partes: Construção do Checklist e Construção do roteiro para entrevista. A construção e análise do checklist envolveram as categorias elencadas com base nas referências bibliográficas, simulações com o Software TropLux 7 e Velux, análise por meio da carta solar e observações in loco a partir de aplicação em ambiente existente. A construção do roteiro para a entrevista foi baseado nas categorias determinadas no checklist e por conseguinte, utilizado para analisar a inserção da iluminação natural no processo de projeto de edificações escolares pela equipe de projetos da Prefeitura Municipal de Vitória (PMV). Como principal conclusão destaca-se que os estudos da iluminação natural devem prever uma abordagem quantitativa e qualitativa. A incorporação da iluminação natural no processo de projeto arquitetônico de um espaço escolar deve ser entendida como o atendimento das categorias: desempenho luminoso no ambiente interno, eficiência energética da edificação, integração ambiente interno e externo e dinâmica da luz. Os resultados com relação à construção e análise do checklist mostraram que a categoria “Desempenho luminoso do ambiente interno”, deve abordar questões relacionadas à integração da iluminação natural no ambiente interno de maneira funcional. Na categoria “Eficiência energética da edificação”, devem ser abordadas questões relacionadas à integração da iluminação natural com a iluminação artificial, a fim de conciliar o acendimento das luminárias. Na categoria “Integração ambiente interno e externo”, devem ser abordadas questões relacionadas à integração do ambiente interno com o ambiente exterior da edificação, observando-se interferências do entorno urbano bem como do ângulo de visão externo e da volumetria da própria edificação. Na categoria “Dinâmica da Luz”, devem ser abordadas questões relacionadas aos desenhos de luz nos espaços internos, considerando áreas de cheios e vazios, luz e sombra. A análise do checklist aplicado à escola existente, confrontada com as respostas da entrevista apontam para a necessidade de incorporação de diretrizes que possam auxiliar o processo de projeto de edificações escolares com relação à inserção da iluminação natural nas quatro categorias propostas na pesquisa.

Palavras chave: Iluminação Natural. Processo de Projeto. Edificações escolares.

ABSTRACT

The use of natural light in indoor spaces must be done carefully, considering the quantitative and qualitative aspects of light. This assessment must be incorporated into the architectural design process in order to obtain more efficient built spaces. It is worth highlighting the relevance of considering these issues for educational environments, and light can directly affect students' development. Thus, this research aims to analyze daylight strategies in the educational architecture design process. The methodological procedures were divided into two parts: Construction of the Checklist and Construction of the script for the interview. The construction and analysis of the checklist involved the categories listed based on bibliographic references, simulations with the TropLux 7 and Velux Software, analysis using the solar chart and on-site observations from an application in an existing environment. The construction of the script for the interview was based on the categories determined in the checklist and, therefore, used to analyze the insertion of daylight in the design process of school buildings by the project team of the Municipality of Vitória (PMV). As a main conclusion, it is highlighted that the studies of daylight should provide a quantitative and qualitative approach. The incorporation of daylight in the architectural design process of a school space must be understood as meeting the categories: luminous performance in the internal environment, energy efficiency of the building, integration of the internal and external environment and the dynamics of the light. The results regarding the construction and analysis of the checklist showed that the category "Luminous performance of the indoor environment", should address issues related to the integration of daylight into the indoor environment in a functional way. In the "Energy efficiency of the building" category, issues related to the integration of daylight with artificial lighting must be addressed, in order to reconcile the lighting of the luminaires. In the category "Integration of internal and external environment", issues related to the integration of the internal environment with the external environment of the building must be addressed, observing interference from the urban environment as well as from the external view angle and the volume of the building itself. In the "Dynamics of Light" category, issues related to the design of light in internal spaces must be addressed, considering areas of full and empty, light and shadow. The analysis of the checklist applied to the existing school, compared to the interview responses, points to the need to incorporate guidelines that can assist the school building design process regarding the insertion of daylight in the four categories proposed in the research.

Keywords: Daylight. Design Process. School buildings.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 01 - Dia segmentado em três grandes momentos de acordo com exposição à luz	21
FIGURA 02 - Vista harmônica para o exterior com as camadas vistas de maneira equilibrada.	24
FIGURA 03 - Espectro eletromagnético da luz.....	26
FIGURA 04 - Esquema representativo da reflexão	28
FIGURA 05 - Esquema representativo da refração	28
FIGURA 06 - Iluminância (luz incidente) e Luminância (luz refletida)	29
FIGURA 07: Variáveis que interferem na iluminação do ambiente interno	32
FIGURA 08 - Esquema metodológico da pesquisa	41
FIGURA 09 - Carta solar da cidade de Vitória-ES.....	49
FIGURA 10 - Máscara de Sombra dos elementos sombreadores da sala analisada sobre carta solar de Vitória-ES.	49
FIGURA 11 - Exemplo de quadro com as Curvas Isolux para os dias de solstícios e equinócios, nos horários de 10h00 e 14h00, para os céus 3	52
FIGURA 12 - Distribuição de curvas isolux para janelas em fita.	52
FIGURA 13 -. Volumetria da edificação	54
FIGURA 14 -. Planta de circuitos elétricos da sala de aula analisada	55
FIGURA 15 -. Sala de aula com a demarcação dos pontos que serão analisados e ilustração do decaimento da iluminação a medida em que este ponto se afasta da janela.....	57
FIGURA 16 -. Sala com representação da iluminação natural no interior do compartimento	58
FIGURA 17 -. Janela de abertura do software Velux Daylight Visualizer 2	59
FIGURA 18 -. (a) Carta solar da cidade de Vitória-ES	62
FIGURA 19 -. Localização da escola na cidade de Vitória-ES.....	64
FIGURA 20 -. Carta solar com demarcação do tempo de insolação incidente na fachada; (b) Tabela com o tempo de insolação na fachada	69

FIGURA 21- Características dos materiais utilizados para acabamento no ambiente interno.....	74
FIGURA 21-b - Distribuição de curvas isolux para janelas em fita	76
FIGURA 22 -. a) Máscara de Sombra dos elementos sombreadores da sala analisada; (b) Distribuição de curvas isolux para janelas em fita	77
FIGURA 23 -. Imagem do estacionamento da edificação	80
FIGURA 24 -. Planta de circuitos elétricos da sala de aula analisada	81
FIGURA 25 - Imagem do pátio da escola com demarcação em vermelho da sala de aula analisada	85

LISTA DE TABELAS

Tabela 01: Índices de refletância das cores	50
---	----

LISTA DE QUADROS

QUADRO 01 - Categoria I a ser observada no processo de projeto com relação a iluminação natural e seus critérios correspondentes.....	44
QUADRO 02 - Categoria II a ser observada no processo de projeto com relação a iluminação natural e seus critérios correspondentes.....	45
QUADRO 03 - Categoria III a ser observada no processo de projeto com relação a iluminação natural e seus critérios correspondentes.....	46
QUADRO 04 - Categoria IV a ser observada no processo de projeto com relação a iluminação natural e seus critérios correspondentes	47
QUADRO 05 - Situações de posicionamento da superfície refletora externa .	52
QUADRO 06 - Elementos integrantes das vistas externas	55
QUADRO 07 - Elementos integrantes das vistas externas	59
QUADRO 08 - Exemplo de quadro síntese parcial do Checklist de avaliação, preenchido na APO.....	63
QUADRO 09 - . Quadro com planta de situação e demarcação do ambiente analisado, planta baixa e imagem	64
QUADRO 10 - Quadro com a estrutura do roteiro para entrevista.	66
QUADRO 11 - Critério analisado com relação à sua categoria.....	69
QUADRO 12 - Critério analisado com relação à sua categoria	70
QUADRO 13 - Critério analisado com relação à sua categoria	71
QUADRO 14 - Máscara de Sombra dos elementos sombreadores da sala analisada sobre carta solar de Vitória-ES.	71
QUADRO 15 - Critério analisado com relação à sua categoria	73
QUADRO 16 - Situações de posicionamento da superfície refletora externa .	73
QUADRO 17 - Critério analisado com relação à sua categoria	74
QUADRO 18 - Critério analisado com relação à sua categoria	75
QUADRO 19 - Curvas Isolux para os dias de solstícios e equinócios, nos horários de 10h00 e 14h00, para os céus 3,7 e 12	75
QUADRO 20 - Critério analisado com relação à sua categoria.....	77

QUADRO 21 - Critério analisado com relação à sua categoria	79
QUADRO 22 - Critério analisado com relação à sua categoria	80
QUADRO 23 - Critério analisado com relação à sua categoria.....	83
QUADRO 24 - Critério analisado com relação à sua categoria.....	84
QUADRO 25 - Análise do ângulo de visão em três pontos do compartimento interno	84
QUADRO 26 - Critério analisado com relação à sua categoria.....	85
QUADRO 27 - Critério analisado com relação à sua categoria.....	86
QUADRO 28 - Quadro com simulações dos efeitos visuais no compartimento interno	86
QUADRO 29 - Checklist para avaliação da utilização da iluminação natural no processo de projeto de edificações escolares.....	87
QUADRO 30 - Entrevista.....	108

LISTA DE GRÁFICOS

GRÁFICO 01 - Exemplo de gráfico utilizado para análise dos percentuais das UDIs.	55
GRÁFICO 02 -. Exemplo de gráfico utilizado para análise dos valores de uniformidade	56
GRÁFICO 03 -. Percentuais das UDIs para cada mês do ano, para os Céus 3, Céu 7 e Céu 12	79
GRÁFICO 04 - Uniformidade no ambiente interno para o Céu 3, Céu 7 e Céu 12	81

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas
APO - Avaliação de Pós Ocupação
CIE - International Commission on Illumination (Comissão Internacional de Iluminação).
EMEF – Escola Municipal de Ensino Fundamnetal.
IEA – Integração de Iluminação Natural
NBR 5413 – Iluminação de interiores
NBR ISO/CIE – Iluminação em Ambiente de Trabalho
PMV - Prefeitura Municipal de Vitória
SBD - Sick Building syndrome (síndrome do edifício doente)
SAD - *Seasonal Affective Disorder* (Avaliação de Pós Ocupação)
UDI *Useful Daylight Illuminances* (Iluminâncias de luz do dia úteis)

SUMÁRIO

CAPÍTULO I.....	12
1. INTRODUÇÃO.....	12
1.1 CARACTERIZAÇÃO DO PROBLEMA.....	12
1.2 JUSTIFICATIVA.....	14
1.3 OBJETIVOS.....	15
1.4 ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO.....	16
CAPÍTULO II.....	17
2. ILUMINAÇÃO NATURAL.....	17
2.1 BENEFÍCIOS BIOLÓGICOS E PSICOLÓGICOS DA LUZ NATURAL.....	17
2.2 RITMO CIRCADIANO.....	19
2.3 INTEGRAÇÃO DOS USUÁRIOS COM O MEIO EXTERNO.....	22
CAPÍTULO III.....	26
3. ESPAÇO ARQUITETÔNICO E A LUZ NATURAL.....	26
3.1 CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DA LUZ.....	26
3.2 ELEMENTOS ARQUITETÔNICOS INFLUENCIADORES DA LUZ NATURAL NO AMBIENTE CONSTRUÍDO.....	30
3.3 DINÂMICA DA LUZ NATURAL.....	32
CAPÍTULO IV.....	35
4. ILUMINAÇÃO EM ESPAÇOS EDUCACIONAIS.....	35
4.1 ILUMINAÇÃO NATURAL EM ESPAÇOS EDUCACIONAIS.....	35
4.2 REGULAMENTAÇÕES E MANUAIS QUE REGEM A UTILIZAÇÃO DA ILUMINAÇÃO NATURAL EM ESCOLAS.....	37
4.3 A ESCOLA SOB O OLHAR PEDAGÓGICO.....	40
CAPÍTULO V.....	43
5. METODOLOGIA.....	43
5.1 CONSTRUÇÃO DO CHECK LIST.....	43
5.1.1 Avaliação dos critérios do Check list.....	49
5.1.2 Descrição dos instrumentos utilizados para avaliação dos critérios	59
5.1.2.1 Simulações.....	59
5.1.2.1.1 Simulações no Velux Daylight Visualizer 2.....	59
5.1.2.1.2 Simulações no TropLux.....	60
5.1.2.1.3 Gráfico Solar.....	62
5.1.2.1.4 Observação <i>in loco</i>	62
5.1.3 Preenchimento do Checklist.....	63
5.1.4 Objeto de aplicação.....	63
5.2 CONSTRUÇÃO DO ROTEIRO PARA ENTREVISTA.....	66

CAPÍTULO VI.....	69
6. ANÁLISES DOS RESULTADOS.....	69
6.1 AVALIAÇÃO DO <i>CHECKLIST</i>	69
6.2 ANÁLISE DA ENTREVISTA.....	85
CAPÍTULO VII.....	92
CONCLUSÃO.....	92
7.1 CONCLUSÕES SUCINTAS DOS OBJETIVOS DA PESQUISA	92
7.2 RESULTADOS DA CONSTRUÇÃO E APLICAÇÃO DO CHECK LIST	93
7.3 RESULTADOS DA CONSTRUÇÃO DO ROTEIRO DA ENTREVISTA E SUA APLICAÇÃO.....	94
7.4 PRINCIPAIS CONCLUSÕES E LIMITAÇÕES DA PESQUISA	95
CAPÍTULO VIII.....	97
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	97
CAPÍTULO IX.....	97
APÊNDICES.....	107

CAPÍTULO I

1. INTRODUÇÃO

1.1 CARACTERIZAÇÃO DO PROBLEMA

A utilização da luz natural proporcionada à edificação possui enorme influência na redução dos gastos com iluminação artificial, melhorando o desempenho energético da edificação. Pode-se falar também dos benefícios biológicos e psicológicos em função da integração do ambiente interno ao externo, além da sensação de bem-estar em função dos efeitos visuais da luz. Além disto cita-se o aumento na produtividade humana em função do desempenho luminoso do ambiente.

O conforto visual, que é uma avaliação subjetiva a respeito da iluminação de um espaço e que contempla inúmeras questões, pode ser proporcionado por meio de um controle de características ambientais e de uma perfeita configuração do ambiente interno (ZAPATA GONZÁLEZ *et al.*, 2016; FARIA *et al.*, 2017). Para Yao *et al.* (2020) as pessoas naturalmente têm uma forte preferência para a iluminação proveniente da luz do dia. O Grande empenho é que ainda atualmente estas questões não são aplicadas de maneira coerente na maioria dos projetos arquitetônicos.

Albuquerque e Amorim (2012) já ressaltavam em seus estudos uma carência de conhecimento em relação às variáveis arquitetônicas que influenciam no desempenho da luz natural no espaço interno por parte de muitos projetistas. Isto pode ser constatado na abordagem da iluminação natural nas regulamentações edilícias ainda vigentes (VITÓRIA, 1998), visto raramente serem observadas medidas que demonstrem preocupação com a necessária adequação das edificações para a garantia de iluminação natural nos ambientes internos. Castro *et al.* (2015) ao abordarem sobre legislação, confirmam que estas não contemplam adequadamente as variáveis que interferem na iluminação natural dos ambientes internos.

Segundo Baker *et al.* (1993) e IEA (2000) é possível induzir os projetistas a incrementarem o uso da iluminação natural de maneira mais eficiente nas etapas projetuais da concepção dos espaços. Isto pode ser feito por meio de demonstração de possibilidades de adequações facilitadoras do acesso da iluminação natural e de instrumentos que auxiliam no processo de criação. Fonseca e Pereira (2017) confirmam que métodos simplificados de avaliação de iluminação natural são importantes ferramentas idealizadas para serem utilizadas especialmente em fases iniciais de projeto. Freewan (2015) reafirma que o processo de conscientização do

projetista quanto ao uso da iluminação natural nas fases iniciais do projeto é muito relevante, para que a incidência de luz no compartimento interno possa proporcionar perfeitas condições de trabalho aos usuários.

Neste contexto, alguns autores como Lam (1986) e Baker *et al.* (1993) já a quase duas décadas, faziam um levantamento de trabalhos a fim de reunir estudos de casos de arquiteturas exemplares na utilização da iluminação natural. Jovanovic (2014) em trabalho de análise da iluminação natural em dormitórios de instituições educacionais, mostra que a pesquisa aumentou a conscientização dos usuários sobre a importância da iluminação natural para um bom ambiente de aprendizado em termos de alcançar melhores resultados acadêmicos.

Desta forma, sendo a luz um mecanismo de extrema importância para a realização das atividades cotidianas, esta se faz essencial para ambientes educacionais, já que professores e alunos carecem de iluminação adequada para a realização das tarefas de maneira mais eficiente. Zapata González *et al.* (2016), confirmam que a luz natural pode ser um dos atributos mais importantes de um estabelecimento educacional porque dependendo de sua incorporação no projeto arquitetônico, esta pode proporcionar um alto nível de conforto visual em salas de aula.

Segundo Kowaltowski (2011), pesquisas sobre ambientes de ensino revelaram que nas salas de aula com maior contribuição de iluminação natural, os discentes apresentaram maior produtividade. Meresi (2016) reforça esta afirmação quando diz que a luz natural desempenha um papel ainda mais importante em espaços educacionais do que em qualquer outra edificação. Estudos feitos por Graça *et al.* (2007) mostram que a condição luminosa de ambientes escolares é um fator primordial, levando em consideração o quanto esta afeta a legibilidade no momento de aprendizagem. Dias (2011) reforça ainda que o uso da luz natural em salas de aula proporciona benefícios psicofisiológicos que estimulam a sensibilidade e criatividade, promovendo descanso visual e conseqüente maior produtividade. Contudo, Bortolan *et al.* (2019) ressaltam que muitas pesquisas que avaliam o conforto visual o fazem em sua maioria para ambientes de trabalho que simulam um escritório, destacando a escassez de estudos voltados para ambientes voltados ao ensino e aprendizagem.

Contudo sabe-se que a promoção da luz natural em ambientes internos está vinculada, dentre outras variáveis, diretamente às áreas de aberturas desses compartimentos, sendo elas do tipo lateral ou zenital. Porém observa-se que para

ambientes escolares, a tipologia de abertura mais usual é a lateral, tendo em vista que esta ainda proporciona uma interação visual do usuário com o meio externo. A janela favorece um efeito desestressante no ser humano que é proporcionado pela visão através dela para o meio externo (VEITCH, CHRISTOFFERSEN, GALASIU, 2013). Para Veitch *et. al.* (2013), as pessoas valorizam a visão por meio da janela e se sentem incomodadas em ambientes sem janelas. Desta forma levando em consideração a predominância e relevância deste tipo de abertura em ambientes escolares, esta pesquisa irá se concentrar em estudar apenas as variáveis que interferem em aberturas do tipo janelas e como estas são implantadas durante o processo de projeto.

Frente às questões mencionadas e tendo em vista que o potencial luminoso não é explorado de modo satisfatório na grande maioria dos espaços destinados à educação no país, a problemática desta pesquisa procura compreender esta ineficiência a fim de sugerir proposições que possam ser incorporadas ainda no processo de elaboração do projeto de forma a contemplar as potencialidades da luz natural para o ambiente interno: desempenho luminoso do ambiente, eficiência energética em função do uso da luz natural, integração do ambiente interno e externo e dinâmica da luz. Assim destaca-se o papel da arquitetura como elemento fornecedor de conforto que pode auxiliar no desempenho dos alunos em sala de aula.

1.2 JUSTIFICATIVA

Ao conceder melhores condições de iluminação natural ao ambiente interno, esta transforma o espaço promovendo áreas mais saudáveis e agradáveis para a permanência humana, além de auxiliar na redução de gastos com energia elétrica devido a utilização com menor frequência da iluminação artificial (KEELER, BURKE, 2010; MESA *et. al.*, 2011; HARB *et. al.*, 2014). Os elementos responsáveis pela incidência de luz no ambiente interno são as aberturas, que devem ser dimensionadas e locadas de forma cuidadosa para que este recurso não acarrete ganho de luz excessivo, podendo ocasionar contrastes e ofuscamento.

Para tanto, principalmente em regiões de climas tropicais, as aberturas das edificações devem explorar ao máximo os benefícios da iluminação natural otimizando seu desempenho e amenizando os inconvenientes dela, por meio de elementos externos que podem auxiliar na distribuição uniforme da iluminância no ambiente interno. Levando em consideração essas abordagens, a justificativa desta pesquisa

se dá em promover uma discussão sobre iluminação natural incorporada ao processo de projeto de edificações escolares no município de Vitória-ES, a fim de propor diretrizes que possam contribuir para a melhoria desses projetos.

Concordando com Graça *et. al.* (2007) em sua afirmação de que a condição luminosa de ambientes escolares é um fator de extrema importância para o desenvolvimento dos alunos, faz-se necessário aprofundar-se os estudos sobre o tema de modo a apresentar um material com seleção de estratégias que poderiam contribuir para otimização da distribuição de luz nos compartimentos internos. Considerando também o processo de projeto utilizado pelos profissionais para chegar ao resultado, entende-se ainda a necessidade de uma análise com relação à luz natural, eficiência energética, integração dos usuários com o meio externo e efeitos dinâmicos da luz.

Nesta perspectiva, esta pesquisa busca fornecer subsídios para auxiliar no incremento de metodologias de projeto voltadas a atender de forma qualitativa os usuários de ambientes de ensino, no quesito iluminação natural.

1.3 OBJETIVOS

O objetivo principal desta pesquisa é analisar estratégias de iluminação natural no processo de projeto de arquitetura educacional.

A pesquisa tem os seguintes objetivos específicos:

- a) Abordar os benefícios biológicos, psicológicos e melhora no desempenho do usuário, que boas condições de iluminação podem proporcionar ao ser humano;
- b) Discorrer sobre a integração dos usuários com o ambiente externo e a importância desta interação para o processo de aprendizado;
- c) Discutir efeitos visuais que a luz proporciona por intermédio das aberturas laterais;
- d) Relacionar a integração da luz natural com a iluminação artificial, garantindo maior eficiência energética à edificação.

1.4 ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO

A estruturação da dissertação compreende 8 capítulos, conforme descrito abaixo:

O **capítulo 1** refere-se à introdução da pesquisa, com a apresentação da problemática e justificativa, onde são apresentados os objetivos gerais e específicos, assim como a estruturação do trabalho.

O **capítulo 2** trata da iluminação natural e a influência direta que esta possui no ser humano, enfatizando os benefícios biológicos e psicológicos. O capítulo discorre ainda sobre “Ciclo Circadiano”, que corresponde ao relógio biológico do cérebro humano, “Integração dos usuários com o meio externo” e seus benefícios.

O **capítulo 3** aborda sobre as “Características Físicas da Luz”, “Elementos arquitetônicos influenciadores da luz natural no ambiente construído” e a respeito da “Dinâmica da Luz Natural”, debatendo os efeitos visuais de luz no ambiente interno.

O **capítulo 4** refere-se à iluminação natural em espaços educacionais e a sua relevância no processo de aprendizagem. É tratado ainda a respeito das “Regulamentações que regem a utilização da iluminação natural em escolas”.

O **capítulo 5** exhibe os procedimentos metodológicos adotados para o desenvolvimento desta pesquisa, assim como estratégias e métodos utilizados com vista a alcançar os objetivos propostos.

O **capítulo 6** expõe uma análise dos resultados dos procedimentos metodológicos. Será apresentado e discutido o preenchimento do check list realizado por meio de uma Avaliação de Pós Ocupação (APO), seguido de uma discussão sobre o resultado da entrevista aplicada com os profissionais responsáveis pelos projetos educacionais da prefeitura municipal de Vitória-ES. Por fim, haverá uma compilação desses dados a fim de indicar cuidados que devem ser tomados ao integrar a iluminação natural ao processo de projeto.

O **capítulo 7** apresenta as conclusões mais substanciais obtidas no capítulo de análise dos resultados. Além disso, será apresentado se os objetivos definidos foram alcançados, bem como a identificação de limitações da pesquisa apontadas como sugestões para trabalhos futuros.

O **capítulo 8** contempla as referências bibliográficas utilizadas durante o desenvolvimento da pesquisa.

CAPÍTULO II

2. ILUMINAÇÃO NATURAL

Este capítulo apresenta uma contextualização a respeito dos **benefícios biológicos e psicológicos da luz natural para a saúde das pessoas**. Será percorrido também a respeito do “**Ciclo Circadiano**”, que corresponde ao relógio biológico do cérebro humano, sendo influenciado diretamente pela presença ou ausência de luz repetindo-se a cada 24 horas. No outro subcapítulo será tratada a “**Integração dos usuários com o meio externo**” e os benefícios que esta integração pode proporcionar para a realização das atividades.

2.1 BENEFÍCIOS BIOLÓGICOS E PSICOLÓGICOS DA LUZ NATURAL

A luz natural é elemento de fundamental importância para a saúde e conforto humano, além ainda de ser proveniente de fonte energética inesgotável. De acordo com Bertolotti (2007) e Nascimento (2019), a luz natural interage com o ser humano afetando diretamente três grandes áreas de seu desempenho, sendo elas a visibilidade, a saúde e seu estado de espírito. Laranja (2010) confirma que a iluminação natural favorece no conforto ambiental proporcionando maior rendimento aos usuários, levando em consideração que é a fonte de luz mais próxima da resposta visual humana. Para tanto, a iluminação natural, além de influenciar diretamente no bem-estar humano, proporciona ainda uma maior qualidade visual do ambiente, reduzindo o esforço físico ocular.

De acordo com Barnabé (2008) uma adequada iluminação tem o poder de moldar e até mesmo de modificar a realidade, podendo condicionar o estado de ânimo das pessoas e a forma como estas percebem os ambientes que vivenciam. Beck *et al.* (2016) completam que a luz natural está diretamente associada às emoções subjetivas e a produtividade dos usuários, influenciando assim na maneira como as pessoas vivenciam os espaços. Dias (2011) reforça ainda que a variabilidade da luz natural no ambiente interno afasta a monotonia do espaço, levando mais dinamicidade para os ambientes internos.

Os níveis de iluminação afetam significativamente a fisiologia e a psicologia do ocupante, portanto, a luz que ilumina os espaços pelos quais o ser humano percorre, o auxilia nas atividades diárias, cativando e alimentando as sensações humanas. Plummer (1997) já confirmava esta hipótese quando diz que o homem é dotado de

um lado psíquico superior ao intelectual e que constantes variações de luminosidade podem ocasionar sensações de humor muito variadas, influenciando em toda atividade humana. Para Kulve *et al.* (2016) a ação do efeito psicológico provocado pela incidência ou ausência de luz é baseado na ligação entre a cor e a intensidade da luz e como esses aspectos podem estar associados à sensação de calor ou frio. Sendo assim, a integração das relações entre a informação visual e termofisiológica¹ são difíceis de serem compreendidas de forma completa (KURLE *et al.*, 2016).

Compreendendo a importância da disponibilidade de iluminação natural adequada aos ambientes internos, Lamberts, Dutra e Pereira (2014) relatam que o conforto visual nos ambientes internos deve ser atingido a partir de uma junção de condições em que o usuário possa realizar suas tarefas com o máximo de precisão e mínimo esforço, sem prejuízos à vista. Por este motivo, quando a luz natural é admitida no ambiente interno, esta deve ser muito bem controlada, a fim de proporcionar um melhor arranjo de distribuição de iluminação natural no ambiente interno. Segundo Bertolotti (2007), o principal efeito de más condições de iluminação com relação à saúde humana é a fadiga visual, que pode ser representada por meio de visão embaçada, lacrimejar constante, dificuldade de visão e dor de cabeça. Esses sintomas quando repetidos constantemente geram perturbações à saúde bem como redução no desempenho humano.

A luz natural pode ajudar a evitar fenômenos como a síndrome do edifício doente (Sick Building syndrome – SBS), que é associada a edifícios que utilizam na maior parte do tempo ar condicionado e iluminação artificial. Assim a luz natural pode auxiliar a evitar, em alguns indivíduos, uma condição denominada Seasonal Affective Disorder (SAD), também conhecida como “depressão de inverno”, caracterizado como uma forma particular de depressão (BAKER, 2002). Este tipo de doença é diagnosticada em pessoas que vivem em ambientes em que não há acesso de luz natural, que por vezes são climatizados e com utilização predominante de luz artificial, fatores estes que provocam mudanças drásticas de humor e comportamento. Esta doença afeta muitos indivíduos de países do hemisfério norte, principalmente no período do inverno em que a disponibilidade de luz natural é menos frequente. Neste período do ano as noites são mais longas e os dias mais curtos, e a ausência de luz

¹ Termofisiologia: Estudo ou tratado das causas e das condições de produção do calor pelos organismos vivos e das influências das variações de temperaturas nesses mesmos seres.

provoca nas pessoas sentimentos de melancolia e redução do interesse pelas atividades cotidianas, facilitando o aparecimento da depressão. Ainda de acordo com Baker (2002) as causas para a SAD, não foram devidamente confirmadas, mas algumas explicações estão baseadas em distúrbios do sistema circadiano, que tem relação direta com o tempo de exposição a luz.

Yao et al. (2020) confirmam que as pessoas naturalmente têm uma forte preferência para a iluminação proveniente da luz do dia devido a certas razões psicológicas. A iluminação natural fornece uma boa visão e uma variação interessante dos padrões de iluminação ao longo do dia. Para Albertini e Scarazzato (2015) a iluminação natural principalmente quando proveniente de uma abertura lateral, que proporciona ainda uma vista para o meio externo, pode influenciar no estado de humor das pessoas, afetando diretamente a produtividade dos usuários (ALBERTINI, SCARAZZATO, 2015). Yao et al. (2020) complementam que o contato com luz natural traz impactos não visuais positivos para o corpo, ajudando a manter uma rotina de vida mais saudável.

Outras pesquisas afirmam que a iluminação natural influencia não somente na percepção dos usuários, como também o conforto, o desempenho cognitivo ambiental, estimula a autorregulação, o comportamento, o humor e a saúde (BELLIA *et al.*, 2014; KORT e VEITCH, 2014). Para Yao *et al.* (2020) a luz tem influência na regulação química do corpo e no estado de ânimo de uma pessoa. Portanto, entendendo que a luz natural promove benefícios ao estado de ânimo e à saúde dos indivíduos, é preciso garantir que as construções forneçam aos ambientes internos a quantidade de luz natural adequada a seus usuários. Ressalta-se a relevância de criar aberturas que promovam de maneira qualitativa a entrada de iluminação natural, promovendo iluminação adequada para o ambiente interno. Dessa forma, vale destacar que o **desempenho luminoso no ambiente interno** é uma questão que deve ser contemplada durante o processo de projeto.

2.2 RITMO CIRCADIANO

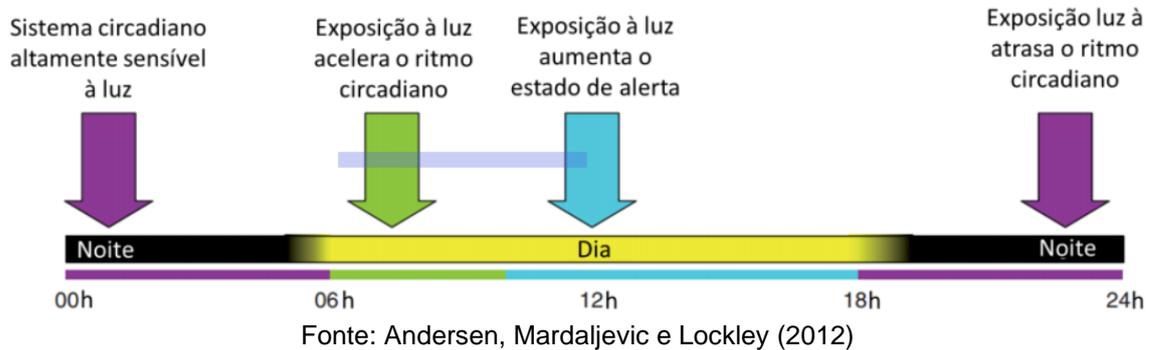
Sabe-se que a iluminação natural possui fundamental influência na otimização das atividades dos indivíduos. O ciclo que explica muito bem a relação humana com a iluminação é o “ciclo circadiano”, que vem do latim “circa diem”, que significa “cerca de um dia” (FINIMUNDI, 2012). Este ciclo nada mais é do que o “relógio” biológico do cérebro humano, que controla processos fisiológicos do corpo, repetindo-se a cada

24 horas. Para Finimundi (2012) este processo deve ser um dos aspectos iniciais a ser analisado com relação a influência da luz natural no ser humano. Trata-se de um “sistema operacional” que atua representando fisiologicamente as condições que caracterizam o dia e a noite, informando ao corpo quais as funções que devem ser adotadas em cada período.

Desta forma, de acordo com Bellia, Pedace e Barbato (2014) a duração do ciclo circadiano acontece por meio da exposição regular da luz, que é resultado de uma adaptação à vida neste planeta. Boyce (2003) completa que a exposição a luz é um forte estímulo para que o corpo sincronize o ritmo de dia-noite no intervalo de 24 horas. Quando a retina recebe o estímulo luminoso, esta o transforma em um estímulo nervoso que ocasiona a produção de hormônio melatonina. Este é o hormônio responsável pela indução do sono, que modifica o humor, a agilidade mental e até mesmo o sistema reprodutor.

De acordo com Andersen, Mardaljevic e Lockley (2012), o momento em que acontece a exposição à luz pode determinar a magnitude e a direção do efeito circadiano. Para os autores o horário de exposição deve ser analisado de forma crítica, pois vai determinar a presença ou ausência do sono, e se será benéfico ou prejudicial a exposição em determinado horário levando em consideração a atividade a ser exercida. Os autores complementam a análise com um cronograma padrão ilustrando a relevância da tomada de decisão no sistema circadiano, conforme esquematizado na Figura 01. Porém os autores ressaltam que este cronograma se aplica para pessoas que precisam de ter sua produtividade elevada durante o dia, ou para um paciente hospitalizado em recuperação de uma cirurgia, por exemplo, mas não necessariamente aplicável às enfermeiras do turno da noite que precisam trabalhar durante as horas de escuridão.

Figura 01: Dia segmentado em três grandes momentos de acordo com exposição à luz



Yao et al. (2020) destacam que um ciclo regular de exposição à luz e à escuridão é fundamental para o acionamento do sistema de temporização circadiano humano, especialmente para pessoas que passam a maior parte do dia em ambientes fechados. Antes da conscientização sobre o efeito circadiano da luz, o objetivo de promover iluminação interna era considerada apenas para favorecer mais qualidade à visão variando de acordo com a atividade a ser exercida (YAO et al., 2020). Como resultado, padrões e práticas de iluminação foram desenvolvidos para servir apenas necessidades visuais. Por exemplo, o parâmetro técnico de iluminação mais significativo que domina a determinação da iluminação no ambiente interno é a iluminação do plano de trabalho que favorece as tarefas visuais. Porém pouca atenção é dada ao estímulo da luz ao nível dos olhos, que está diretamente relacionado aos efeitos circadianos.

Toledo e Cárdenas (2015) ressaltam que devido à enorme influência do ciclo circadiano na saúde das pessoas, a previsão do impacto de uma fonte de luz é um tema de grande interesse e importância. Como a luz do dia sincroniza os ritmos circadianos dos seres humanos, em ambientes voltados ao ensino e aprendizagem, esta auxilia ainda na adaptação rápida com relação ao tempo durante o período de aula, podendo potencializar o desempenho acadêmico dos estudantes (WESSOLOWSKI et al., 2014).

Yao et al. (2020) afirmam que um marco na compreensão do mecanismo fisiológico do efeito circadiano é a descoberta das células ganglionares da retina que são fotossensíveis. Por outro lado, Yao et al. (2020) tentam estabelecer a relação entre parâmetros de design da iluminação da córnea e da luz do dia de modo a identificar a estratégia mais eficaz para maximizar a iluminação indireta da córnea em um espaço interno iluminado pela luz diurna, por meio da criação de uma fórmula

matemática. A equação proposta foi usada para estimar como a iluminação indireta da córnea pode auxiliar na performance do ciclo circadiano da luz do dia, se mostrando especialmente útil para análises rápidas do projeto em campo.

Portanto, entendendo que a luz é a responsável pelo bom funcionamento do relógio biológico, é preciso garantir que as aberturas das edificações forneçam exposição à luz natural suficiente para ativar o sistema circadiano das pessoas no interior das edificações. Sendo assim, tem-se que a luz é parte integrante do cotidiano das pessoas, afetando diretamente o desempenho em cada atividade realizada. Com isso, pode-se afirmar que os benefícios de uma iluminação adequada se fazem ainda mais relevantes quando proporcionados através da iluminação natural.

2.3 INTEGRAÇÃO DOS USUÁRIOS COM O MEIO EXTERNO

A abertura lateral do tipo janela destaca-se dentre as demais por proporcionar além da entrada de iluminação e ventilação natural, favorecer uma integração do usuário com o ambiente externo, que não se mostra, porém possível por meio de uma abertura zenital, por exemplo. Estudos já comprovavam a preferência dos usuários pela luz natural como fonte de luz principal das edificações (EDWARDS; TORCELLINI, 2002; MAYHOUB; CARTER, 2010). Para Fonseca (2015) as aberturas possibilitam além de qualidade na reprodução das cores e dinamismo aos ambientes, um contato essencial dos usuários com o meio exterior quando esta tipologia de abertura é uma janela.

Estudo de Farley e Veitch (2001) mostra que foi na década de 70 que surgiram os primeiros estudos sobre a influência das janelas no cotidiano das pessoas. Os autores complementam que as janelas oferecem às pessoas mais que fonte de luz e ventilação, possibilitando aos usuários o conhecimento da hora do dia, que alivia os sentimentos de claustrofobia e monotonia. Os autores ressaltam ainda que as pessoas valorizam a visão através da janela e se sentem incomodadas em ambientes sem elas (FARLEY, VEITCH, 2001).

Já há mais de 40 anos Stewart (1981) em estudo com crianças comprovou que elas se sentem mais atraídas pelas janelas e pela luz natural proveniente dela, o que se reflete em seu comportamento. A pesquisa demonstrou que as crianças preferem estar perto das janelas devido à quantidade de luz, à visualização da natureza e à possibilidade de ver o que acontece fora da sala. Vásquez *et al.* (2018) também em estudo com crianças em salas de aula, constataram que há uma forte preferência por

ambientes com vistas para o meio externo, principalmente quando estas proporcionam visualização para elementos da paisagem natural.

Outros estudos apresentam resultados semelhantes aos apresentados quando aplicados para indivíduos adultos, em diversas tipologias de ambiente, comprovando a relevância da visualização para o meio externo com relação à produtividade do usuário do ambiente interno (ARIES; VEITCH; NEWSHAM, 2010; BENFIELD et al., 2013; BEUTE; DE KORT, 2013; MATSUOKA, 2010). Kim et al. (2011) e Hellinga e Hordijk (2014) ressaltam a relevância de propor métodos de avaliação com relação a qualidade luminosa interna e a qualidade das vistas externas em diferentes fases do processo de projeto.

Ter vista para o exterior se faz relevante para todas as situações cotidianas, principalmente em escritórios, salas de aula e hospitais. Ulrich (1984) há cerca de 40 anos também constatou através de um estudo com dois grupos de pacientes, que pacientes hospitalizados quando têm vista de uma janela se recuperam mais rápido. O estudo foi feito em um grupo que tinha vista através da janela para uma parede cega e outro grupo com vista pela janela que dava para um jardim. A pesquisa teve como resultado que os pacientes com vista para a natureza tiveram uma melhora mais rápida com menos complicações.

Segundo Hopkinson (1980), as aberturas laterais têm como uma de suas principais funções, proporcionar a visão para o ambiente externo e permitir a penetração da luz no interior do ambiente. O autor expõe ainda que as pessoas têm preferência por desenvolver seus trabalhos em ambientes onde haja janelas, evitando locais com ausência da luz do dia, já que esses espaços podem transmitir sensações de carência e mal-estar.

Para Albertini e Scarazzato (2015) a luz natural recebida por meio de uma abertura lateral (janela), possui a característica de produzir uma ambiência inesperada, seja pela distribuição da luz no espaço, seja pela vista proporcionada através dela. Heerwagen e Orians (1986) destacam, dentre os benefícios proporcionados pelo contato com o exterior pelas aberturas: o acesso às condições de clima e hora do dia; estímulos psicológicos promovidos pela exposição do organismo às variações ambientais; alívio de sentimentos de confinamento e/ou isolamento e sensação de satisfação por poder visualizar o meio externo.

Hellinga (2013), constata que a característica mais importante da vista externa é a sua estratificação horizontal, que deve ser dividida em três camadas: uma camada

que mostra o céu, uma camada de cidade ou paisagem e uma camada de terra. Para o autor, cada uma dessas camadas tem sua própria função, sendo:

- O céu, sendo uma fonte dominante de luz, mantendo os ocupantes do edifício em contato com mudanças sazonais, horário do dia e condições do clima.

- O ponto de vista horizontal da paisagem ou da cidade dá uma quantidade maior de informações sobre o entorno.

- A visão do solo e das atividades que estão acontecendo sobre ele permite uma aproximação de caráter social e humano.

Toledo (2008, apud Fernandes, 2016) complementa que para uma vista agradável, recomenda-se um equilíbrio na proporção entre as camadas, conforme ilustra a Figura 02.

Figura 02: Vista harmônica para o exterior com as camadas vistas de maneira equilibrada.



Fonte: Ilustração de João Felix, FERNANDES (2016).

Hellinga e Hordijk (2014) por sua vez, também apresentam um método para avaliar o acesso da luz natural e a qualidade das vistas exteriores através da variação nas configurações de janelas. Os autores ressaltam que tão importante quanto considerar a avaliação da luz natural e de vistas exteriores, como é analisar as possíveis interferências na vista para exterior, como por exemplo os mecanismos e dispositivos de sombreamento de fachadas. Assim, ressalta-se a necessidade de compreensão por parte dos projetistas a respeito da relevância de proporcionar vista para o ambiente externo. Destaca-se que esta integração entre os ambientes acarreta inúmeros benefícios aos usuários do ambiente interno, proporcionando consequentemente maior produtividade.

Assim, diante do exposto, torna-se evidente a necessidade de contemplar de forma cuidadosa a iluminação natural nos ambientes internos, tendo em vista os benefícios que essa inserção vem proporcionar aos seres humanos. Destaca-se ainda o papel da iluminação natural na regulação do sistema circadiano, ressaltando a importância de se considerar luminosidade no ambiente interno. E por fim, vale destacar que a admissão da luz natural no compartimento interno torna-se ainda mais relevante quando esta é admitida por meio de uma abertura que possibilita uma visão para o meio externo, aliviando sensações relacionadas ao estresse. Desta forma entende-se que a **integração entre o ambiente interno e externo** deve ser contemplada no processo de projeto.

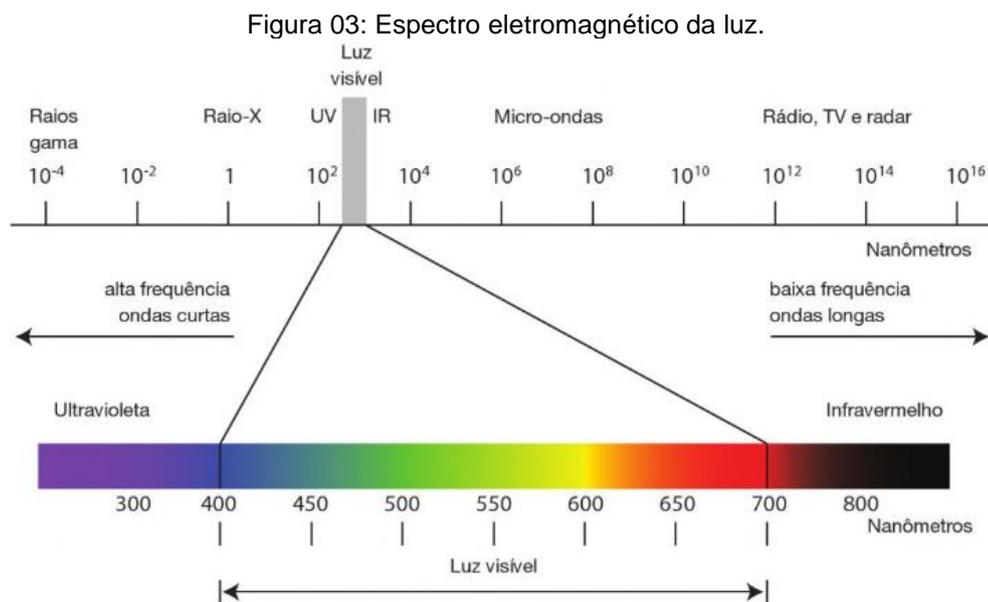
CAPÍTULO III

3. ESPAÇO ARQUITETÔNICO E A LUZ NATURAL

Neste capítulo apresenta-se uma discussão acerca das “Características físicas da luz”, seguido por uma contextualização a respeito de “Elementos arquitetônicos influenciadores da luz natural no ambiente construído”. No outro subcapítulo será abordado questões que dizem respeito à “Dinâmica da Luz Natural” que debate os efeitos de luz no ambiente interno.

3.1 CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DA LUZ

Além de estimular a visão e conseqüentemente regular os hormônios do corpo humano, a luz também afeta o indivíduo como radiação eletromagnética. O espectro eletromagnético visível compreende a parte correspondente às cores que o ser humano consegue enxergar, que são as cores do arco-íris, de acordo com Präkel (2015). Assim, o espectro solar é constituído por variados comprimentos de ondas eletromagnéticas de acordo com cada tipo de radiação, conforme mostra Figura 03.



Fonte: Präkel, 2015.

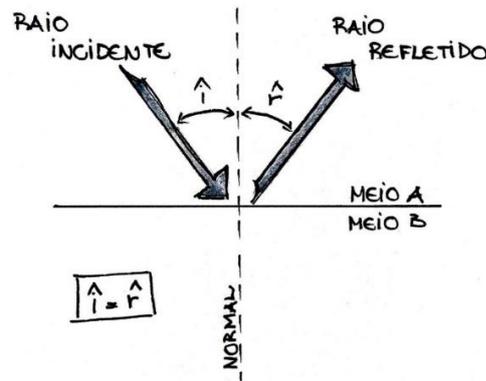
Entre as radiações existentes, tem-se a faixa correspondente à Ultravioleta, que é capaz de quebrar as ligações químicas dos tecidos biológicos. De acordo com Boyce *et al.* (2003), uma exposição contínua a essa radiação ultravioleta, constituída de ondas curtas de radiação, pode causar o envelhecimento precoce da pele e até mesmo câncer de pele. Sendo assim, a radiação direta de luz natural nos compartimentos internos deve ser tratada de forma cuidadosa.

Para Cagnin e Rocha (2019), não há como desassociar luz e cor, pois, para existir cor é necessária a existência da luz, tendo em vista que as cores provenientes da natureza são resultado da refração da luz branca nas sete cores conhecidas do espectro solar. Melchiodi e Boschi (1999) já diziam que quando uma fonte de luz incide sobre um objeto, três fenômenos diferentes podem ocorrer: reflexão, absorção e transmissão. Desta forma, a cor de um objeto é decorrente dos comprimentos de onda que ele é capaz de absorver e conseqüentemente daqueles que reflete. Os autores complementam que uma superfície branca é capaz de refletir todos os comprimentos de onda da região visível do espectro. De forma semelhante, uma superfície preta absorve todos os comprimentos de onda da região visível do espectro, não refletindo nenhum comprimento de onda na região visível.

Dentre os fenômenos associados à luz que precisam ser considerados no processo de projeto das edificações, tem-se a reflexão e a refração. De acordo com Rosa *et al.* (2013) o primeiro diz respeito à parcela de luz que incide sobre uma superfície, retornando ao seu meio de origem por meio do fenômeno denominado como reflexão. O segundo fenômeno refere-se à parcela de luz que passa de um meio para o outro, denominando o raio de luz como raio refratado.

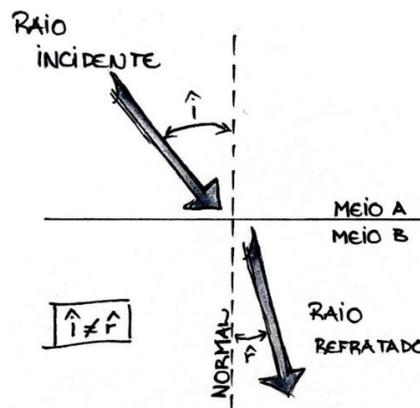
Rosa *et al.* (2013) cita que no fenômeno da reflexão, o raio incidente retorna ao meio de origem (raio refletido), respeitando o mesmo ângulo da incidência, sempre medido em relação a uma à superfície, conforme Figura 04. No que diz respeito ao fenômeno da refração, quando o raio incidente passa para o outro meio, o ângulo de refração é diferente do ângulo de incidência (FIGURA 05), exceto quando o raio incidente é perpendicular à superfície de separação entre os meios (ROSA *et al.*, 2013).

Figura 04: Esquema representativo da reflexão



Fonte: Autora. Adaptado de Rosa, 2013.

Figura 05: Esquema representativo da refração



Fonte: Autora. Adaptado de Rosa, 2013.

Em meio às grandezas fotométricas que também devem ser consideradas na avaliação da luz natural, destacam-se: Iluminância, Luminância e a presença ou ausência de Contrastes, que como consequência podem ocasionar o Ofuscamento. Sendo assim, tem-se:

Iluminância: Densidade de um fluxo luminoso recebido por uma superfície. Assim, iluminância é a quantidade de luz incidente em uma superfície por unidade de área (RUTTKAY e SOUZA, 2000). A unidade de medida é Lux (lúmen/m²), e deve ser medida no plano de trabalho, que corresponde a superfície onde um determinado tipo de trabalho será realizado. A verificação se a quantidade de iluminância diagnosticada é suficiente ou não para a tarefa a ser exercida é regida pela norma ABNT - NBR 8995-1 Iluminação de Interiores (ABNT, 2013). A norma estabelece os valores de iluminância mínimos para o plano de trabalho de acordo com a tarefa que deve ser executada nele.

Luminância: É a parcela de luz visível refletida por uma superfície, ou seja, o brilho que é possível observar a partir da incidência de luz (BERTOLOTTI, 2007). Sua unidade de medida é a candela (cd).

Sendo assim, como cada objeto possui um coeficiente de reflexão, seja ele maior ou menor de acordo com sua cor ou textura, entende-se que uma certa iluminância pode gerar diferentes percepções de luminância, conforme ilustra Figura 06 Já dizia Baker *et al.* (1993), para obter melhores resultados é necessário criar um balanceamento entre a luminância da tarefa e daquelas superfícies adjacentes ao campo de visão, a fim de evitar áreas muito escuras ou contrastes brilhosos.

Figura 06: Iluminância (luz incidente) e Luminância (luz refletida)



Fonte: Fernandes, 2016.

Contraste: É a diferença de luminâncias entre um objeto e o seu entorno. Neste caso não existe uma unidade de medida determinada. Lamberts (2004) afirma que a sensibilidade ao contraste melhora com o aumento da luminância. Para Lamberts (2004) os contrastes máximos admitidos entre as luminâncias das superfícies do campo visual se devem à algumas proporções entre tarefa visual e seu entorno imediato. É importante observar a luminância da área de tarefa e as superfícies claras e/ou escuras mais afastadas, considerando o máximo contraste no campo de visão.

Ofuscamento: Para Vianna (2003) o ofuscamento é uma consequência de contrastes excessivos de luminância que dificultam a visualização e provocam uma fadiga óptica. Não há uma unidade de medida para esta grandeza, visto que esta é uma sensação individual de para cada usuário do espaço. Normalmente o ofuscamento está relacionado à iluminância da fonte e de seu entorno, tamanho aparente da fonte de luz e seu posicionamento em relação à visão.

Portanto, entendendo a necessidade de compreender o comportamento da luz, ressalta-se a relevância de considerar a ocorrência destes fenômenos no ambiente interno decorrentes da incidência de iluminação natural.

3.2 ELEMENTOS ARQUITETÔNICOS INFLUENCIADORES DA LUZ NATURAL NO AMBIENTE CONSTRUÍDO

Vários estudos entendem a arquitetura como um filtro entre os espaços internos e externos, o que por sua vez é uma determinante para o conforto ambiental (OLGYAY, 1975; MASCARÓ & MASCARÓ, 1992; BAKER & STEEMERS, 1998; SCHMID, 2005; FERNANDES, 2009). Sendo assim, para a avaliação do desempenho e conforto visual a fim de proporcionar bem-estar ao usuário faz-se necessário a avaliação de algumas variáveis, como: clima, localização, ambiente, abertura e uso do espaço.

No que diz respeito ao clima, deve-se levar em consideração a disponibilidade de luz natural; no que diz respeito a localização, deve-se considerar a latitude, condições atmosféricas, obstruções exteriores, refletâncias externas; a respeito do próprio ambiente, observa-se a sua geometria e refletância de suas superfícies; a respeito da abertura, deve haver uma atenção especial à dimensão, localização, orientação e à presença ou ausência de sombreamento; e por fim, a respeito do uso do espaço, deve-se considerar a quantidade de luz ideal para a tarefa específica que será realizada no ambiente interno (HOPKINSON et al., 1975; MASCARÓ & MASCARÓ, 1992; BAKER & STEEMERS, 1998; LAMBERTS, DUTRA & PEREIRA, 2014).

Assim, as decisões do projeto de arquitetura precisam levar em consideração as variáveis da iluminação natural na tomada de decisões, visando evitar condições indesejadas no ambiente interno. Mascaró & Mascaró (1992), Amorim (2007a e 2007b) e Ikeda (2012) complementam que esta análise deve ser iniciada considerando as variáveis arquitetônicas que interferem na disponibilidade de luz natural. Esta análise deve iniciar a partir de uma observação macro considerando espaços, situação e implantação da edificação, entorno construído, passando pela escala do edifício, até chegar ao ambiente interno.

A iluminação natural no ambiente interno tem influência direta já a partir da determinação do formato da planta baixa do ambiente e do sistema de abertura que será implantado. A profundidade do ambiente em relação ao posicionamento desta

abertura determina ainda como acontecerá a distribuição de luz no interior do compartimento. Quando se trata de um sistema de abertura lateral do tipo janela, autores confirmam que há um decaimento da iluminação a medida em que se aumenta a profundidade do ambiente (CINTRA, 2011; CASTANHEIRA, 2012). Laranja *et al.* (2016) complementam que a iluminação natural proveniente de abertura lateral, apresenta maiores valores de iluminância nos pontos mais próximos à abertura. Assim, entende-se que a profundidade do edifício e de seus compartimentos é uma importante consideração de projeto para uma edificação quando se pretende potencializar iluminação natural nos ambientes internos (BROWN E DEKAY, 2004).

Verifica-se que conhecendo as potencialidades e os problemas de cada planta baixa, o arquiteto tem maiores possibilidades de evitar equívocos relacionados à iluminação natural. Adicionado à esta questão ainda devem ser analisadas questões relacionadas ao tamanho das aberturas e sua distribuição na fachada. Para Amorim (2007) a distribuição das aberturas nas fachadas interfere diretamente na entrada de luz (direta ou difusa), no controle solar, térmico e no consumo energético final da edificação.

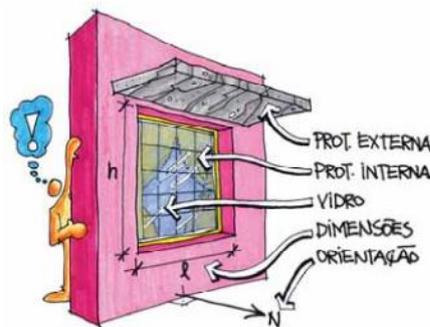
Após um posicionamento de abertura bem pensado, os arquitetos ainda têm a possibilidade de usar como estratégia para potencializar a qualidade luminosa dos ambientes internos por meio da cor das superfícies internas, altura de peitoril da janela, altura de pé direito e elementos sombreadores. Esses elementos sombreadores, também chamados de protetores solares, de acordo com Bittencourt (2004) são utilizados para barrar os raios solares sem impedir a visão e a ventilação natural, reduzindo o excesso de luminosidade nos compartimentos internos. Neto (1980) já afirmava que os protetores solares são elementos construtivos utilizados para amortecer a ação dos raios solares, de modo a permitir uma iluminação interna por reflexão, mais difusa.

Vanderlei (2019) destaca que o controle da luz natural deve ser feito por meio de elementos arquitetônicos projetados considerando a função do ambiente, o período de ocupação e orientação solar adequada, no qual estes podem potencializar a uniformidade, evitando ofuscamentos e proporcionando consequente satisfação com relação ao conforto visual. Segundo Bittencourt (2004), Baker (1993) e Amorim (2007) os protetores solares podem ser definidos e caracterizados de acordo com

suas características, podendo ser denominados como: Pórticos, varandas, beirais e marquises; Brises (horizontais ou verticais); Cobogós; e pergolados.

Conforme mencionado, o sistema ideal de iluminação natural de ambiente interno corresponde a junção de elementos condicionadores da entrada de luz no espaço. Esses elementos são resultantes da integração entre muitos fatores, que se fazem ainda mais relevantes quando se trata de uma iluminação proveniente de abertura lateral, tendo em vista evitar luminosidade excessiva nas áreas mais próximas as aberturas e baixa luminosidade nas áreas mais distantes, conforme Figura 07.

Figura 07: Variáveis que interferem na iluminação do ambiente interno.



Fonte: Lamberts; Dutra; Pereira (2014, p. 199)

Assim, deve-se compreender as variáveis que interferem no potencial luminoso do ambiente interno, iniciando uma avaliação a partir do entorno e de sua implantação. Ressalta-se a relevância de considerar todas as questões apresentadas tendo em vista que cada uma delas influencia de maneira diferente na qualidade luminosa dos espaços e favorece para a redução de gastos com iluminação artificial complementar. Desta forma entende-se que a **eficiência energética da edificação** é questão que também deve ser contemplada no processo de projeto.

3.3 DINÂMICA DA LUZ NATURAL

Além das questões relacionadas aos aspectos quantitativos da luz natural no ambiente interno, deve-se levar em consideração ainda os aspectos qualitativos, que não são mensurados por meio de análises numéricas. Esta análise qualitativa diz respeito aos efeitos visuais promovidos pelos raios luminosos. A luz natural que incide no compartimento interno pode criar áreas de sombras, efeitos de cheios e

vazios, promover a valorização de texturas, entre outras variáveis dinâmicas. Apesar da relevância destes efeitos dinâmicos, Rockcastle e Andersen (2014) destacam que existem poucas métricas de design que avaliam os impactos positivos desta variação luminosa.

Barnabé (2008) destaca que a presença de luz não é apenas para revelar os espaços, mas ainda para criar uma realidade envolvente e com mistérios. O autor complementa que a luz constrói a relação entre o espaço e a dimensão psíquica do usuário, tornando perceptível o movimento, ordenando e definindo todos os fenômenos reais. Para Leslie (2003) e Hourani e Hammad, (2012), entre os variados efeitos positivos proporcionados pela dinâmica da luz natural, destaca-se a movimentação das áreas de sombra e luz, a percepção variada das cores e as dinâmicas de reflexões dos fluxos luminosos.

Reinhart e Weissman, (2012) e Rockcastle e Andersen (2014) ao discorrerem sobre a luz natural, dão ênfase à relevância a respeito da possibilidade de mensurar a qualidade da luz natural. Ressaltam que se isso pudesse ser feito de forma objetiva e concreta, esta avaliação deveria ser posicionada junto às métricas que avaliam o conforto visual, para assim, proporcionar uma análise mais holística do desempenho da luz natural na arquitetura.

Outros autores destacam que as formas da arquitetura serão reveladas pela presença ou ausência de luz, esculpindo-a, estabelecendo relações entre a luz e os elementos arquitetônicos (ZIVI, 1998; LOBELL, 2000; PLUMMER, 2009). Estes autores complementam que o espaço, ao contrário da forma, está relacionado não apenas à visão ou aos outros cinco sentidos, mas também às sensações subjetivas que dizem respeito à emoção e sentimentalismo. A Variação das estruturas estimula o movimento por meio da alternância entre luz e as sombras, criando uma vasta experiência de percepção visual.

Vale ressaltar que os efeitos correspondentes a presença ou ausência de luz no compartimento arquitetônico interno impactam diretamente o subconsciente do usuário, podendo provocar sentimentos diversos, emocionar. Contudo, revelar o espaço por meio da luz natural cria experiências visuais ricas que transformam o ambiente e a percepção dele, enfatizando a riqueza dos elementos arquitetônicos, criando dinamicidade.

A partir do alicerce conceitual adotado neste capítulo, resalta-se a relevância da compreensão das características físicas da luz e de como elas podem potencializar

ou descaracterizar a qualidade luminosa do compartimento interno. Compreendendo estas características, fez-se necessário abordar a respeito dos elementos arquitetônicos e de como estes interfere na distribuição da luminosidade. Por fim, vale salientar que o desempenho dos ambientes não deve ser mensurado apenas de maneira quantitativa, mas contemplar uma análise mais complexa que observa ainda, os aspectos subjetivos relacionados a presença de luz, proporcionando maior dinamicidade aos espaços internos. Desta forma entende-se que a **dinâmica da luz** é questão que também deve ser contemplada no processo de projeto de ambientes internos levando em consideração os benefícios dessa dinamicidade para com a criatividade e produtividade dos usuários. Sendo assim, esta é uma questão que será avaliada no decorrer desta pesquisa.

CAPÍTULO IV

4. ILUMINAÇÃO EM ESPAÇOS EDUCACIONAIS

Este capítulo apresenta uma contextualização a respeito da relevância de se tratar adequadamente a “**Iluminação natural em espaços educacionais**”. Aborda também sobre “**Regulamentações que regem a utilização da iluminação natural em escolas**” com uma contextualização a respeito das diretrizes normativas que devem ser seguidas com relação à iluminação dos espaços internos voltados ao ensino e aprendizagem.

4.1 ILUMINAÇÃO NATURAL EM ESPAÇOS EDUCACIONAIS

A transmissão de conhecimentos e o desenvolvimento de habilidades são funções primordiais das escolas. Maxwell (2016) cita que conhecimentos e habilidades devem ser transmitidos de diversas maneiras enfatizando ainda que o ambiente físico e social possui influência direta nessa transmissão. Kremer (2002) complementa ainda que o interesse de alguns pesquisadores sobre as características dos ambientes escolares se dá devido à relação destas com o processo de aprendizado. À vista disso está o estudo da iluminação natural em edificações escolares, tema que vem sendo explorado já há algum tempo.

Na década de 70, com a crise do petróleo, a conservação de energia em projetos de escolas ganhou força, iniciando-se assim estudos mais aprofundados sobre iluminação natural em ambientes escolares (BAKER *et al.*, 1993). Baker *et al.* (1993) aponta em estudos, que na época, na Inglaterra, o princípio adotado era de que a iluminação natural de salas de aula deveria advir de uma abertura lateral, especialmente do lado esquerdo de onde estavam localizadas as cadeiras dos alunos, para que o braço utilizado para escrever (predominantemente o direito) não fizesse sombra no plano de trabalho. Os autores acrescentam que, já se determinava que a área da janela deveria corresponder a aproximadamente 20% da área do piso. Acrescentam ainda que a preocupação com a iluminação natural nas escolas e a implantação das estratégias consideradas benéficas para o aproveitamento da luz natural naquela época, fizeram surgir uma preocupação com algo nunca estudado antes: o ofuscamento. Essa descoberta se deu por meio de queixas de alunos que se sentavam em áreas mais próximas as janelas, que reclamavam de desconforto visual e térmico (BAKER *et al.*, 1993).

De acordo com Deliberador (2010) a evolução da arquitetura escolar está intimamente ligada a história da humanidade e à educação ofertada em várias fases do desenvolvimento socioeconômico dos povos. A edificação escolar pode refletir em aspectos que vão além de sua materialidade. Com o passar dos anos, percebe-se que os estudos com relação a iluminação natural de ambientes escolares obtiveram avanços, porém, ainda assim, a maioria das escolas permanecem carecendo de medidas qualitativas com relação ao aprimoramento da luz natural em seus compartimentos internos. Michael e Heracleuous (2017) ressaltam esta carência afirmando que embora o conforto visual nos edifícios educacionais seja um tema multifacetado de grande interesse, a literatura existente, ainda que obteve avanços, é bastante limitada.

Michael e Heracleuous (2017) afirmam ainda que o conforto visual no ambiente interno é um fator muito importante para a aprendizagem e é reconhecido por melhorar o processo educacional. Os autores acrescentam que diversos estudos destacam que garantir a qualidade da iluminação em um ambiente educacional é uma tarefa bastante complexa e que raramente os projetos garantem iluminação natural de maneira assertiva para todas as atividades que são realizadas neste ambiente.

Kremer (2002) completa que em ambientes escolares, onde exige-se um bom nível de iluminação, esta pode ser otimizada principalmente durante o dia, em que a luz natural poderia ser a principal responsável pela iluminação interna. Entretanto, isto não se reflete em edifícios educacionais no Brasil. Mesmo as escolas particulares, que possuem recursos próprios, não conseguem oferecer as melhores condições lumínicas para os seus alunos e professores (KREMER, 2002). Deliberador (2010) confirma esta hipótese quando diz que o que se observa em Avaliações de Pós Ocupação (APO) de ambientes escolares é que as condições de trabalho são em sua maioria insatisfatórias no quesito iluminação natural levando em consideração o que prescreve as normas brasileiras, sendo mais comuns os problemas decorrentes de ofuscamento.

Kowaltowski (2011), descreve que os principais problemas detectados em avaliações de ambientes escolares são: baixos níveis de iluminação, baixa reflexão da luz ocasionada por pinturas escuras ou paredes sujas, cortinas fechadas em condições de céu aberto (provável consequência de incidência de radiação solar direta), além de problemas de ofuscamento, que poderiam ser solucionados com dispositivos de proteção externos. De acordo com Perez e Capeluto (2009) a sala de

aula é o espaço mais importante dos edifícios escolares. É neste cômodo que os alunos passam a maior parte do tempo, por isto, pode-se crer que quando este espaço proporciona condições facilitadoras ao processo de aprendizagem, seus usuários apresentarão melhorias com relação ao conforto físico, ocular e psicológico. Dias (2011) reforça esta afirmação, quando afirma que as características físicas do espaço de ensino têm um papel fundamental no processo de aprendizagem.

Vásquez *et al.* (2018), em estudo com crianças, diagnosticaram que há uma preferência por parte dos usuários por ambientes luminosos mais claros e por elementos da paisagem natural. Os autores complementam que a preocupação com a qualidade dos ambientes escolares carece então do estudo do comportamento humano, seu desempenho e suas preferências diferentes para cada faixa etária. Para Neto e Vanderlei (2012), uma sala de aula possui uma iluminação natural satisfatória às atividades desenvolvidas no ambiente, quando esta possui uma quantidade e qualidade adequada de luz, possibilitando o desenvolvimento das tarefas visuais com fácil execução e mínimo esforço, a fim de evitar a fadiga visual.

Diante do exposto, percebe-se que a iluminação natural no ambiente escolar já é tema que vem sendo estudado há anos e continua sendo tema de discussão na atualidade. Este fato ressalta ainda a deficiência desses estudos com relação à integração da iluminação natural ainda no processo de projeto dessas edificações, tendo em vista que a qualidade desses ambientes tem muito o que evoluir. Assim, destaca-se a relevância da compreensão de toda a capacidade que tem a luz natural de colaborar com o processo de aprendizagem e principalmente da necessidade de a luz natural ser integrada, por parte dos projetistas, ainda no processo de projeto de edificações educacionais, com vistas a conferir ambientes de maior qualidade a seus usuários. A arquitetura escolar deve possibilitar conforto e auxiliar o processo de aprendizagem.

4.2 REGULAMENTAÇÕES E MANUAIS QUE REGEM A UTILIZAÇÃO DA ILUMINAÇÃO NATURAL EM ESCOLAS

No cenário atual há diversas regulamentações que dizem respeito a adequação da iluminação natural em escolas, sejam elas internacionais ou nacionais. Além do que é estabelecido por lei, há ainda manuais que direcionam os projetistas a balizar os projetos de instituições escolares com relação à iluminação natural. Dentre eles, no âmbito internacional, temos o “The National Best Practices Manual for Building High

Performance Schools”; “Washington Sustainable Schools Protocol Criteria for High-Performance Schools (2015 Edition) e Guide for Daylighting. No âmbito nacional, temos prioritariamente as normas da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), especificamente a NBR ICO/CIE 8995-1 “Iluminação de ambientes de trabalho” (ABNT, 2013), seguida de regulamentações estaduais e municipais criadas pelo próprio estado ou cidade. No caso de Vitória-ES, temos como exemplo o Caderno de Diretrizes da Prefeitura Municipal de Vitória (PMV) (DIRETRIZES, 2008).

No âmbito internacional, de acordo com o “National Best Practices Manual for Building High Performance Schools” a luz natural afeta os indivíduos, tanto conscientemente quanto o seu subconsciente. O manual apresenta diretrizes que devem ser aplicadas aos compartimentos internos escolares com relação à integração de sistemas de iluminação natural, apontando critérios de projeto que poderiam ser aplicados a fim de obter o efeito desejado. De acordo com o manual, a quantidade total de luz natural no espaço é a soma da luz do dia disponível em cada padrão individual de abertura implantado. Cada diretriz representa um sistema de entrega de luz do dia com vantagens e desvantagens inerentes. A norma estabelece ainda alguns princípios básicos de iluminação natural que fornecem orientação fundamental para a concepção de escolas diurnas, conforme enumerados a seguir:

1. Impedir a penetração direta da luz solar no ambiente interno.
2. Fornecer luz suave e uniforme em todo o espaço.
3. Evitar criar fontes de brilho.
4. Permitir que os professores controlem a luz do dia com persianas.
5. Projetar o sistema de iluminação elétrica complementar ao design de luz do dia e incentivar a máxima economia de energia por meio do uso de controles de iluminação.
6. Planejar o leiaute dos espaços interiores para aproveitar a luz do dia.

O manual “Washington Sustainable Schools Protocol” (2015), descreve critérios para se obter alta performance qualitativa em edificações escolares, considerando a iluminação natural como um dos critérios para a obtenção deste resultado. O manual ressalta que deve haver uma ligação entre o ambiente interno e o ambiente externo por meio de abertura que possibilite vistas variadas. De acordo com o manual, a luz do dia é fundamentalmente importante para o alto desempenho, do ponto de vista da preferência do aluno e do professor, devendo ser a principal fonte de iluminação nas salas de aula. Estabelece ainda critérios para simulações com

relação a luz natural nas salas de aula, colocando condições mínimas a serem constatadas para que o projeto seja de alta performance. Segundo o manual, a sala de aula deve apresentar nas simulações, iluminação média mínima correspondente à 250lux em dia de sol claro, apresentando contraste não superior a 8:1 no plano de trabalho.

No que diz respeito ao manual “Guide for Daylighting Schools” (2004), este vem tratar de todas as vertentes correspondentes à iluminação natural no espaço interno educacional. O manual expõe a relevância de considerar a orientação de implantação do edifício, posicionamento das aberturas considerando esta orientação, tipologias de aberturas e suas dimensões, e ainda da tipologia de vidro aplicada, dentre tantas demais questões. O manual destaca que as tipologias de aberturas devem considerar ainda uma manutenção reduzida e estar associada à algum elemento sombreador, podendo este ser de origem arquitetônica ou ainda ser um elemento natural, como vegetação externa. Vale destacar que o manual ressalta trata ainda da refletância das superfícies internas a fim de potencializar a distribuição uniforme da iluminação.

No âmbito nacional, a NBR ISO/CIE 8995-1 (ABNT, 2013) determina que para ocorrer uma adaptação de iluminâncias por parte dos usuários, é necessário maior nitidez na visão, permitindo a percepção com relação a variação de iluminâncias e maior eficiência das funções oculares. A norma estabelece regulamentações a serem seguidas que buscam evitar contrastes excessivos que podem ocasionar fadiga visual, assim como iluminância reduzida, que podem gerar um ambiente sem estímulo e baixa produtividade. A fim de garantir iluminação adequada aos ambientes internos, a NBR ISO/CIE 8995-1 (ABNT, 2013) determina que as salas de aula devam garantir iluminância mínima correspondente a 300 lux. A norma destaca, porém, que as áreas de leitura devem apresentar pelo menos 500 lux. Sendo assim, vale-se considerar que o plano de trabalho (mesa de estudo) apresente minimamente 500 lux e as áreas adjacentes à ele, possam ter uma redução desta luminosidade chegando no mínimo à 300 lux.

No âmbito municipal, de acordo com Caderno de Diretrizes da Prefeitura Municipal de Vitória (PMV) (DIRETRIZES, 2008) as salas de aula de escolas da rede municipal devem ter entrada de luz natural somente por abertura unilateral esquerda, possuindo área de abertura correspondente minimamente à 1/6 da área do piso. O caderno estabelece ainda que as salas de aula apresentem nível de iluminação entre

250 e 500 lux. Contudo, são variadas as maneiras de analisar qualitativamente a iluminação natural no ambiente interno, seguindo regulamentações distintas. Vale destacar que esta pesquisa se concentrará em levar em consideração as regulamentações nacionais, dando ênfase para a NBR ISO/CIE 8995-1 (ABNT, 2013).

Assim, diante do exposto, este capítulo destaca-se por apresentar a relevância de se tratar adequadamente a iluminação natural em espaços escolares e as regulamentações que regem a quantidade de luz disponível nestes ambientes. Deve-se compreender, portanto, a luz como elemento determinante para o rendimento humano, propiciando um ambiente mais favorável ao processo de aprendizagem. Contudo, a admissão da luz natural em ambientes internos de sala de aula deve ser baseada em diretrizes que possibilitam conforto, satisfazendo aspectos quantitativos e qualitativos para as atividades de ensino e aprendizagem.

4.3 A ESCOLA SOB O OLHAR PEDAGÓGICO

Espaços escolares são ambientes que abrigam pessoas em formação. Um estudante de ensino fundamental passará pelo menos nove anos de sua vida em um espaço escolar. Sua formação intelectual e moral dependerá bastante do contato que terá com o ambiente escolar, professores, colegas, dentre outros. Neste sentido muitos autores evidenciam a importância das questões pedagógicas na formação intelectual e do caráter de um ser humano. Carvalho (2008) descreve que o caminho para a construção de espaços escolares de qualidade deve ser compatível com os aspectos pedagógicos e com as necessidades do mundo contemporâneo.

Outros autores abordam sobre o sistema organizacional dos espaços escolares e sua influência nos estudantes. Martins (2020) relata por exemplo que este influencia significativamente no processo de socialização e aprendizagem dos alunos, visto que o sistema organizacional possibilita a interação com múltiplas disposições de pensamento, sentimento e ação. Cabe (2004, apud KOWALTOWSKI, 2011) por sua vez enfatiza os trabalhos de equipes interdisciplinares na criação de escolas, apontando os aspectos positivos que estes apresentam. Para Kanitz (2013), o método de ensino também é uma questão que precisa ser revista. O autor completa enfatizando que o mundo está em constantes mudanças, evidenciando que ensinar fatos e teorias utilizando métodos antigos, torna-se contraproducente.

Já Kowaltowski (2011) relata que muitas das escolas que possuem uma arquitetura considerada de qualidade, tiveram a elaboração de seus projetos levando em consideração a visão da comunidade em relação à educação. A autora complementa que a discussão deve ter seu foco não apenas no edifício, mas também na forma como a população enxerga a educação, dando origem a um processo participativo entre projetistas, comunidade e educadores.

Neste sentido é importante relatar as experiências positivas observadas em outras localidades, como é o caso da Finlândia. Wickstrom (2019) relata a experiência educacional na Finlândia apontando que a “chave” do sucesso educacional não está somente no espaço ou no material, mas no investimento na formação de professores. O autor ressalta a relevância de estimular nos alunos o desenvolvimento de habilidades que possam colaborar para o desenvolvimento da nação para o futuro.

Por outro lado é inegável o fato de que a configuração arquitetônica dos espaços exerce influência em seus usuários, podendo causar sensações positivas ou negativas. Essas implicações acontecem de maneira diferenciada de pessoa para pessoa, notando-se ainda que o ambiente interfere nas interações sociais que acontecem entre os usuários do ambiente interno (KAUP; KIM; DUDEK, 2013; CHAN; RICHARDSON, 2005). Essas questões precisam ser tratadas com maior cuidado principalmente quando se trata de edificações escolares. Sarmiento e Canuto (2020) evidenciam a importância do papel exercido pelo ambiente escolar no desempenho dos estudantes.

Assim, entende-se que o sucesso de uma edificação escolar está na união de diversos aspectos considerando áreas que vão além da arquitetura. Para Samad e MacMillan (2005) e Kowaltowski (2011) o processo de criação do projeto deve ser uma articulação de valores, onde os arquitetos deveriam levar em consideração as crenças, filosofias e ideologias da comunidade, que são a razão para a construção do edifício. Samad e MacMillan (2005) complementam que muitos desses valores são difíceis de serem identificados, porque são valores subjetivos, porém essenciais para a produção de uma arquitetura de qualidade. Portanto, cabe ressaltar a necessidade de um estudo amplo e interdisciplinar com relação à influência do espaço construído no processo de aprendizagem do aluno, ressaltando que esse estudo deve ser incorporado durante o processo de projeto dessas edificações.

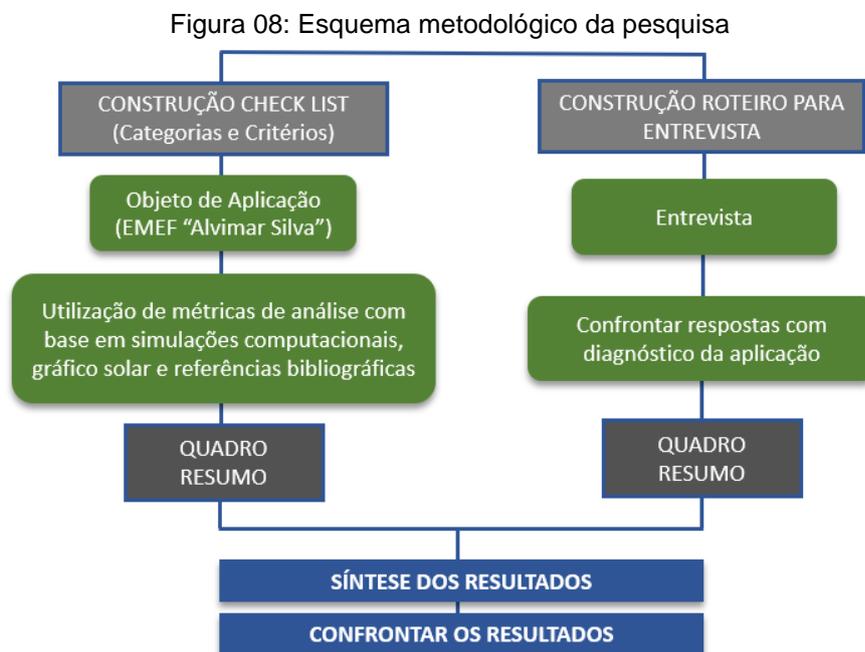
Em função das questões abordadas anteriormente esta pesquisa enfatiza a necessidade de compreender o universo escolar e o seu cotidiano, tendo como princípio as relações humanas facilitadoras do processo de aprendizagem.

CAPÍTULO V

5. METODOLOGIA

Este capítulo apresenta os procedimentos metodológicos da pesquisa, descrevendo instrumentos de análise da iluminação natural em espaços escolares e que podem ser utilizados para auxiliar na tomada de decisões projetuais por parte dos projetistas.

A metodologia tem como base os estudos bibliográficos já apresentados com vistas a promover uma contextualização a respeito da inserção da iluminação natural no processo de projeto. Para tanto, os procedimentos metodológicos foram segmentados em duas partes. A primeira parte compreende a construção de um check list. O check list visa ser empregado no processo projetual de espaços escolares, na escala urbana, escala do edifício e do ambiente e que por sua vez dá suporte para avaliação de uma sala de aula de escola pré-determinada. A segunda parte compreende a construção de um roteiro para uma entrevista com a equipe de projetos da Prefeitura Municipal de Vitória (PMV) (FIGURA 08).



Fonte: A autora.

5.1 CONSTRUÇÃO DO CHECK LIST

A partir da revisão bibliográfica apresentada nos capítulos II, III e IV, foram elencadas e agrupadas questões relativas à iluminação natural, sendo detectado

“termos chaves”, aqui denominados como “**categorias**” para a construção do *check list*.

São as seguintes categorias definidas na revisão bibliográfica:

- 1) Desempenho Luminoso do ambiente interno;
- 2) Eficiência Energética da Edificação;
- 3) Integração do ambiente interno e ambiente externo;
- 4) Dinâmica da Luz.

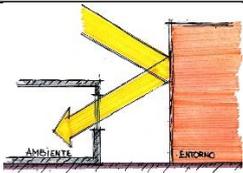
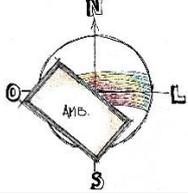
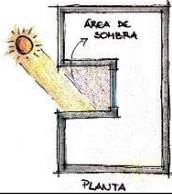
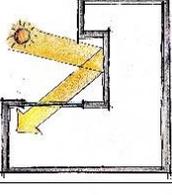
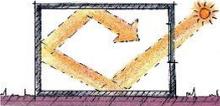
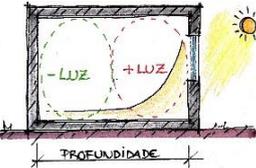
Essas **categorias** serviram como base para elaboração de **critérios** mais específicos que devem ser observados durante o processo de projeto. Este conjunto de categorias e critérios foram organizados em quatro quadros (*check list*).

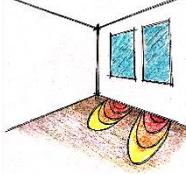
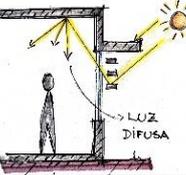
É consenso que a iluminação natural deve fazer parte do processo de projeto arquitetônico. Porém observa-se que a abordagem no que diz respeito à iluminação é inúmeras vezes somente no sentido quantitativo, ainda que as atuais regulamentações tenham apresentado avanços com relação a outros critérios. Como exemplo observa-se a norma NBR ISO/CIE 8995-1 (ABNT, 2013), que veio para substituir a NBR 5413 (ABNT, 1992). A NBR ISO/CIE 8995-1, em vigor, que apresenta de maneira mais expressiva critérios que vão além dos quantitativos, como estabelecia de maneira predominante a antiga norma. A norma em vigor utiliza como referência padrões internacionais de iluminação, dando ênfase para as questões relacionadas à uniformidade e ausência de ofuscamentos. Este fato ressalta a relevância de se considerar também estes outros critérios quando se pretende garantir também, de maneira eficiente, qualidade luminosa no ambiente interno.

A partir do referencial teórico organizado, no capítulo II levantou-se um primeiro termo chave (categoria) a ser analisado no processo de projeto com relação à iluminação natural, o **desempenho luminoso do ambiente interno**. Em complementação observa-se que autores como Amorim (2007) citam que a iluminação natural nas edificações tem fundamental importância nas exigências funcionais e ambientais dos espaços arquitetônicos. Oliveira (2007) descreve a luz de maneira funcional como aquela que garante iluminância necessária para a realização de determinada tarefa, ou seja, um desempenho luminoso adequado. Entretanto o autor completa citando que não se trata apenas de maior incidência de iluminação, e sim um contraste entre o que deve ser visto e seu entorno imediato, um equilíbrio de luminâncias e ausência de ofuscamento (OLIVEIRA, 2007). Outras pesquisas complementam esta afirmativa quando exploram variadas possibilidades de sistemas

de sombreamento que auxiliam no equilíbrio desses contrastes luminosos, sejam elas por meio de prateleiras de luz, brises, elementos refletores, entre outros (FASSINA e LARANJA, 2016; MANGKUTO, ROHMAH e ASRI, 2018; RIBEIRO; CABÚS, 2015). Oliveira (2007) ressalta ainda a importância de se estabelecer adequados níveis de iluminância no ambiente interno de acordo com a atividade a ser exercida. Desta forma, é possível observar que deve haver um equilíbrio de luminâncias, iluminâncias adequadas e ausência de ofuscamento para que se possa garantir a execução das atividades internas. Assim apresenta-se o quadro 01 (check-lis) que apresenta uma síntese dos critérios a serem compreendidos no processo de projeto de ambiente educacional de forma a atender a categoria “Desempenho luminoso do ambiente interno”.

Quadro 01 – Categoria I a ser observada no processo de projeto com relação a iluminação natural e seus critérios correspondentes

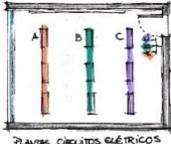
CATEGORIA			CRITÉRIOS
<u>Desempenho luminoso do ambiente interno</u>	Urbano		1.1 Características de reflexão do entorno urbano
	Edifício		1.2 Orientação de fachadas e aberturas do ambiente interno
			1.3 Sombreamentos provenientes de volumetria da própria edificação
			1.4 Características de reflexão da volumetria da própria edificação
	Ambiente		1.5 Características de reflexão das superfícies internas
			1.6 A profundidade do ambiente e localização da abertura

			1.7 Distribuição das aberturas
			1.8 Dispositivos sombreadores

Fonte: A autora.

A segunda categoria é a abordagem no que diz respeito à **eficiência energética da edificação**, já destacada no capítulo III, que deve conduzir para a redução dos gastos com iluminação artificial. Carlo, Pereira e Lamberts (2004) complementam esta questão quando afirmam que uma edificação energeticamente eficiente deve proporcionar um nível ideal de iluminação, permitindo a redução da iluminação artificial ou substituição da iluminação artificial pela iluminação natural. Amorim (2007), em seu Diagrama Morfológico (Parte I) destaca a necessidade de integração da luz natural com a artificial, a fim de proporcionar maior conforto ambiental e eficiência energética dos projetos. Carvalho e Cabús (2020) completam que o conhecimento mais aprofundado sobre o comportamento da luz natural possibilita que sejam repensados o acesso e a quantificação da luz natural nos ambientes internos, contribuindo para ambientes mais confortáveis e eficientes energeticamente. Desta forma, é possível observar que deve haver uma integração da luz natural com a artificial no ambiente interno de forma a reduzir gastos com iluminação artificial, bem como garantir iluminâncias adequadas para as atividades. Assim, apresenta-se o quadro 02 (check-list) que apresenta uma síntese dos critérios a serem compreendidos no processo de projeto de ambiente educacional de forma a atender a categoria “Eficiência energética da Edificação”.

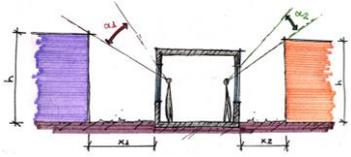
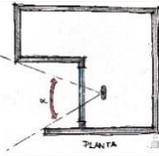
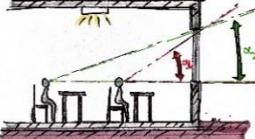
Quadro 02– Categoria II a ser observada no processo de projeto com relação a iluminação natural e seus critérios correspondentes

CATEGORIA			CRITÉRIOS
<u>Eficiência Energética da edificação</u>	Ambiente		2.1 Disposição e Setorização/Circuitos de acionamento das luminárias de acordo com a entrada de luz natural no ambiente interno

Fonte: A autora.

Uma terceira categoria é o que diz respeito à **integração entre ambiente interno e externo**, já discutida no capítulo II. As aberturas, no caso específico a abertura lateral (janela), proporcionam além da entrada de luz, uma maior integração dos usuários com o ambiente externo, permitindo a visualização do entorno edificado e principalmente do entorno natural. Mingrone (1984) constatou que a preferência das pessoas pela iluminação natural em um ambiente tem pouca relação com as condições reais de iluminação, mas sim com a possibilidade de visualizar o ambiente externo. Toledo (2008) completa ainda que as pessoas não gostam quando são privadas da visualização para o meio externo e da percepção das mudanças das horas do dia. Já dizia Hopkinson (1980), há 40 anos, que as aberturas laterais têm como uma de suas principais funções, proporcionar a visão para o ambiente externo. Wei Wu e Edward Ng (2003) acrescentam a relevância de proporcionar aos usuários visão para o meio externo a fim de garantir o conforto necessário para o aprendizado (WEI WU; EDWARD NG, 2003). Graça et. al. (2007), Dias (2011) e Meresi (2016) confirmam que a integração do ambiente interno com o exterior é um fator primordial a ser considerado em ambientes que são voltados para o ensino e aprendizagem. Desta forma, vale ressaltar a relevância de a abertura possibilitar a visualização do entorno edificado e natural. Assim apresenta-se o quadro 03 (check-list) que apresenta uma síntese dos critérios a serem compreendidos no processo de projeto de ambiente educacional de forma a atender a categoria “Integração ambiente interno e externo”.

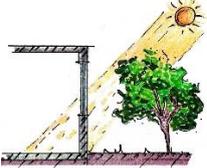
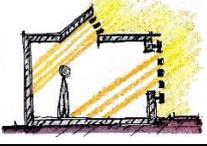
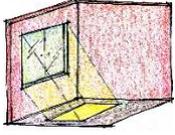
Quadro 03 – Categoria III a ser observada no processo de projeto com relação a iluminação natural e seus critérios correspondentes

CATEGORIA			CRITÉRIOS
<u>Integração ambiente interno e externo</u>	Urbano		3.1 Ângulo de visão externo em função das características do entorno edificado, distanciamentos (x) e alturas(h) das edificações obstruidoras
	Edifício		3.2 Ângulo de visão externo em função da volumetria da edificação/localização da abertura
	Ambiente		3.3 Ângulo de visão externo em função do leiaute.

Fonte: A autora.

A quarta e última categoria é a da **dinâmica da iluminação**, também já discutida no capítulo III. Brandston (2010) e Neumann, (2010) citam que a arquitetura que leva em consideração a dinâmica da luz consegue valorizar o ambiente a fim de explorar as possibilidades que a iluminação pode oferecer para revelar o espaço arquitetônico. De acordo com Barnabé (2002) os recursos luminosos podem determinar o caráter dos objetos, valorizando as suas superfícies e volumes, bem como moldando sua forma. Barnabé (2008) destaca que “Fazer luz” não se trata apenas de revelar o mundo e suas paisagens, mas sim, acrescentar uma nova realidade rica em mistérios e envolvente, podendo evidenciar a arquitetura, modificando a visão da volumetria do ambiente. Outros autores sustentam a ideia de que a luz natural além de atender a uma demanda funcional, ela pode e deve ser tratada como matéria prima na criação da arquitetura, ao invés de ser apenas um resultado acidental desta composição (AMORIM, 2007; OLIVEIRA, 2014; NIKO, 2015; TSIKRAA P. e ANDREO, 2017). Millet (1996) já discorria sobre as inúmeras possibilidades que a luz proporciona podendo revelar ou desmaterializar as formas da arquitetura, criando um jogo de claro e escuro, luz e sombra. Desta forma é possível observar que no processo de projeto deve haver uma preocupação com o “jogo de luz” no ambiente arquitetônico, com claros e escuros, valorizando superfícies e volumes, moldando formas, com vistas a provocar emoções nos usuários e estimular sua criatividade. Assim apresenta-se o quadro 04 (check-list) que apresenta uma síntese dos critérios a serem compreendidos no processo de projeto de ambiente educacional de forma a atender a categoria “Dinâmica da Luz”. Vale destacar que esses efeitos de iluminação devem ser priorizados em salas de aula que tem relação com o estímulo da criatividade, como por exemplo uma sala de artes. Para sala de aula convencional não é relevante ter interferência desses efeitos visuais no compartimento interno.

Quadro 04 – Categoria IV a ser observada no processo de projeto com relação a iluminação natural e seus critérios correspondentes

CATEGORIA			CRITÉRIOS ANALISADOS
Dinâmica da Luz	Urbano		4.1 Efeitos de luz e sombra decorrente da presença de vegetação
	Edifício		4.2 Dispositivos sombreadores que promovem efeitos visuais
	Ambiente		4.3 A luz natural favorecendo a existência de contrastes, luz e sombra

Fonte: A autora.

5.1.1 Avaliação dos critérios do Check list

Para a avaliação dos critérios do Check-list listados nos quadros descritos no subitem anterior, é descrito a seguir como se dá a coleta de dados os quais irão orientar a operacionalização da avaliação da iluminação natural no processo de projeto.

Assim, dentro da categoria **“Desempenho luminoso do ambiente interno”** descreve-se:

Com relação ao critério 1.1 **“Características de reflexão do entorno urbano”** o critério de análise determinado foi baseado no coeficiente de reflexão das cores. Os índices de reflexão utilizados como padrões de análise foram determinados a partir do método denominado como “papel branco” de acordo com pesquisa realizada por Okimoto *et al.* (2008). Os autores comparam os resultados da pesquisa com outras referências bibliográficas ressaltando a relevância do método do “papel branco”. De acordo com Okimoto *et al.* (2008), para Lamberts *et al.* (1997) e Córica *et al.* (2005), este método consiste na execução de duas medições com o luxímetro voltado para a superfície a ser analisada a uma distância de 8 a 10 cm. Uma medição deve acontecer diretamente na superfície nua (real), e a segunda com uma folha de papel branco sobre a superfície, e em seguida é aplicada uma equação que resulta no coeficiente de reflexão da superfície analisada.

A reflexão da luz está diretamente relacionada com às propriedades e materiais das superfícies, tendo em vista que uma mesma quantidade de iluminância incidente pode gerar diferentes quantidades de luminâncias, ou seja, luz visível. Sendo assim, a análise das características de reflexão do entorno foi determinada de acordo com a Tabela 01. Quanto mais próximo da cor branca, ou seja, maior índice de reflexão, mais capacidade a superfície refletora terá de contribuir para o ganho de luz no ambiente interno (LARANJA, 2010).

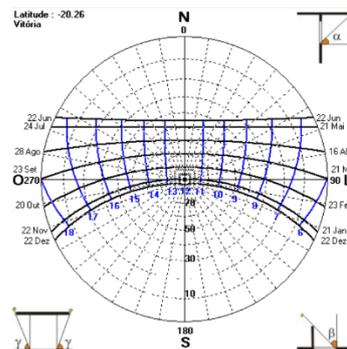
Tabela 01: Índices de refletância das cores

<i>Cores das Tintas</i>	<i>Índice de Refletância</i>
<i>Branco</i>	90
<i>Amarelo Claro</i>	72,52
<i>Laranja</i>	57,79
<i>Azul Claro</i>	54
<i>Rosa</i>	51,30
<i>Verde Claro</i>	49,40
<i>Lilás</i>	37,80
<i>Verde Azulado</i>	32,40
<i>Verde máquina</i>	31,50
<i>Cinza escuro</i>	20,70
<i>Vermelho</i>	16,02
<i>Preto</i>	3,08

Fonte: Okimoto et al., 2008.

Com relação ao critério 1.2 “Orientação de fachadas e aberturas do ambiente interno” o critério de análise determinado foi baseado no gráfico solar da cidade de Vitória-ES (FIGURA 09) que permite a análise do tempo de insolação na fachada de cada sala durante todo o ano. O gráfico solar da cidade de Vitória-ES foi gerado utilizando o software SOL-AR 6.2 (ANALYSIS SOL-AR), que a partir da latitude especificada gera a carta solar, podendo auxiliar ainda em projetos de proteção solares por meio da visualização gráfica dos ângulos de proteção desejados, projetados para qualquer orientação.

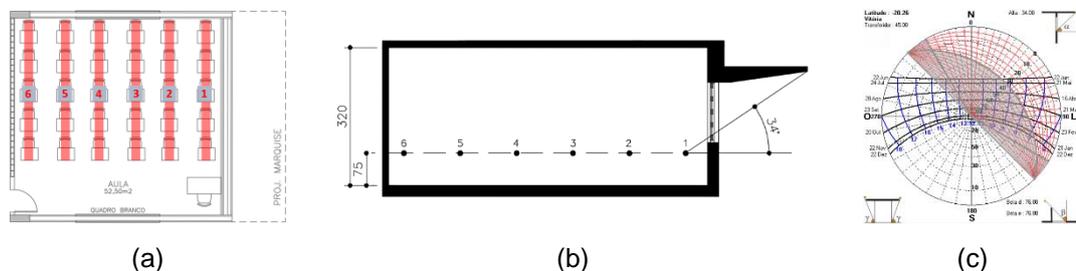
Figura 09 - Carta solar da cidade de Vitória-ES.



Fonte: Software SOL-AR 6.2.

Com relação ao critério 1.3 “Sombreamentos provenientes da volumetria da própria edificação” o critério de análise determinado foi baseado nos dados fornecidos pela máscara de sombra traçada na carta solar do município de Vitória-ES levando em consideração o posicionamento do leiaute existente que permitirá a análise da ocorrência da radiação direta ao longo de todas as fileiras de cadeiras de acordo com o leiaute interno (FIGURA 10).

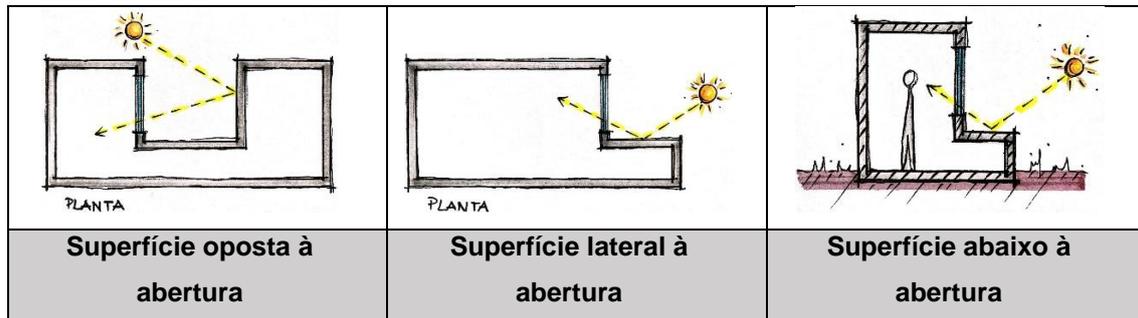
Figura 10: Numeração das fileiras e máscara de Sombra dos elementos sombreadores da sala analisada sobre carta solar de Vitória-ES.



Fonte: (a) (b) Adaptada de Secretaria Municipal de Obras de Vitória; (c) A autora.

Com relação ao critério 1.4 “Características de reflexão da volumetria da própria edificação” o critério de análise utilizado foi determinado a partir de uma observação inicial: a existência de alguma superfície externa que pode ser visualizada da janela, sem considerar elemento sombreador horizontal sobre ela. A partir de um diagnóstico positivo com relação à esta observação, criou-se um quadro como instrumento de auxílio para a análise (QUADRO 05).

Quadro 05: Situações de posicionamento da superfície refletora externa



Fonte: A autora.

Sendo assim, esta análise deve ter início na identificação da existência de uma superfície externa da edificação buscando analisar de maneira mais específica a influência dessa superfície, com o auxílio da carta solar. Deve ser levada em consideração a característica do revestimento da superfície, se é mais polido ou mais poroso, de cor mais clara ou escura, podendo refletir mais luz quanto mais polido e de cor mais clara, e refletir menos luminosidade quando for mais poroso e de cor mais escura. Assim, é possível prever a intensidade dos raios luminosos que poderão atingir o interior do ambiente. Vale destacar que a presença ou ausência desses raios luminosos no interior do ambiente deve variar de acordo com suas características internas, leiaute e atividade que será exercida.

Com relação ao critério 1.5 “Características de reflexão das superfícies internas” foram utilizados padrões de análise com base em referências bibliográficas já estabelecidas no critério 1.1 “Características de reflexão do entorno urbano”.

A análise com base da referência bibliográfica se baseará, portanto, na tabela elaborada por Okimoto *et al.* (2008) (TABELA 01). Sendo assim, a avaliação de reflexão das superfícies internas vai variar de acordo com a tonalidade de cor das paredes. Em cores mais claras, próximas do branco, a reflexão da luz vai ser mais intensa, assim como, em cores mais escuras, próximas do preto, a reflexão da luz será menos intensa (MOUTINHO, 2016; CASTRO *et al.*, 2013; CAGNIN e ROCHA, 2019).

Portanto, para este critério, serão feitas três avaliações: uma com relação ao teto, outra com relação à parede e outra com relação ao piso.

Com relação ao teto considera-se mais eficiente quando este tem uma cor mais clara, podendo auxiliar na distribuição difusa da luz. Essa superfície pode ser mais

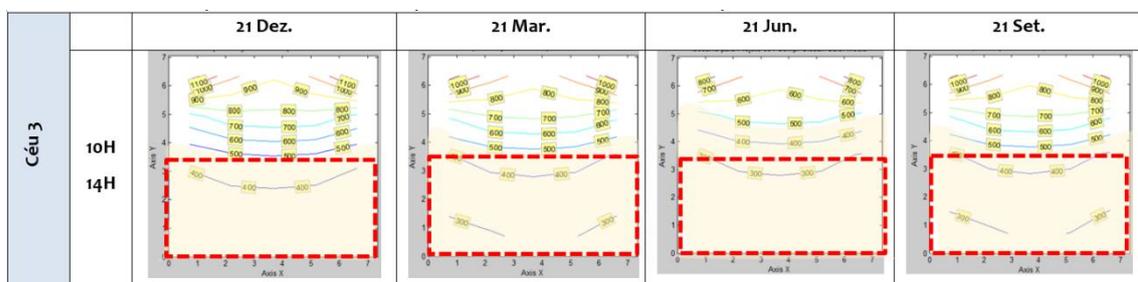
explorada ainda quando em aberturas laterais há a utilização do elemento sombreador do tipo prateleira de luz, que rebata a luz para o teto, o qual potencializa a iluminação natural ao refletir esta iluminação para as áreas internas do ambiente.

Com relação à parede é melhor que não haja incidência de luz solar direta quando essas superfícies possuírem um alto potencial de reflexão, a fim de evitar desconforto causado por ofuscamento.

Com relação ao piso vale considerar que este seja de uma cor um pouco mais escura, com menor potencial de reflexão de luminosidade. Um piso muito claro pode refletir muita luz e contribuir para efeitos indesejados de ofuscamento, principalmente em ambiente de sala de aula, em que os usuários ficam a maior parte do tempo sentados e raios de luz refletidas do chão incidirão diretamente no olhar do usuário.

Com relação ao critério 1.6 “A profundidade do ambiente e localização da abertura” foram utilizadas as curvas isolux geradas pelo Software TropiLux como instrumento de análise. A análise foi feita para os dias de solstícios e equinócios, nos horários de 10h00 e 14h00, para os céus 3, 7 e 12, conforme exemplo na Figura 11. A métrica adotada para avaliação das curvas isolux foi baseada nas regulamentações estabelecidas pela norma brasileira NBR 15215-4 (ABNT, 2004). A Análise permitirá observar a ocorrência de baixa incidência de iluminação, inferior a 500lx, a qual será representada pela marcação em amarelo, e a iluminação excessiva, acima de 2.000lx, a qual será demarcada por uma marcação mais avermelhada. O tracejado em vermelho demarca a metade da área da sala de aula com baixa incidência de iluminação.

Figura 11 - Exemplo de quadro com as Curvas Isolux para os dias de solstícios e equinócios, nos horários de 10h00 e 14h00, para os céus 3.

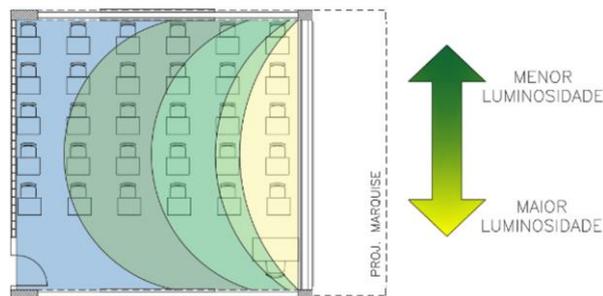


Fonte: A autora.

Com relação ao critério 1.7 “Distribuição das aberturas” também foi utilizado o gráfico solar como instrumento de análise, com a representação esquemática da

distribuição da iluminação por meio das curvas isolux provenientes de janelas em fita, conforme configuração existente (FIGURA 12). A análise será complementada com simulações que buscam analisar os percentuais das UDIs (*Useful Daylight Illuminances*) gerados pelo software TropLux 7 (NABIL e MARDALJEVIC, 2005), a fim de diagnosticar se as atividades exercidas no ambiente interno dispõem de níveis de iluminação adequados para as atividades escolares, decorrente da distribuição das aberturas.

Figura 12: Distribuição de curvas isolux para janelas em fita.

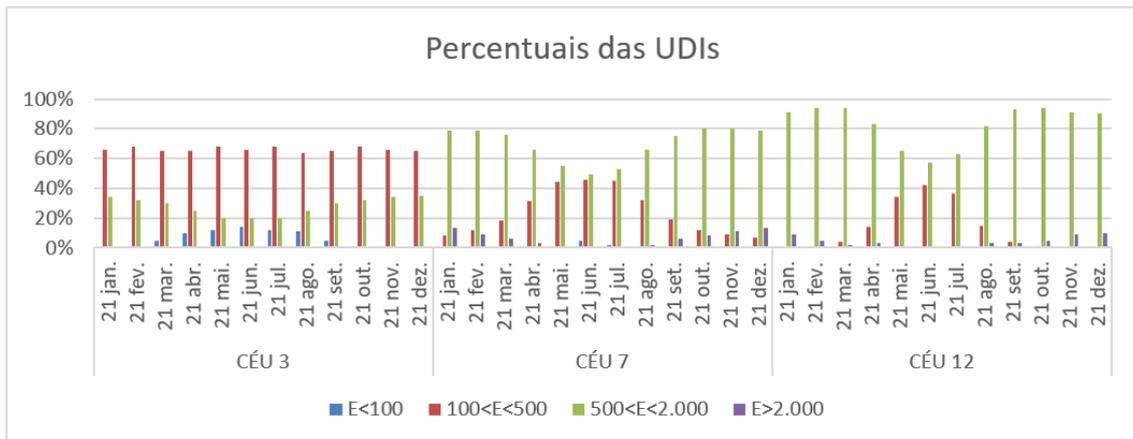


Fonte: A autora.

A métrica IULN, Iluminância Útil de Luz Natural (UDI), consiste em uma análise da iluminância do ambiente em um ponto, categorizando os valores obtidos em intervalos, em que valores de iluminação inferiores a 100lx são considerados insuficientes; entre 100 e 500lx são considerados suficiente, porém com necessidade de iluminação complementar; entre 500lx e 2.000lx são considerados suficiente; e acima de 2.000lx os valores são considerados excessivos.

O conceito pode ser ampliado para uma malha de pontos, resultando na IULN média de um plano. Inicialmente, os autores adotaram o valor máximo de 2.000 lx (NABIL; MARDALJEVIC, 2005), ampliando posteriormente para 3.000 lx (MARDALJEVIC *et al.*, 2011). De acordo com os autores as faixas definidas pelo índice podem ser alteradas dependendo do uso do ambiente e dos requisitos de iluminação natural esperados. Para este trabalho foi considerado o intervalo classificado como excessivo com os valores acima de 2.000 lx, levando em consideração que essa quantidade de luz já se mostra bastante expressiva para um plano de trabalho de ambiente escolar, tendo em vista que a norma brasileira NBR 15215-4 (ABNT, 2004) estipula valores próximos de 500lx. Os resultados da simulação são apresentados em gráficos de barras, conforme exemplifica o Gráfico 01.

Gráfico 01 - Exemplo de gráfico utilizado para análise dos percentuais das UDIs.



Fonte: A autora.

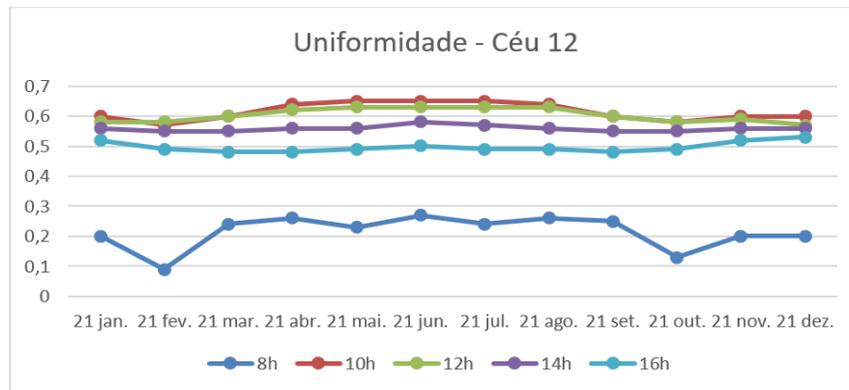
Com relação ao critério 1.8 “Dispositivos sombreadores” o critério de análise determinado foi baseado em observação *in loco* que pode ser sustentada por imagens do local onde a análise permitirá observar a presença e/ou ausência de dispositivos externos que favoreçam o aumento da uniformidade da iluminação do ambiente interno (FIGURA 13). Esta análise é complementada com simulações de uniformidade, gerada pelo software TropLux 7. Os resultados derivados das simulações com relação à uniformidade, são apresentados em gráficos de linha, conforme exemplifica o Gráfico 02. A métrica de avaliação determinada para a análise da uniformidade baseia-se no que estabelece a NBR ISO/CIE 8995-1:2013, que prevê valores de uniformidade superiores a 0,5.

Figura 13 - Volumetria da edificação.



Fonte: A autora.

Gráfico 02 - Exemplo de gráfico utilizado para análise dos valores de uniformidade.

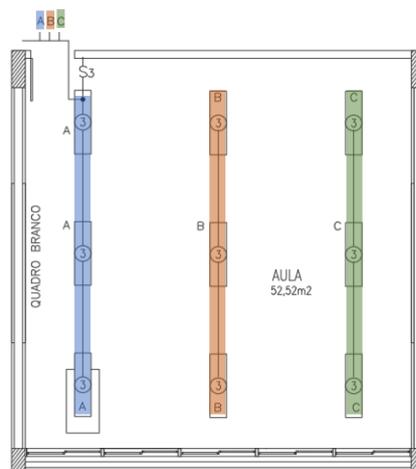


Fonte: A autora.

Já na Categoria “Eficiência Energética da edificação” descreve-se:

Com relação ao critério 2.1 “Disposição e setorização/Circuitos de acionamento das luminárias de acordo com a entrada de luz natural no ambiente interno” o critério de análise utilizado foi com base na planta baixa de elétrica do compartimento estudado, que apresenta a setorização do acendimento das luminárias (FIGURA 14). Esta análise é complementada com as curvas isolux geradas pelo Software TropLux, nos dias de solstícios e equinócios, nos horários de 10h00 e 14h00, para os céus 3, 7 e 12. Sendo assim esta análise teve início na identificação das luminárias e lâmpadas e como se dá seu acendimento com relação aos circuitos, buscando analisar de maneira mais específica se é possível uma integração entre a luz que adentra as aberturas e a iluminação artificial nas áreas opostas a esta abertura.

Figura 14 - Planta de circuitos elétricos da sala de aula analisada



Fonte: Adaptada de Secretaria Municipal de Obras de Vitória.

Já na Categoria “**Integração ambiente interno e ambiente externo**” descreve-se:

Com relação ao critério 3.1 “Ângulo de visão externo em função da volumetria da edificação/localização da abertura” e 3.2 “Ângulo de visão externo em função das características do entorno edificado, distâncias (x) e alturas (h)”, o critério de análise determinado foi baseado nos estudos de Hellinga (2013). Analisa-se em que medida o ângulo de visão externo favorece para uma vista que contempla as camadas estabelecidas como primordiais para garantir boa qualidade das vistas externas, com maior possibilidade de informações, conforme exemplifica Quadro 06.

Quadro 06 – Elementos integrantes das vistas externas

Classificação da Qualidade da Vista	
CARÁTER DA VISTA	Vista Edificada ou Paisagem Natural
ELEMENTOS VERDES NATURAIS	Se contém ou não
CAMADAS VISÍVEIS:	Solo, Edifícios Vizinhos ou Vegetação, Paisagem ou Perfil da Cidade Distante e Céu
ELEMENTOS VISÍVEIS	Água, Carro ou Tráfego, Edifícios com caráter similar,
DIVERSIDADE DA VISTA	Baixa, Média ou Alta
SITUAÇÃO DOS EDIFÍCIOS	Em boa ou má condição de manutenção
CARACTERÍSTICAS DOS EDIFÍCIOS	Edifício Antigo/Histórico com arquitetura complexa; Edifícios Antigo/Histórico com arquitetura simples/pouca informação; Edifício Moderno/Contemporâneo com arquitetura complexa; Edifício Moderno/Contemporâneo com arquitetura simples

Fonte: Hellinga, 2013 apud Fernandes, 2016.

Ressalta-se que para Hellinga (2013) a característica mais importante dos pontos de vista externos é a estratificação horizontal, dividida em três camadas: Céu, Cidade ou Paisagem e uma camada de Piso, cada camada tendo uma função específica.

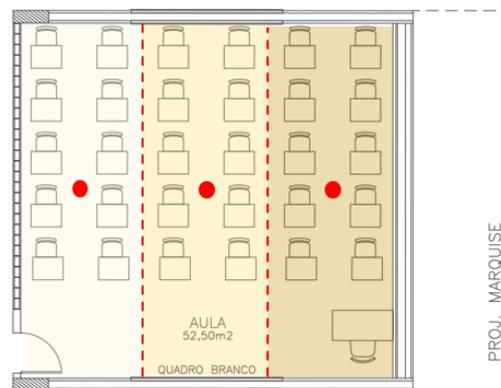
- O Céu, como fonte de luz, mantém os ocupantes do ambiente interno em contato com as mudanças de passagem do tempo e clima.
- O ponto de vista horizontal, com vista para a Cidade ou Paisagem dá uma maior quantidade de informações sobre o entorno e o que está acontecendo nele.

- A visão do Piso (solo) e das atividades que estão acontecendo sobre ele aproxima o lado humano do usuário, permitindo maior noção de caráter social.

Sendo assim, para este critério, a avaliação será observar se as vistas externas estão em conformidade com o estabelecido por Hellinga (2013), possuindo uma visão das três camadas.

Com relação ao critério 3.3 “Ângulo de visão externo em função do leiaute” o critério de análise determinado foi baseado em observação *in loco* com o auxílio de ferramentas de desenho. É feita uma análise do ângulo de visão em três pontos no centro da sala, conforme representa a Figura 15, observando a parcela de céu visível para cada uma dessas situações. Para vários autores as janelas podem favorecer uma visão do ambiente exterior e proporcionar a penetração de luz do dia no interior do compartimento, contribuindo para a redução da demanda por serviços relacionados à saúde (ULRICH, 1984; HEERWAGEN; ORIAN, 1986; BENEDETTI et al., 2001; HELLING, 2013).

Figura 15 - Sala de aula com a demarcação dos pontos que serão analisados e ilustração do decaimento da iluminação a medida em que este ponto se afasta da janela.



Fonte: Adaptado de Prefeitura Municipal de Vitória-ES.

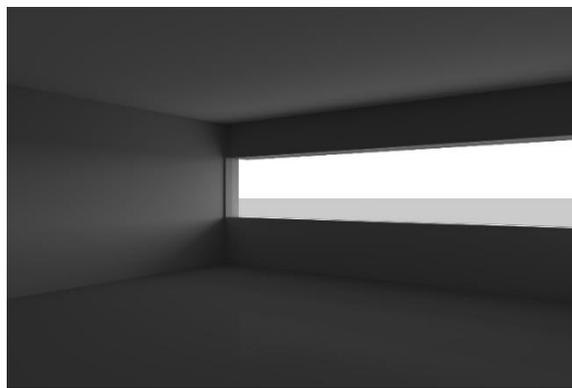
Já a Categoria “**Dinâmica da Luz**”, esta pode ser aplicada em outros ambientes da instituição escolar, como por exemplo sala de artes, corredores, além de ambientes que devem promover estímulo à criatividade. Descreve-se a seguir os critérios:

Com relação ao critério 4.1 “Efeitos de luz e sombra decorrente da presença de vegetação” o critério de análise determinado foi baseado em observação *in loco*. A observação consiste em analisar a presença de vegetação externa, a proximidade desta da abertura e conseqüentemente a sua influência no ambiente interno,

analisando os efeitos visuais causados pela presença da vegetação. Esta análise desse ser feita em vários horários do dia, em função da altura solar diferente nos vários horários do dia.

Com relação ao critério 4.2 “Dispositivos sombreadores que promovem efeitos visuais” e 4.3 “A luz natural favorecendo a existência de contrastes, luz e sombra”, o critério de análise determinado foi simulação computacional por meio do software Velux Daylight Visualizer 2, validado em pesquisa investigativa realizada por Labayrade, Jensen e Jensen (2009). O programa possibilita observar os efeitos de claro e escuro dentro de um compartimento, conforme exemplo da Figura 16. As configurações da simulação incluem a localização e orientação dos modelos, a data e hora da simulação, bem como a tipologia de céu analisada. É analisado se os desenhos de luz no ambiente interno recebem influência do elemento sombreador implantado, assim como os contrastes de iluminação no ambiente interno. A sala de aula foi analisada no dia 21 de janeiro, junho e dezembro, nos horários de 10h00 e 14h00, na orientação existente, Nordeste, sob condições de Céu Claro.

Figura 16 – Sala com representação da iluminação natural no interior do compartimento.



Fonte: Software Velux.

5.1.2 Descrição dos instrumentos utilizados para avaliação dos critérios

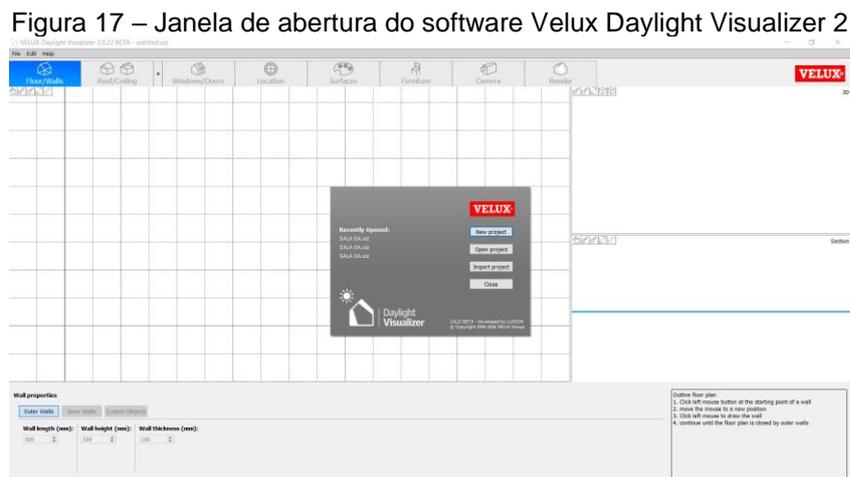
5.1.2.1 Simulações

A análise da iluminação natural por meio de simulação computacional foi realizada com os softwares TropLux 7 e Velux. No que se refere ao TropLux, este software caracteriza-se como programa recomendado pelo RTQ-R (Regulamento Técnico da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edificações Residenciais) (BRASIL, 2012). O software possibilita a análise lumínica no ambiente interno, sendo possível a inserção das características do ambiente por meio de

coordenadas. Também é fornecido ao programa a localização do ambiente, refletância de superfícies internas e externas, orientação das aberturas, horários e dias das simulações, tipos de céus a serem analisados e a definição da distribuição dos pontos de medição dentro do ambiente.

5.1.2.1.1 Simulações no Velux Daylight Visualizer 2

No que se refere ao software Velux Daylight Visualizer 2, este é validado em pesquisa investigativa realizada por Labayrade, Jensen e Jensen (2009). O software possibilita observa dados de luminância, iluminância e ainda os desenhos de luz formados no ambiente interno em função da luminosidade que entra no compartimento. As configurações incluem a localização e orientação dos modelos, a data e hora da simulação, bem como a tipologia de céu analisada (Figura 17).



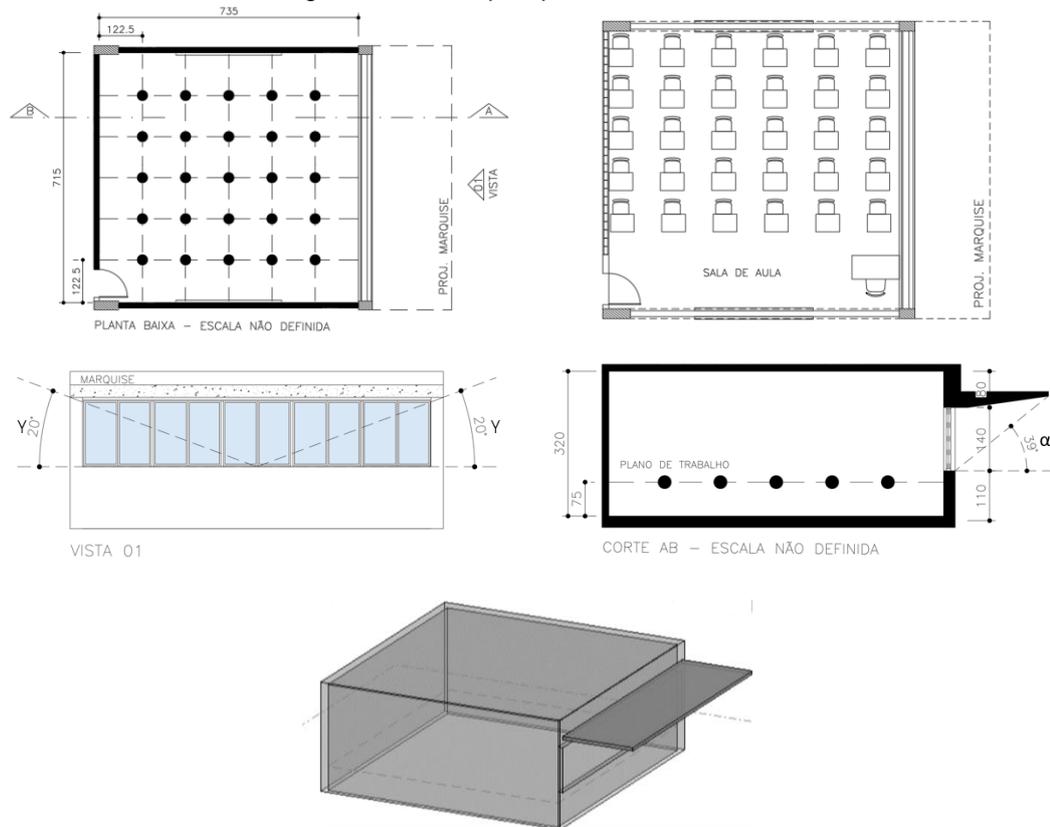
Fonte: Software Velux Daylight Visualizer 2

5.1.2.1.2 Simulações no TropLux

No que se refere às simulações no software TropLux 7, foram feitas análises das iluminâncias, percentuais das UDI (*Useful Daylight Illuminances*), uniformidade e curva isolux, as quais serão ainda descritas.

Para tanto, foi definida uma malha de 25 pontos locados ortogonalmente no ambiente interno a uma altura de 75cm do piso, de acordo com o que estabelece a NBR 15215-4 (ABNT, 2004). Considerando o exposto, o Quadro 07 apresenta-se esquematicamente o ambiente analisado com demarcação da malha de simulação.

Quadro 07- Planta Baixa com de malha de simulação, planta baixa com leiaute, vista externa e corte com ângulos verticais, perspectiva do ambiente



Fonte: As Autoras, Software TropLux 7.

Foram utilizados os céus padrões da CIE (*International Commission on Illumination*), adotando para análise o céu 3 (encoberto), céu 7 (parcialmente nublado) e o céu 12 (claro), sendo estes respectivamente os valores mínimo, intermediário e máximo da média anual dos valores de iluminação interna (LARANJA, 2010). As refletâncias internas adotadas foram: piso = 0,4, parede = 0,57, teto = 0,9; e as paredes externas foram 0,37. No caso das paredes adotou-se a média de refletância dos materiais utilizados como revestimento das superfícies, levando em consideração que estas são revestidas 50% de cerâmica branca e os outros 50% com uma tinta laranja.

Nas simulações foram extraídos valores de uniformidade os quais foram comparados com o mínimo estabelecido pela NBR ISO/CIE 8995-1:2013, que prevê valores de uniformidade superiores a 0,5. Esta foi analisada no dia 21 de cada mês do ano (janeiro a dezembro) nos horários de 8h00, 10h00, 12h00, 14h00 e 16h00, na orientação Nordeste.

Nas simulações com o TropLux também foram extraídos valores de iluminância e os percentuais de vezes os quais eles aconteceram ao longo de um ano. No que se

refere aos percentuais de horas das UDIs (*Useful Daylight Illuminances*), propostos por Nabil e Mardaljevic (2006), as análises foram feitas para todos os dias do ano, de 7h00 às 17h00, período que engloba os dois períodos de aulas durante o dia (período matutino e vespertino), também na orientação existente, Nordeste. Os percentuais de horas das UDIs são classificados de acordo com faixas, em que valores de iluminação inferiores a 100lx são considerados insuficientes; entre 100 e 500lx são considerados suficiente, porém com necessidade de iluminação complementar; entre 500lx e 2.000lx são considerados suficiente; e acima de 2.000lx os valores são considerados excessivos.

As simulações também permitiram a extração de dados para construção das curvas isolux. A distribuição de luminosidade foi analisada nos solstícios e equinócios, sendo 21 de dezembro, 21 de março, 21 de junho e 21 de setembro, às 10h00 e 14h00, orientação Nordeste. Os valores de iluminância estabelecidos pela NBR 15215-4 (ABNT, 2004) também são parâmetros de análise para a interpretação dos dados das curvas isolux. Acrescido a isto observa-se a localização das aberturas.

Descreve-se a seguir o que se pretende analisar nas simulações utilizando o cenário existente, tipos de céus e as características internas citadas.

- a) Os valores de uniformidade interna no dia 21 de cada mês do ano;
- b) Os percentuais de horas do dia enquadrados nos intervalos das UDI; e
- c) Os valores de iluminância distribuídos no interior do ambiente (curvas isolux)

No que diz respeito à alínea a (os valores de uniformidade interna no dia 21 de cada mês do ano), investigou-se:

- . Como se comporta a distribuição de iluminação no ambiente interno;
- . Se há relevantes variações nos valores de uniformidade de acordo com o mês do ano

do ano

No que diz respeito à alínea b (o percentual de horas dos dias enquadrados nos intervalos das UDIs), investigou-se:

. Os percentuais de horas do dia que permanecem dentro da faixa considerada como suficiente, sem a necessidade de iluminação complementar artificial;

. Como se comportam as variações do percentual de horas dos dias que permanecem na faixa suficiente, porém com necessidade de iluminação complementar;

- . Os percentuais de horas dos dias caracterizados como iluminação excessiva;

. Os percentuais de horas dos dias caracterizados como iluminação insuficiente.

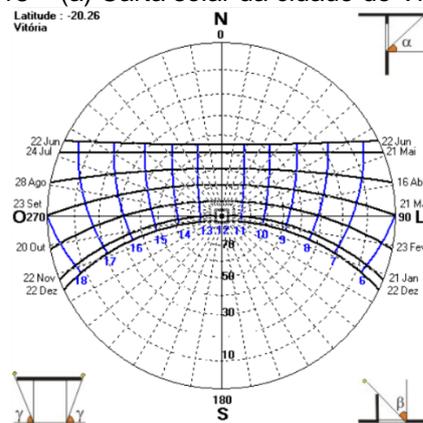
No que diz respeito à alínea c (valores de iluminância distribuídos no interior do ambiente, observados por meio de curvas isolux), investigou-se:

. Como se dá o decaimento da iluminância a medida que se afasta da abertura lateral.

5.1.2.1.3 Gráfico Solar

O gráfico solar de Vitória (FIGURA 18) permitiu a análise da incidência de iluminação natural com relação à orientação das aberturas e possibilitou observar como se dá a inserção da luz natural no interior do compartimento. Para tanto, foi utilizado o software SOL-AR 6.2 (ANALYSIS SOL-AR) a fim de auxiliar na interpretação da incidência de radiação solar. Para análise, foram locados pontos no ambiente interno de acordo com as fileiras de cadeiras. Para outros critérios o ponto de análise é locado próximo à abertura.

Figura 18 – (a) Carta solar da cidade de Vitória-ES;



Fonte: Software SOL-AR 6.2.

5.1.2.1.4 Observação *in loco*

A observação *in loco* consiste em uma observação direta que possibilita analisar a existência ou ausência de algum elemento influenciador do potencial luminoso do ambiente interno, podendo ser por exemplo, uma edificação vizinha, vegetação, proximidade ou afastamento desses elementos com relação ao ambiente analisado, entre outros.

A visita *in loco* desta pesquisa foi realizada no dia 15 de agosto de 2019 antes da inauguração da escola, acompanhada pelo empreiteiro responsável pela obra. A

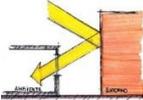
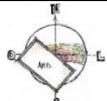
obra já estava pronta para ser entregue, porém ainda sem mobiliário. Nesta visita foram levantadas imagens de toda a edificação, do seu entorno edificado e das potenciais vistas das aberturas das salas de aula. Por meio deste método avaliativo é possível fazer análises físicas e reais do espaço.

5.1.3 Preenchimento do Checklist

Os dados coletados no check-list permitem diagnosticar o “Desempenho Luminoso do Ambiente Interno”, a “Eficiência Energética da Edificação”, a “Integração do ambiente interno e ambiente externo” e a “Dinâmica da Luz”.

Assim, tomando como roteiro de observação o checklist já apresentado de forma fragmentada anteriormente, a avaliação busca verificar o atendimento no que se refere a cada critério, com uma sinalização de ATENDIDO, ATENDIDO PARCIALMENTE e NÃO SE APLICA, em relação ao que se propõe observar, conforme exemplo do Quadro 08.

Quadro 08 – Exemplo de quadro síntese parcial do Checklist de avaliação, preenchido na APO.

CATEGORIA			CRITÉRIOS	ATENDIDO	ATENDIDO PARCIALMENTE	NÃO SE APLICA
<u>Desempenho luminoso do ambiente interno</u>	Urbano		1.1 Características de reflexão do entorno urbano			
	Edifício		1.2 Orientação de fachadas e aberturas do ambiente interno			
			1.3 Sombreamentos provenientes de volumetria da própria edificação			
			1.4 Características de reflexão da volumetria da própria edificação			

Fonte: A autora.

5.1.4 Objeto de aplicação

O *checklist* criado como roteiro para a avaliação da iluminação natural em espaços educacionais foi aplicado na escola EMEF “Alvimar Silva”, tendo em vista

que esta é a mais recente edificação escolar construída pela Prefeitura Municipal de Vitória (PMV).

Foi realizada uma visita exploratória e de leitura espacial de todos os compartimentos da escola, determinando uma sala de aula padrão para ser avaliada as condições de iluminação natural ao qual está submetida. A escola EMEF “Alvimar Silva” localiza-se no bairro Santo Antônio, na parte continental da cidade de Vitória-ES, latitude 20°S e longitude 40°W (FIGURA 19).

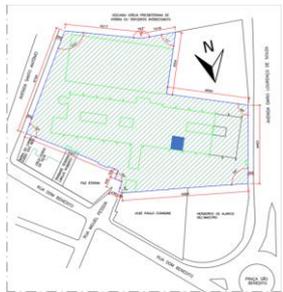
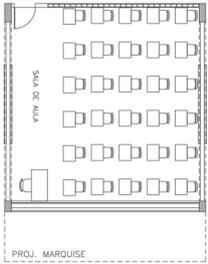
Figura 19 – Localização da escola na cidade de Vitória-ES



Fonte: Adaptado de Google Maps, 2020.

A sala de aula analisada localiza-se no segundo pavimento da edificação escolar, tem como dimensões 7,35m x 7,15m x 3,20m, respectivamente comprimento, largura e pé direito, com área correspondente de 52,5m². A abertura do compartimento constitui-se de janela em fita com tipologia de vidro transparente, dimensões de 7,15m x 1,40m, respectivamente comprimento e altura, com área equivalente a 1/5 da área do piso. A abertura possui externamente uma marquise (QUADRO 09).

Quadro 09- Quadro com planta de situação e demarcação do ambiente analisado, planta baixa e imagem.

	Planta de situação com demarcação do ambiente analisado	Planta baixa do ambiente analisado	Imagem do ambiente analisado
2º PAV. – Sala de Aula padrão – Orientação Nordeste	 (a)	 (b)	 (c)

Fonte: (a) (b) Secretaria Municipal de Obras de Vitória; (c) A Autora.

5.2 CONSTRUÇÃO DO ROTEIRO PARA ENTREVISTA

Em complemento às análises apresentadas, elaborou-se ainda um roteiro para uma entrevista com a atual responsável pela equipe de projetos da secretaria municipal de obras de Vitória-ES, Cláudia Miller. Pretende-se com a análise das respostas da entrevista avaliar como é tratada a iluminação natural durante o processo de projeto das edificações escolares.

O roteiro para entrevista (QUADRO 10) é direcionado também por meio das categorias elaboradas no checklist, seguindo o mesmo direcionamento de cada um dos critérios estabelecidos. Cada pergunta tem um objetivo pelo qual deve ser feita (terceira coluna do Quadro 10), a fim de deixar explícita a contribuição que esta deve agregar ao resultado da pesquisa.

QUADRO 10 - Quadro com a estrutura do roteiro para entrevista.

ESTRUTURA PARA ELABORAÇÃO DO ROTEIRO DA ENTREVISTA		
Categoria	Perguntas	Objetivos
CATEGORIA 1		
Desempenho luminoso do ambiente interno	1.1 São feitas análises das cores do entorno urbano verificando possíveis ganhos desejáveis e indesejáveis da luz refletida pelo entorno construído?	Este questionamento tem como finalidade diagnosticar a importância dada às cores e características dos materiais do entorno da edificação, tendo em vista que estes podem influenciar no ganho luz natural interno, bem como acarretar indesejáveis ofuscamentos.
	1.2 Ainda na etapa de implantação do projeto é analisada a orientação das fachadas externas, assim como a setorização dos cômodos internos, com relação à incidência de luz solar direta?	Pretende-se com esta pergunta verificar a preocupação inicial dos projetistas com o ganho solar indevido nas fachadas em função de sua área e tempo de exposição desta fachada nas diversas orientações, bem como a setorização interna dos ambientes.
	1.3 É observado como a profundidade do ambiente	Avaliar a compreensão dos projetistas com relação ao alcance da iluminação no ambiente

	pode influenciar (positiva ou negativamente) no potencial de luz natural do ambiente interno? (Altura, largura e profundidade)	interno. Observar o entendimento sobre a curva isolux e ainda com relação ao ganho luz natural proporcionado pela orientação da abertura, a qual influencia na quantidade de luz incidente no interior compartimento. Compreender até que ponto o projetista percebe que espaços muito profundos x posicionamento e orientação da abertura, acarretarão áreas internas (distantes da abertura) muito escuras, necessitando do acionamento da iluminação artificial, além de altos contrastes luz natural.
	1.4 A orientação das aberturas é determinada levando em consideração a incidência de luz solar direta? Como é feita esta análise?	Avaliar o cuidado a ser considerado na locação das aberturas. Essa informação pode contribuir para uma interpretação mais precisa sobre o "peso" dado pelos projetistas quanto a incidência de luz solar direta x orientação da abertura x inserção de elementos sombreadores. A pergunta contribui ainda para um diagnóstico de qual método avaliativo foi utilizado na análise (carta solar, simulação computacional, maquete, etc)
	1.5 Na configuração das aberturas, além do atendimento às normas municipais (código de obras), é utilizado algum outro parâmetro?	Perceber se a determinação das áreas de aberturas acontece apenas com base no cumprimento das leis, ou se há uma preocupação que vai além das determinadas por escrito nas regulamentações edilícias. Pretende-se observar se há a compreensão de que a luz associada à arquitetura gera efeitos (positivos e negativos) no ser humano, que vai além de um cumprimento de normas, bem como se utiliza normas da ABNT (observando atingir níveis de iluminância, uniformidade, redução de ofuscamento).
	1.6 Como é determinada a quantidade de janelas?	Pretende-se com esta pergunta compreender a forma como os projetistas estabelecem a quantidade de janelas (se é de maneira aleatória, ou não), e se estes levam em consideração as áreas de luz e sombra resultantes desta escolha.
	1.7 Se há a inserção de elementos sombreadores e quais critérios são utilizados para defini-lo?	Diagnosticar se esse profissional levou em consideração a satisfação do tempo de sombreamento desejado, a uniformidade de luz no ambiente interno, a redução do ofuscamento próximo a abertura, a redução da luminosidade nas áreas mais distantes da abertura, a garantia de visão para o ambiente externo ou possíveis efeitos visuais de luz.
	1.8 É realizado o teste da eficiência luminosa do projeto? Como e em qual momento?	Analisar se há uma preocupação com relação a eficiência luminosa do que foi colocado em projeto e como isso é feito. Se a eficiência é diagnosticada através de uma avaliação de pós-ocupação do espaço, ou por métodos que podem ser utilizados previamente, como por exemplo simulações computacionais, análise de maquetes, entre outros.
CATEGORIA 2		
Eficiência energética da edificação	2.1 Há uma preocupação em satisfazer "requisitos mínimos de desempenho da edificação" com relação a um tempo mínimo satisfatório no aproveitamento da luz natural?	Compreender se há a preocupação com possíveis performances da edificação com relação ao aproveitamento da luz natural: como por exemplo, percentuais de horas do dia em que o ambiente permanece sem necessidade do uso da iluminação artificial.
	2.2 O projeto leva em consideração a integração da luz natural com a iluminação	Compreender se há um planejamento de integração da iluminação natural e artificial, e como esta integração é tratada. (Ex.:

	artificial? Como é feita esta integração?	Organização de circuitos da iluminação artificial, levando em consideração a característica da abertura)
CATEGORIA 3		
Integração ambiente interno e ambiente externo	3.1 Há uma preocupação em proporcionar aos usuários uma vista para o céu, de modo que estes possam visualizar este céu ao longo do dia?	Identificar se levam em consideração aspectos subjetivos (sensação de bem-estar, ânimo, tristeza) provocados no ser humano, decorrentes de escolhas projetuais que favorecem ou não a integração do usuário com o meio externo.
	3.2 O projeto leva em consideração o posicionamento do leiaute e a visão do aluno para o meio externo, garantindo um ângulo de visão satisfatório?	Verificar se existe uma preocupação com relação a proporcionar ao indivíduo uma interação com o ambiente externo, de modo que este possa observar as mudanças da luz natural no decorrer do dia.
CATEGORIA 4		
Dinâmica da Luz	4.1 Possíveis efeitos visuais decorrentes de luz e sombra são propostos intencionalmente para algum ambiente da escola?	Pretende-se com esta pergunta identificar se há uma preocupação com relação aos espetáculos de luz que a incidência direta de iluminação pode proporcionar, ou se há simplesmente uma preocupação funcional.
	4.2 Há intensão de provocar uma emoção ou sentimentos nos usuários através dos raios luminosos que se adentram pelas aberturas? Se sim, em qual momento do processo de projeto esses efeitos visuais são considerados?	Perceber se a luz é explorada de modo a proporcionar uma linguagem artística, transmitindo um universo de sensações.
	4.3 Leva em consideração a cor e os materiais das superfícies internas? (piso, teto e parede)	Avaliar a compreensão do projetista com relação ao índice de reflexão das cores e materiais a fim de potencializar ou reduzir o fluxo luminoso.
	4.4 Há uma preocupação com relação aos cheios e vazios derivados da incidência e/ou ausência de fluxo luminoso direto?	Perceber como os projetistas determinam a entrada ou ausência de luz direta no compartimento interno, observando como é feita essa integração.

Fonte: A autora.

CAPÍTULO VI

6. ANÁLISE DE RESULTADOS

Este capítulo apresenta uma contextualização a respeito dos resultados da pesquisa. Inicialmente apresenta-se a análise com relação à avaliação do *Checklist* seguindo os critérios correspondentes à cada categoria. Adiante segue uma contextualização a partir da realização da entrevista e uma compilação de todos estes resultados.

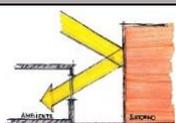
6.1 AVALIAÇÃO DO CHECKLIST

Primeira categoria do Checklist:

1. Desempenho luminoso do ambiente interno

Com relação ao critério 1.1 “Características de reflexão do entorno urbano” (QUADRO 11), foi possível observar de acordo com metodologia estabelecida por Okimoto *et al.* (2008) que apesar de haver entorno edificado com um índice de reflexão de cores não tão próximos da cor branca, esse entorno não tem interferência no ambiente analisado, devido a distância e altura das edificações vizinhas. O ambiente analisado encontra-se no segundo pavimento da edificação escolar e o entorno edificado é constituído de casas térreas, com uma distância de mais de 25 metros da sala de aula em questão. Assim, não há interferência de reflexões do entorno urbano no potencial luminoso do ambiente interno.

Quadro 11 – Critério analisado com relação à sua categoria

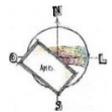
CATEGORIA			CRITÉRIO	ATENDIDO	ATENDIDO PARCIALMENTE	NÃO SE APLICA
<u>Desempenho luminoso do ambiente interno</u>	Urbano		1.1 Características de reflexão do entorno urbano			

Fonte: A autora.

Com relação ao **critério 1.2 “Orientação de fachadas e aberturas do ambiente interno”** (QUADRO 12), observa-se por meio do gráfico solar (FIGURA 19), que a fachada recebe radiação direta por um maior período pela manhã. A fachada

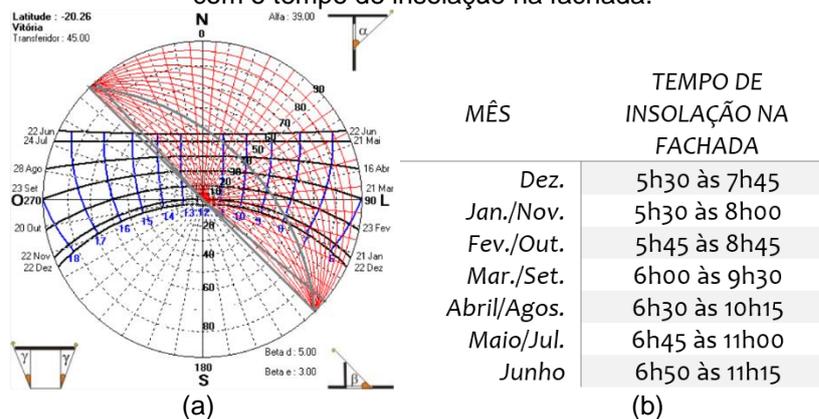
aliada à elementos externos de sombreamento apresenta uma preocupação com relação a esse tempo de exposição. O fato é que a orientação da fachada, suas características e a setorização interna dos cômodos é uma conjugação de fatores que devem ser levados em consideração a fim de garantir melhor aproveitamento luz natural no espaço interno. É possível observar que houve uma preocupação com relação a estes fatores, porém as estratégias adotadas não apresentam resultado muito significativo tendo em vista que nos meses de menor altura solar ainda há incidência solar direta no período da manhã até horários próximos no meio dia.

Quadro 12 – Critério analisado com relação à sua categoria

CATEGORIA			CRITÉRIO	ATENDIDO	ATENDIDO PARCIALMENTE	NÃO SE APLICA
<u>Desempenho luminoso do ambiente interno</u>	Edifício		1.2 Orientação de fachadas e aberturas do ambiente interno			

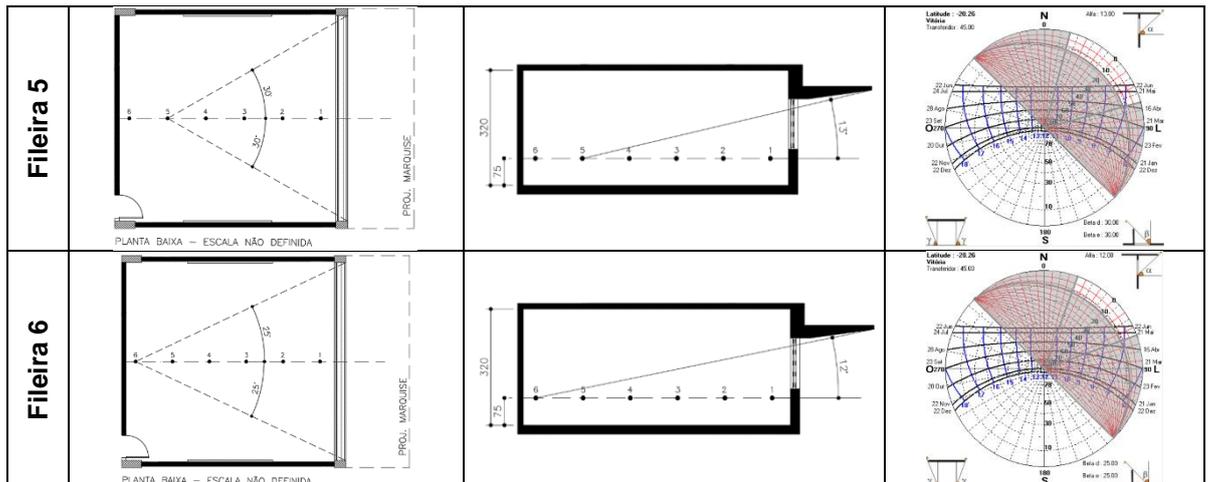
Fonte: A autora.

Figura 20 - (a) Carta solar com demarcação do tempo de insolação incidente na fachada; (b) Tabela com o tempo de insolação na fachada.



Fonte: (a) Programa Sol-Ar; (b) As Autoras.

Com relação ao critério **1.3 “Sombreamentos provenientes de volumetria da própria edificação”** (QUADRO 13), é possível observar que a volumetria da edificação contribui com a redução de insolação direta do compartimento interno, através da marquise e brise vertical. Essa redução se torna ainda mais relevante para os pontos de análise nas fileiras mais distantes da janela. Porém, os elementos sombreadores ainda permitem a entrada de radiação solar direta para os horários e



Fonte: A autora.

No ponto da fileira 1 (o mais próximo da abertura) não há incidência solar no horário de aula (a partir das 7h00) apenas nos meses de maior altura solar (novembro, dezembro, janeiro). Porém, para todos os demais meses há uma incidência solar que aumenta gradativamente a medida que vai se aproximando os meses de menor altura solar, chegando a uma insolação de cerca de 2h de sol (7h às 9h) no mês de junho.

No ponto da fileira 2 não há incidência solar no horário de aula (a partir das 7h00) nos meses de maior altura solar (outubro, novembro, dezembro, janeiro e fevereiro). Porém, para todos os demais meses há uma incidência solar que, assim como a fileira 1, aumenta gradativamente a medida que vai se aproximando os meses de menor altura solar, chegando a uma insolação de cerca de 2h de sol (7h às 9h) no mês de junho.

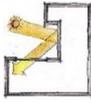
No ponto da fileira 3 haverá incidência solar nos meses de abril, maio, junho, julho e agosto. Esta incidência solar é cerca de uma hora e meia de insolação. No ponto da fileira 4 haverá incidência solar nos meses de abril, maio, junho, julho e agosto, sendo que esta incidência é em torno de 15 minutos, chegando a quase uma hora de insolação. No ponto da fileira 5 haverá incidência solar direta por cerca de quarenta minutos em apenas três meses do ano, corresponde aos meses de menor altura solar, maio, junho e julho. No ponto da fileira 6 haverá incidência solar direta de aproximadamente meia hora em maio e junho.

A incidência de iluminação nas áreas de trabalho do estudante provocará ofuscamento indireto, no qual os raios solares incidem sobre a superfície de trabalho e são refletidos para os olhos do estudante, ocasionando altos índices de iluminância no campo visual. Devido ao fato da ocorrência da insolação acontecer logo nos primeiros horários das aulas do período matutino isto acabará levando os usuários do

ambiente a fazerem uso de dispositivos sombreadores internos, como exemplo as persianas. Conseqüentemente também haverá o acionamento da iluminação artificial para garantir a iluminação suficiente nas demais áreas do ambiente.

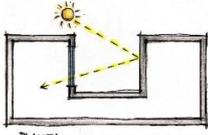
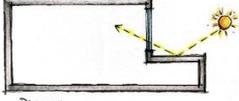
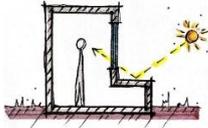
Com relação ao critério **1.4 “Características de reflexão da volumetria da própria edificação”** (QUADRO 15), a partir do Quadro 16, utilizado como auxílio para o diagnóstico, é possível observar que o ambiente interno analisado não recebe influência de reflexões externas da própria edificação. Observa-se que a edificação escolar em questão tem elementos externos que podem ser influenciadores do potencial luminoso do ambiente interno somente caracterizado por marquise de sombreamento e brise vertical (bem distante da abertura analisada), e não com relação a volumetria da edificação.

Quadro 15 – Critério analisado com relação à sua categoria

CATEGORIA			CRITÉRIO	ATENDIDO	ATENDIDO PARCIALMENTE	NÃO SE APLICA
<u>Desempenho luminoso do ambiente interno</u>	Edifício		1.4 Características de reflexão da volumetria da própria edificação			

Fonte: A autora.

Quadro 16 – Situações de posicionamento da superfície refletora externa

		
Superfície oposta à abertura	Superfície lateral à abertura	Superfície abaixo à abertura

Fonte: A autora.

Com relação ao critério **1.5 “Características de reflexão das superfícies internas”** (QUADRO 17) foi possível observar com base no método do “papel branco” (OKIMOTO *et al.*, 2008) que:

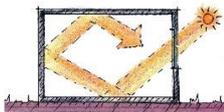
Com relação ao teto, observa-se que foi utilizada uma cor satisfatória (branco), considerando que quanto mais reflexivo o teto for, maior sua contribuição de luz refletida terá no ambiente interno.

Com relação às paredes, observa-se que os materiais utilizados atendem de forma parcial este critério. Tem-se paredes com dois materiais: até a altura da metade da parede em relação ao piso em cerâmica branca e o restante com acabamento em tinta na cor laranja. Tem-se um material com um potencial de reflexão da luz bem alto, e outro material muito absorvedor, conforme mostra Figura 19. Com relação à parede é melhor que não haja incidência de luz solar direta quando essas superfícies possuírem um alto potencial de reflexão, a fim de evitar desconforto causado por ofuscamento.

Com relação ao piso observa-se que a cor utilizada (cinza) atende às atividades a serem realizadas no ambiente interno, tendo em vista que não é uma cor muito clara, que pode favorecer para o ofuscamento, e nem muito escura que poderia absorver muito a luz.

Sendo assim, tem-se que a sala de aula analisada atende parcialmente este critério.

Quadro 17 – Critério analisado com relação à sua categoria

CATEGORIA			CRITÉRIO	ATENDIDO	ATENDIDO PARCIALMENTE	NÃO SE APLICA
<u>Desempenho luminoso do ambiente interno</u>	Ambiente		1.5 Características de reflexão das superfícies internas			

Fonte: A autora.

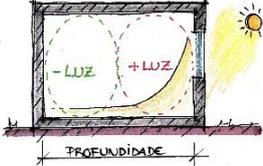
Figura 21 – Características dos materiais utilizados para acabamento no ambiente interno.



Fonte: A autora.

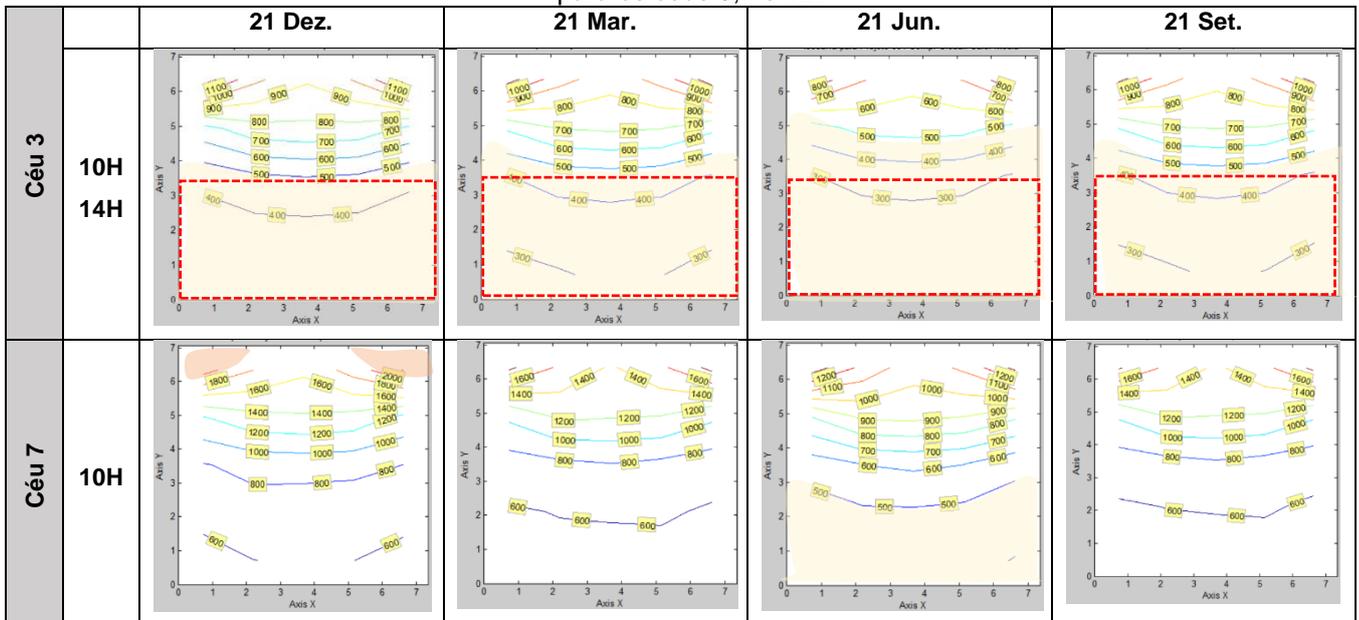
Com relação ao critério **1.5 “A profundidade do ambiente e localização da abertura”** (QUADRO 18), foram utilizadas as curvas isolux como instrumento de análise. Observou-se que os níveis de luminosidade são reduzidos, como já esperado, a medida em que se aumenta a distância da janela, conforme comprovam os dados das simulações computacionais com relação às curvas isolux (QUADRO 19). O tracejado em vermelho demarca baixos níveis de iluminância de acordo com o estabelecido pela NBR 15215-4 (ABNT, 2004).

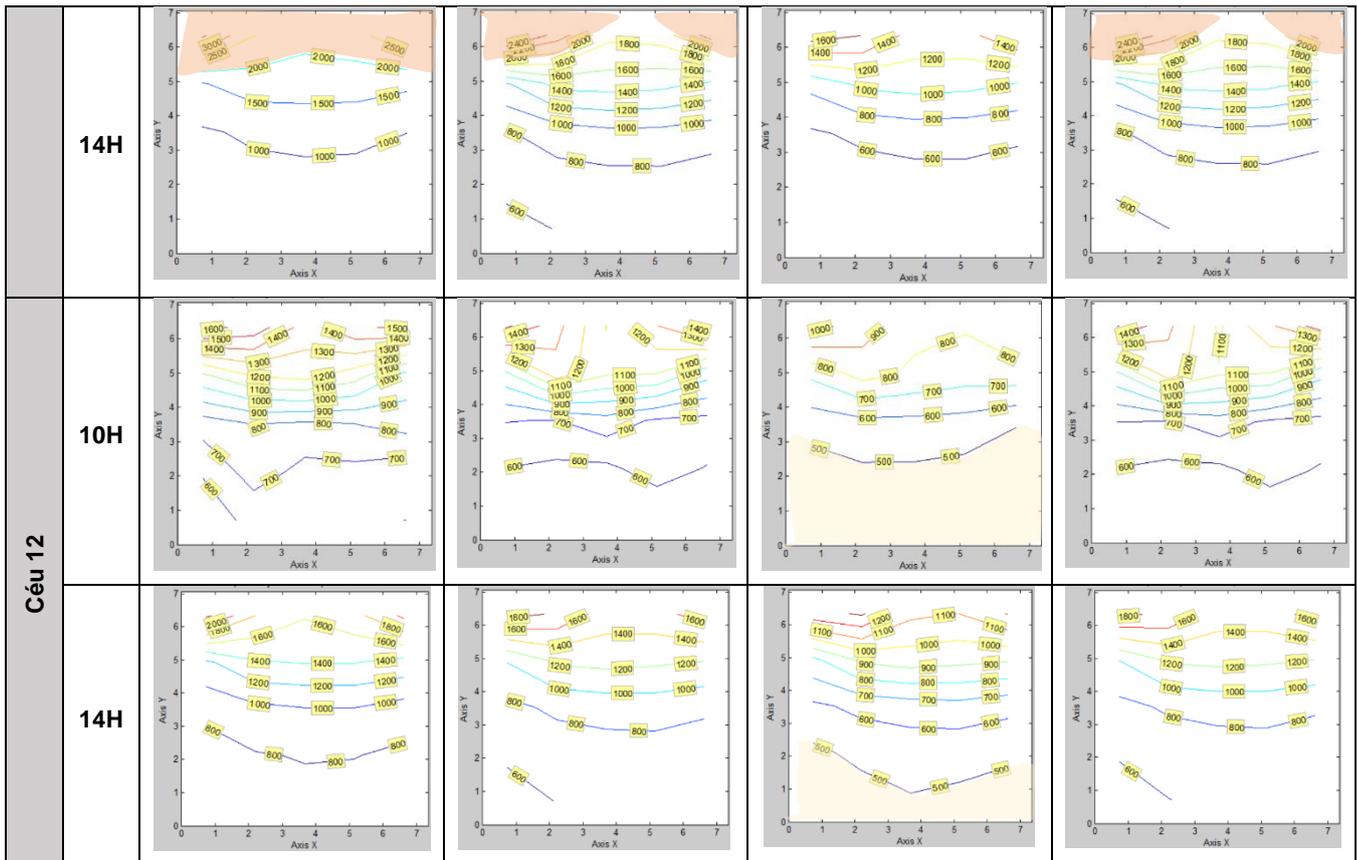
Quadro 18 – Critério analisado com relação à sua categoria

CATEGORIA			CRITÉRIO	ATENDIDO	ATENDIDO PARCIALMENTE	NÃO SE APLICA
<u>Desempenho luminoso do ambiente interno</u>	Ambiente		1.6 A profundidade do ambiente e localização da abertura			

Fonte: A autora.

Quadro 19 - Curvas Isolux para os dias de solstícios e equinócios, nos horários de 10h00 e 14h00, para os céus 3,7 e 12.





Fonte: A Autora; gráficos TropLux.

No que se refere às curvas isolux (Quadro 20), observa-se que para a tipologia de Céu 3 (encoberto) não há incidência de insolação excessiva (acima de 2.000lx) em nenhuma das datas analisadas, há apenas baixa incidência de iluminação, inferior a 500lx, representada pela marcação em amarelo, conforme prevê a NBR 15215-4 (ABNT, 2004). Vale destacar que para ambientes semelhantes ao analisado, situados em localidades com essa característica de céu, nos períodos de solstícios e equinócios, aproximadamente 50% da área de piso do compartimento apresenta baixos níveis de iluminância de acordo com a NBR 15215-4 (ABNT, 2004), (tracejado em vermelho, Quadro 10).

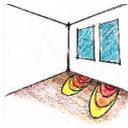
Observa-se que apenas para a tipologia de Céu 7 (parcialmente encoberto), o compartimento apresentou áreas com iluminação excessiva (acima de 2.000lux), mais relevante no período vespertino. Para a tipologia de Céu 12 (claro), o compartimento apresenta a predominância de valores de iluminância considerados suficiente sem a necessidade de iluminação complementar artificial e ausência de valores considerados excessivos (acima de 2.000lx).

Confirma-se desta forma que a localização da janela posicionada com relação à apenas uma orientação, não é possível distribuir de maneira igualitária a iluminação

no interior do compartimento, com concentração de iluminação em altos níveis em uma área da sala, o que é comprovado pelas curvas isolux.

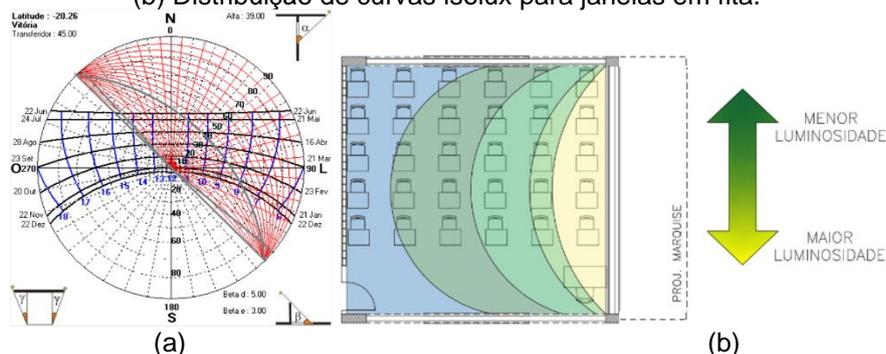
Com relação ao critério **1.7 “Distribuição das aberturas”** (QUADRO 20), foi utilizado o gráfico solar como instrumento de análise, e uma complementação com os resultados das UDIs. Observou-se, conforme Figura 20-a, que o compartimento analisado receberá insolação direta em sua parede externa em todos os horários dos dias durante o ano aproximadamente até às 12h00 nos meses de maior trajetória solar, e aproximadamente até às 15h00 nos meses de menor trajetória solar. O tempo de incidência solar direta é um pouco reduzido por meio da marquise, porém, mais de 50% destas horas ainda permanecem com insolação incidindo diretamente na fachada do compartimento. Apesar de ainda haver incidência solar direta na fachada da sala analisada, observa-se certa preocupação por parte dos projetistas em tirar partido de todo o perímetro da face externa da edificação para a instalação de janelas, contribuindo com a distribuição da luz e ausência de zonas de sombra pelo comprimento da sala, conforme ilustra a Figura 20-b.

Quadro 20 – Critério analisado com relação à sua categoria

CATEGORIA			CRITÉRIO	ATENDIDO	ATENDIDO PARCIALMENTE	NÃO SE APLICA
<u>Desempenho luminoso do ambiente interno</u>	Ambiente		1.7 Distribuição das aberturas			

Fonte: A autora.

Figura 22 - (a) Máscara de Sombra dos elementos sombreadores da sala analisada; (b) Distribuição de curvas isolux para janelas em fita.

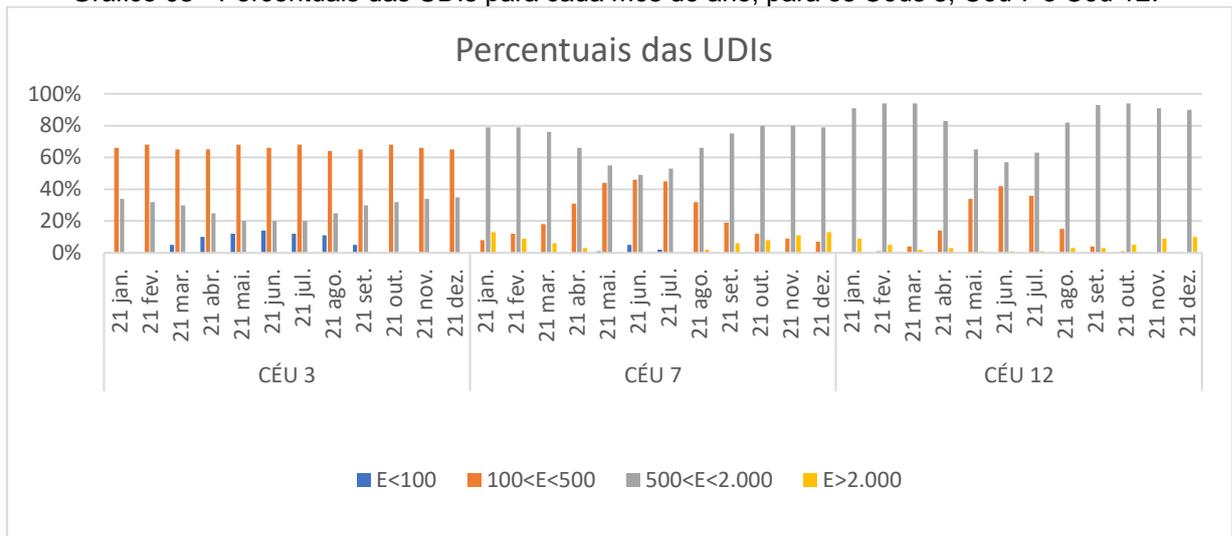


Fonte: (a) Programa Sol-Ar; (b) As Autoras.

Os resultados das simulações com relação aos percentuais das UDIs vêm complementar a análise realizada por meio do gráfico solar. De acordo com Gráfico 03 observa-se que para a tipologia de Céu 3 (encoberto) em nenhum momento dos dias durante todo o ano haverá percentuais que apresentarão características de iluminação excessiva no interior do compartimento ($E > 2.000 \text{lx}$). Porém, apenas 30% das horas dos dias durante o ano obterão iluminação natural considerada suficiente ($500 < E < 2.000 \text{lx}$) sem a necessidade de iluminação complementar artificial. Desta forma, ambientes iluminados com aberturas orientadas para Nordeste para esta tipologia de céu, irão requerer, em 70% das horas dos dias durante o ano, complementação com a iluminação artificial.

Para a tipologia de Céu 7 (parcialmente nublado) e Céu 12 (claro), observa-se um pequeno percentual de horas enquadrados no intervalo de iluminação excessiva ($E > 2.000$), ocasionando desconforto visual para o ambiente interno em função de ofuscamentos. Nota-se que tanto para o Céu 7 (parcialmente nublado), quanto para o Céu 12 (claro) o percentual de iluminação considerado suficiente ($500 < E < 2.000 \text{lx}$) cresceu consideravelmente, onde para o Céu 7 (parcialmente nublado) este valor chega a 70% e no Céu 12 (claro) o valor chega à 80%, reduzindo desta forma consideravelmente a necessidade de iluminação artificial complementar. Tanto para Céu 7 (parcialmente nublado) quanto para Céu 12 (claro) verifica-se que o atual dispositivo sombreador (marquise) não consegue proteger por completo a sala dos inconvenientes da alta iluminância. Isto pode ser observado também no Quadro 1, onde a máscara de sombra pode ser visualizada, tendo em vista que o sombreamento da abertura só é eficaz para alguns horários do dia, principalmente quando a altura solar é maior, em determinados meses do ano.

Gráfico 03 - Percentuais das UDIs para cada mês do ano, para os Céus 3, Céu 7 e Céu 12.

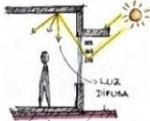


Fonte: (a) As Autoras.

Sendo assim, tem-se que a distribuição das janelas em fita é uma estratégia de projeto assertiva a fim de evitar áreas de sombra no ambiente interno. Porém, por vezes pode permitir a entrada abundante de iluminação, ocasionando ganhos excessivos de iluminação natural.

Com relação ao critério **1.8 “Dispositivos sombreadores”** (QUADRO 21), foi possível observar por meio da volumetria da edificação (FIGURA 21) que foram adotadas estratégias de sombreamento. Porém, conforme mostram as análises já apresentadas, estes artifícios não contribuem de maneira muito significativa na distribuição de iluminação no ambiente interno analisado.

Quadro 21 – Critério analisado com relação à sua categoria

CATEGORIA			CRITÉRIO	ATENDIDO	ATENDIDO PARCIALMENTE	NÃO SE APLICA
<u>Desempenho luminoso do ambiente interno</u>	Ambiente		1.8 Dispositivos sombreadores			

Fonte: A autora.

Figura 23 - Imagem do estacionamento da edificação.



Fonte: A Autora.

Segunda categoria do Checklist:

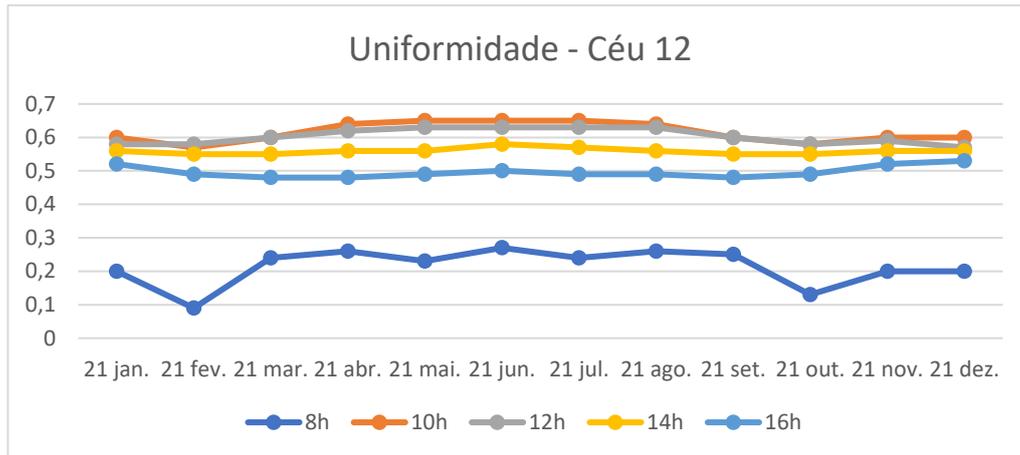
2. Eficiência energética da edificação

Com relação ao critério **2.1 “Setorização/Circuitos de acionamento das luminárias de acordo com a entrada de luz natural no ambiente interno”** (QUADRO 22), foi possível observar na visita *in loco* e por meio do projeto elétrico da sala de aula que o acendimento das luminárias é setorizado. Porém essa setorização segrega as luminárias de acordo com a proximidade ou afastamento do quadro de escrever (FIGURA 22), e não com relação a proximidade ou afastamento da abertura, conforme é a necessidade, de acordo com o que mostram às curvas isolux (QUADRO 19) já apresentadas.

Quadro 22 – Critério analisado com relação à sua categoria

CATEGORIA			CRITÉRIO	ATENDIDO	ATENDIDO PARCIALMENTE	NÃO SE APLICA
<u>Eficiência Energética da edificação</u>	Ambiente		2.1 Disposição e Setorização/Circuitos de acionamento das luminárias de acordo com a entrada de luz natural no ambiente interno			

Fonte: A autora.



Fonte: As Autoras.

De acordo com o Gráfico 04, para o Céu 3 (encoberto), observa-se a baixa uniformidade para todos os horários dos dias simulados durante o ano e uma constância nesses valores característica desta tipologia de céu. Logo, edificações em cidades com característica predominante de Céu 3 (encoberto), ao empregarem aberturas orientadas para Nordeste com características semelhantes às desta sala de aula, acarretarão para o ambiente interno, alto contraste de iluminância ao longo dos meses do ano.

Para o Céu 7 (parcialmente nublado), observa-se uma variação dos valores de uniformidade no decorrer dos horários dos dias durante o ano. Vale ressaltar que a pior performance neste quesito ocorre nos horários de 8h e de 16h, sendo estes respectivamente o primeiro e o último horário do dia simulados, horários em que o sol está com menor altura solar. Isto provavelmente é decorrente da entrada de radiação solar direta pela abertura, tendo em vista que a marquise não apresenta profundidade suficiente para sombrear estes raios solares mais baixos, conforme observa-se a máscara de sombra. A melhor situação ocorre para os horários de 10h e 12h, em que os níveis de uniformidade ultrapassam o mínimo de 0,5 estabelecido pela NBR ISO/CIE 8995-1:2013. Observa-se que para estes horários a profundidade da marquise contribui de maneira significativa com o sombreamento da abertura, impedindo a entrada de radiação solar direta, conforme máscara de sombra.

Para o Céu 12 (claro), observa-se uma maior variação dos valores de uniformidade no decorrer dos horários dos dias simulados. Assim como no céu 7 (parcialmente nublado) são nos horários de 10h e 12h que se observam as melhores performances. Nota-se um leve aumento da uniformidade no ambiente interno, isto provavelmente é decorrente da capacidade da marquise de conter a radiação solar

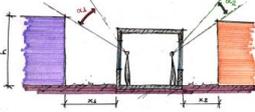
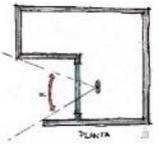
direta, conseqüentemente reduzindo a alta iluminância próximo da abertura e reduzindo os contrastes de iluminação.

Terceira categoria do Checklist:

3. Integração do ambiente interno e externo

Com relação ao critério 3.1 “Ângulo de visão externo em função das características do entorno edificado, distâncias (x) e alturas(h)” e 3.2 “Ângulo de visão externo em função da volumetria da edificação/localização da abertura” (QUADRO 23), foi possível observar *in loco* com base na bibliografia de Hellinga (2013) que a vista pela abertura do compartimento interno atende parcialmente ao critério em análise, levando em consideração que ela contempla uma parcela de céu e um ponto de vista horizontal da cidade (entorno), porém não é uma abertura que garante visão para as três camadas estabelecidas por Hellinga (2013), faltando contemplar a camada correspondente ao solo, conforme mostra Figura 24.

Quadro 23 – Critério analisado com relação à sua categoria

CATEGORIA			CRITÉRIO	ATENDIDO	ATENDIDO PARCIALMENTE	NÃO SE APLICA
<u>Integração ambiente interno e externo</u>	Urbano		3.1 Ângulo de visão externo em função das características do entorno edificado, distâncias (x) e alturas(h)			
	Edifício		3.2 Ângulo de visão externo em função da volumetria da edificação/localização da abertura			

Fonte: A autora.

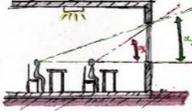
Figura 25 – Vista para o exterior do compartimento



Fonte: As Autoras.

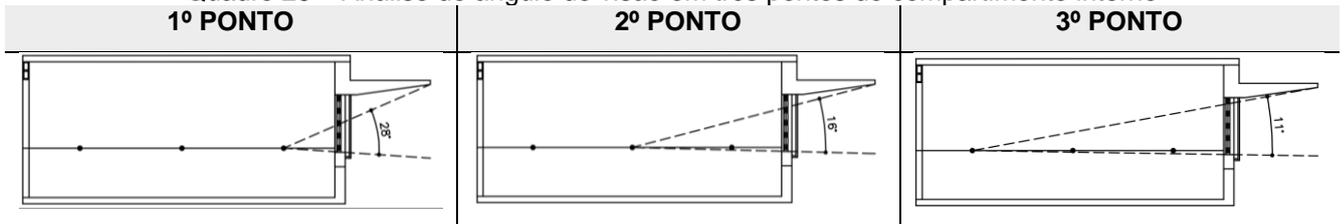
Com relação ao critério **3.3 “Ângulo de visão externo em função do leiaute”** (QUADRO 24) foi possível observar, de acordo com Quadro 25 que conforme esperado, na medida em que há um afastamento da abertura o ângulo de visão para o meio externo se reduz. Assim, observa-se que apesar de haver a possibilidade dos usuários terem vista para o meio externo, este ângulo de visão é bastante reduzido. É possível observar que até mesmo para o primeiro ponto de análise (mais próximo da abertura) o ângulo de visão, de 26°, não é tão significativa.

Quadro 24 – Critério analisado com relação à sua categoria

CATEGORIA			CRITÉRIO	ATENDIDO	ATENDIDO PARCIALMENTE	NÃO SE APLICA
<u>Integração ambiente interno e externo</u>	Ambiente		3.3 Ângulo de visão externo em função do leiaute.			

Fonte: A autora.

Quadro 25 – Análise do ângulo de visão em três pontos do compartimento interno



Fonte: A autora.

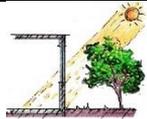
Quarta categoria do Checklist:

4. Dinâmica da Luz

Com relação ao critério 4.1 “Efeitos de luz e sombra decorrente da presença de vegetação” (QUADRO 26) foi possível observar *in loco*, conforme demonstra Figura 25, que apesar de haver vegetação no pátio da escola, esta vegetação está distante o suficiente da abertura da sala de aula analisada a ponto de não interferir com efeitos de luz no ambiente interno. Assim, entende-se que a sala de aula analisada não atende este critério.

Vale destacar que para uma sala de aula padrão, conforme a estudada, não é relevante de fato ter efeitos de luz no compartimento interno. Só se faz relevante este tipo de efeito para ambientes que possam estimular a criatividade do aluno, como por exemplo uma sala de aula de educação artística.

Quadro 26 – Critério analisado com relação à sua categoria

CATEGORIA			CRITÉRIO	ATENDIDO	ATENDIDO PARCIALMENTE	NÃO SE APLICA
<u>Dinâmica da Luz</u>	Urbano		4.1 Efeitos de luz e sombra decorrente da presença de vegetação			

Fonte: A autora.

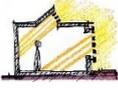
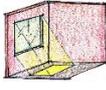
Figura 25 – Imagem do pátio da escola com demarcação em vermelho da sala de aula analisada



Fonte: A autora.

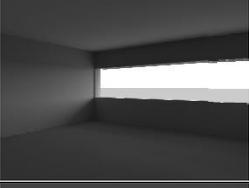
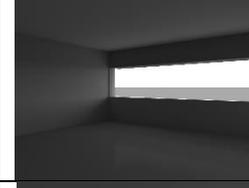
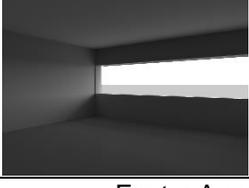
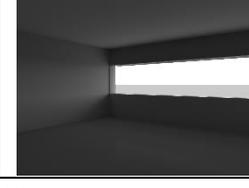
Com relação ao critério 4.2 “Dispositivos sombreadores que promovem efeitos visuais” e 4.3 “Contrastes com luz e sombra decorrente da incidência de luz solar direta” (QUADRO 27) foi possível observar de acordo com simulações no software Velux Daylight Visualizer 2 (QUADRO 28), que apesar do dispositivo sombreador existente do tipo marquise ter impacto na incidência de iluminação natural no ambiente interno proporcionando áreas de sombra, este sombreadimento não pode ser caracterizado como um efeito de iluminação. Nota-se que para nenhum dos horários ou data simulados ocorre desenhos de luz proposital no interior do compartimento.

Quadro 27 - Critério analisado com relação à sua categoria

CATEGORIA			CRITÉRIO	ATENDIDO	ATENDIDO PARCIALMENTE	NÃO SE APLICA
<u>Dinâmica da Luz</u>	Edifício		4.2 Dispositivos sombreadores que promovem efeitos visuais			
	Ambiente		4.3 Contrastes com luz e sombra decorrente da incidência de luz solar direta			

Fonte: A autora.

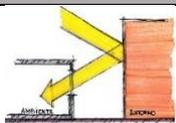
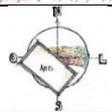
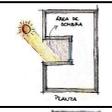
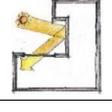
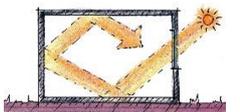
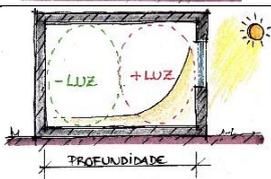
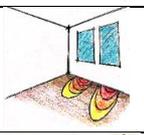
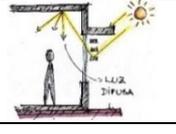
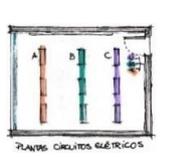
Quadro 28 – Quadro com simulações dos efeitos visuais no compartimento interno

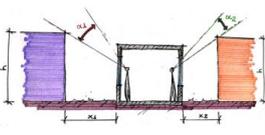
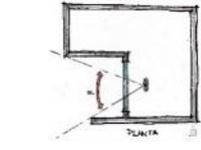
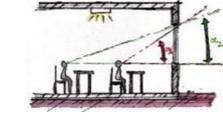
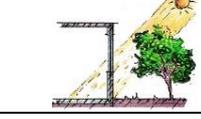
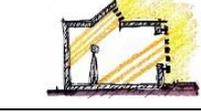
MÊS	HORÁRIOS	
	10H	14H
21 de Janeiro		
21 de Junho		
21 de Dezembro		

Fonte: A autora.

Assim, conforme já apresentado de forma fragmentada no decorrer deste capítulo, o Quadro 29 apresenta o checklist completo com todas as categorias abordadas e seus critérios correspondentes. Em Apêndice A, tem-se este mesmo quadro, porém com os critérios descritos de maneira mais reduzida.

Quadro 29 – Checklist para avaliação da utilização da iluminação natural no processo de projeto de edificações escolares

CATEGORIA			CRITÉRIO	ATENDIDO	ATENDIDO PARCIALMENTE	NÃO SE APLICA
<u>Desempenho luminoso do ambiente interno</u>	Urbano		1.1 Características de reflexão do entorno urbano			
	Edifício		1.2 Orientação de fachadas e aberturas do ambiente interno			
			1.3 Sombreamentos provenientes de volumetria da própria edificação			
			1.4 Características de reflexão da volumetria da própria edificação			
	Ambiente		1.5 Características de reflexão das superfícies internas			
			1.6 A profundidade do ambiente e localização da abertura			
			1.7 Distribuição das aberturas			
			1.8 Dispositivos sombreadores			
			2.1 Disposição e Setorização/Circuitos de acionamento das luminárias de acordo com a entrada de luz natural no ambiente interno			
	<u>Eficiência Energética da edificação</u>	Ambiente		2.1 Disposição e Setorização/Circuitos de acionamento das luminárias de acordo com a entrada de luz natural no ambiente interno		

<u>Integração ambiente interno e externo</u>	Urbano		3.1 Ângulo de visão externo em função das características do entorno edificado, distâncias (x) e alturas(h)			
	Edifício		3.2 Ângulo de visão externo em função da volumetria da edificação/localização da abertura			
	Ambiente		3.3 Ângulo de visão externo em função do leiaute.			
<u>Dinâmica da Luz</u>	Urbano		4.1 Efeitos de luz e sombra decorrente da presença de vegetação			
	Edifício		4.2 Dispositivos sombreadores que promovem efeitos visuais			
	Ambiente		4.3 Contrastes com luz e sombra decorrente da incidência de luz solar direta			

Fonte: A autora.

6.2 ANÁLISE DA ENTREVISTA

A tipologia de entrevista adotada para esta pesquisa é caracterizada como entrevista semi estruturada. Esta tipologia possui uma série de questões previamente estabelecidas e ainda permite que o entrevistador inclua um conjunto de outras questões no decorrer da entrevista.

A entrevistada foi a Arquiteta e Urbanista e Gerente de Projetos da Prefeitura Municipal de Vitória-ES (PMV), Cláudia Miller, no dia 6 de outubro de 2020, às 14h, de forma presencial na Secretaria de Obras e Habitação da cidade de Vitória-ES (SEMOHAB). As perguntas para a entrevista foram organizadas tomando como base o conteúdo descrito nas CATEGORIAS e CRITÉRIOS estabelecidos no checklist. Assim, apresenta-se um Quadro 30, localizado no Apêndice B, descrevendo as perguntas realizadas na entrevista, o objetivo de cada pergunta para a pesquisa e por fim, na quarta coluna, a resposta dada pela entrevistada.

Conforme entrevista apresentada no Quadro 30 (APÊNDICE B), Cláudia Miller afirma que a equipe responsável pela elaboração dos projetos educacionais segue uma metodologia de projeto determinada por meio de um documento titulado como

“Carta de Diretrizes”, que contém o programa de necessidades das instituições educacionais, áreas pré-estabelecidas, acabamentos, os quais compõe um modelo de “escola padrão”.

De acordo com as respostas da entrevista, conforme mostra o Quadro 30, pode ser observado que o projeto analisado não explora as máximas potencialidades que a abertura tem no que se refere às categorias já descritas anteriormente. Há uma preocupação de forma geral com o ganho de calor em função do acesso da radiação solar, a qual pode ocasionar o desconforto térmico. Porém não se percebe a mesma atenção no que se refere aos possíveis ganhos excessivos indesejáveis de iluminação natural, o que pode acarretar brilho excessivo na abertura (ofuscamento) com contrastes indesejáveis no interior do compartimento.

6.3 CONFRONTAMENTO DOS RESULTADOS DA ENTREVISTA COM AS ANÁLISES DO CHECK LIST

No que se refere à categoria “Desempenho luminoso do ambiente interno”, as respostas da entrevista afirmam que há uma preocupação por parte dos projetistas com relação ao conforto ambiental dos ambientes internos, porém se dá mais ênfase em evitar o ganho de radiação solar direta com vistas a reduzir o ganho térmico. Esta resposta é comprovada por meio das análises realizadas no check list, onde se observa que o dimensionamento da marquise, por exemplo, foi capaz de reduzir a radiação solar direta em até 6 horas do dia nos pontos mais profundos do ambiente. Porém a iluminação útil do ambiente é bastante reduzida, visto que há meses onde somente 50% das horas do dia serão contemplados com iluminação útil (céu 7 e 12), chegando a somente 20% das horas do dia (céu 3). Isto comprova a eficiência do projeto na redução da radiação solar direta e controle térmico no ambiente, mas não com relação à garantia de iluminação natural suficiente para a realização das atividades.

No que se refere à categoria “Eficiência energética da edificação”, os resultados da entrevista apontam que esta questão não é tão explorada durante o processo de projeto das edificações escolares. O resultado da entrevista é ratificado quando comparado com a análise do check list, que evidencia a carência de estratégias de projeto com vistas a conciliar os sistemas de iluminação artificial com o natural. Dentre as questões constatadas observa-se que não há uma setorização da iluminação artificial de acordo com a entrada de luz natural no ambiente interno. Porém, quando

são observados os valores de uniformidade das simulações entende-se a necessidade da implantação desse sistema, tendo em vista que para todas as características de céu analisadas a uniformidade permanece inferior ao mínimo estabelecido pela NBR ISO/CIE 8995-1:2013, a qual indica valores de uniformidade superiores a 0,5. Isto comprova a ineficiência do projeto com relação à categoria “Eficiência energética da edificação”, visto que a associação entre os setores de iluminação artificial e o acesso da iluminação natural pela abertura podem reduzir significativamente a demanda por iluminação artificial e conseqüentemente aumentar o desempenho energético da edificação.

No que se refere à categoria “Integração entre ambiente interno e ambiente externo”, as respostas da entrevista divergem dos resultados da avaliação realizada por meio do check list. Os resultados da entrevista apontam que há uma preocupação em integrar o ambiente interno com o ambiente externo. Observa-se, porém, que no projeto o ângulo de visão adotado para o exterior, não contempla todas as “camadas horizontais da paisagem” (Céu, Cidade ou Paisagem e uma camada de Piso), conforme método avaliativo adotado para esta pesquisa (HELLINGA (2013)). Isto comprova o atendimento parcial à categoria “Integração entre ambiente interno e ambiente externo”.

No que se refere à categoria “Dinâmica da Luz”, os resultados da entrevista mostram que, no processo de projeto, as potencialidades da iluminação natural no que se refere à seus efeitos visuais não são exploradas. Este resultado é comprovado por meio das análises do check list que de fato demonstram que apesar de haver incidência de luz no compartimento interno, essa incidência não foi pensada de forma proposital a fim de criar efeitos visuais, conforme comprovam simulações computacionais utilizadas para avaliar este critério. Vale destacar que os efeitos visuais decorrentes da incidência de iluminação natural devem ser tratados de forma cuidadosa, tendo em vista que áreas de luz e sombra quando não exploradas de maneira correta podem ocasionar desconforto à atividade a ser desenvolvida. Buscar retratar os efeitos da iluminação são questões que devem ser observadas principalmente em ambientes que buscam estimular a criatividade, como por exemplo uma sala de educação artística.

Dessa forma, é possível diagnosticar que os critérios estabelecidos no check list sintetizam recomendações pertinentes com relação à inserção da iluminação natural no processo de projeto. A ferramenta pode auxiliar os projetistas a

implementarem instrumentos de observação, análise e inserção da iluminação natural nos ambientes internos escolares. Buscou-se ainda despertar o olhar do projetista para outras vertentes que a abertura pode proporcionar aos usuários do ambiente interno, como por exemplo a integração com o meio externo e as sensações que os desenhos de luz proporcionam ao usuário (Categoria 3 e 4). Essas questões são mais raramente contempladas durante o processo de projeto e influenciam diretamente na percepção dos usuários com relação à qualidade da iluminação.

CAPÍTULO VII

CONCLUSÃO

Este capítulo apresenta as conclusões da pesquisa. Inicialmente são abordados de forma sucinta os objetivos de cada capítulo e os resultados encontrados. Em seguida apresentam-se as principais conclusões da etapa de construção e aplicação do check list bem como da construção do roteiro e aplicação da entrevista. Por fim são apresentadas as limitações da pesquisa e sugestões para trabalhos futuros.

7.1 CONCLUSÕES SUCINTAS DOS OBJETIVOS DA PESQUISA

Esta pesquisa teve como objetivo principal analisar as estratégias de iluminação natural no processo de projeto de arquitetura educacional. Por meio da metodologia adotada, baseada na elaboração de um check list e dos resultados da entrevista, buscou-se informações que contribuam para a inserção da iluminação natural no processo de projeto das edificações escolares.

O primeiro e segundo objetivo específico foram respectivamente: abordar os benefícios biológicos, psicológicos e melhora no desempenho do usuário, no qual boas condições de iluminação podem proporcionar, bem como discorrer, sobre a integração dos usuários com o ambiente externo e a importância desta interação para o processo de aprendizado. O segundo capítulo desta pesquisa mostrou essa abordagem, comprovando por meio de referências bibliográficas os benefícios da luz natural e a relevância de integrar ambientes internos com o meio externo para a saúde humana.

O terceiro e quarto objetivo específico foram respectivamente: discutir efeitos visuais que a luz proporciona por intermédio das aberturas laterais e relacionar a integração da luz natural com a iluminação artificial, garantindo maior eficiência energética à edificação. No terceiro capítulo desta pesquisa buscou-se explorar as variáveis do espaço arquitetônico que influenciam diretamente na incidência de luz natural no interior dos compartimentos a fim de compreender as características físicas da luz, dinâmica da iluminação e eficiência energética dos espaços edificados.

Em função desses objetivos, o quarto capítulo dessa dissertação foi elaborado a fim de fazer referência ao ambiente interno educacional, buscando incorporar adequadamente a iluminação natural em espaços educacionais e regulamentações que regem a sua utilização.

7.2 RESULTADOS DA CONSTRUÇÃO E APLICAÇÃO DO CHECK LIST

Foi observado que durante o processo de projeto de um espaço educacional, estratégias devem ser incorporadas a fim de garantir qualidade de iluminação natural para os ambientes internos proveniente de aberturas laterais (janelas). Assim, a partir do referencial teórico analisado elegeu-se algumas atribuições para as aberturas (janelas), a serem tratadas a seguir: garantir entrada de iluminação adequada ao ambiente interno, contribuir para a eficiência energética da edificação, permitir a visualização para o meio externo e proporcionar desenhos de luz natural no compartimento interno. Logo, o check list foi segmentado em função dessas atribuições, buscando explorar essas questões relativas à iluminação natural, sendo detectado esses “termos chaves”, aqui denominados como “**categorias**”.

Com relação a categoria 1 “Desempenho luminoso do ambiente interno”, buscou-se abordar questões relacionadas à integração da iluminação natural no ambiente interno de maneira funcional. Para esta categoria foi possível observar que, a sala de aula analisada, atende alguns dos critérios pertencentes à ela, porém as estratégias adotadas não foram suficientes a fim de garantir um desempenho luminoso na sala de aula em todos os horários dos dias simulados e uma distribuição uniforme no interior do compartimento.

Com relação a categoria 2 “Eficiência energética da edificação”, buscou-se abordar questões relacionadas à integração da iluminação natural com a iluminação artificial, a fim de conciliar o acendimento das luminárias. Para esta categoria foi possível observar que não são adotadas estratégias que buscam maior eficiência energética da edificação com relação ao melhor aproveitamento da iluminação natural.

Com relação a categoria 3 “Integração ambiente interno e externo”, buscou-se abordar questões relacionadas à integração do ambiente interno com o ambiente exterior da edificação, seu entorno construído. Para esta categoria foi possível observar que a sala de aula atende parcialmente os critérios estabelecidos para análise. Observa-se que não há interferência do entorno urbano no ângulo de visão externo, tampouco da volumetria da própria edificação. Porém, observa-se a redução do ângulo de visão dos usuários para o meio externo quando estão locados mais distantes da abertura.

Com relação a categoria 4 “Dinâmica da Luz”, buscou-se abordar questões relacionadas aos desenhos de luz nos espaços internos, considerando áreas de cheios e vazios, luz e sombra. Para esta categoria foi possível observar que não há efeitos de iluminação natural no ambiente interno decorrente da incidência de iluminação como consequência das características arquitetônicas do espaço.

7.3 RESULTADOS DA CONSTRUÇÃO DO ROTEIRO DA ENTREVISTA E SUA APLICAÇÃO

A construção do roteiro da entrevista permitiu identificar questões que deveriam ser contempladas no processo de projeto a fim de se obter um projeto final com maior eficiência energética explorando ao máximo as potencialidades da luz natural. Por isso, foi elaborado um roteiro com perguntas pertinentes a cada categoria, com vistas a observar as contribuições das respostas para a pesquisa.

O resultados da entrevista mostram que muitas estratégias de projeto tomadas pela equipe da PMV são estratégias padronizadas, buscando prioritariamente seguir os padrões pré-estabelecidos pelo “Caderno de Diretrizes” e pelo Código de Obras de Vitória-ES. Assim, observa-se que a incidência de iluminação natural no ambiente interno é uma consequência dessas estratégias padronizadas, e não são analisadas de forma individualizada e específica para cada projeto.

A partir da aplicação da entrevista foi possível observar os pontos de convergência e divergência entre as respostas obtidas e os resultados do check list, diagnosticando desta forma o que de fato é incorporado ao processo de projeto. Conclui-se que os resultados da entrevista confirmam o diagnóstico obtido por meio da análise do check list, apontando para a necessidade de incorporação de diretrizes que possam auxiliar o processo de projeto de edificações escolares com relação à inserção da iluminação natural em suas quatro categorias.

7.4 PRINCIPAIS CONCLUSÕES E LIMITAÇÕES DA PESQUISA

Levando em consideração os objetivos da dissertação, entende-se que a pesquisa alcançou os resultados esperados. Os estudos da iluminação natural devem prever uma abordagem quantitativa e qualitativa. Para essa pesquisa a incorporação da iluminação natural no processo de projeto arquitetônico de um espaço escolar, deve a ser entendida como o atendimento das categorias estabelecidas no check list:

desempenho luminoso no ambiente interno, eficiência energética da edificação, integração ambiente interno e externo e dinâmica da luz.

A análise levou a concluir que a estruturação do check list, como ferramenta de auxílio ao processo de projeto de edificações escolares, pode ser utilizada de forma a colaborar no melhor aproveitamento da iluminação natural nessas tipologias de projetos. Evidencia-se também que o check list possa ser utilizado do mesmo modo em edificações existentes, com o intuito de promover o seu retrofit, adequando-as à um melhor aproveitamento da luz natural.

O confronto entre os resultados do check list e da entrevista possibilitou também reconhecer as dificuldades enfrentadas em um processo de projeto e identificar as deficiências do método aqui proposto, o que possibilitará desta forma, futuras correções em novos projetos. Vale destacar ainda que a elaboração do check list aliada à análise da entrevista ultrapassaram a sua confecção, se estendendo para a sua aplicação em ambiente existente, permitindo que a consolidação e validação dessa ferramenta de auxílio se concretizasse.

O trabalho trata de algumas situações específicas, e apesar de suas contribuições, a pesquisa apresenta **limitações**. Assim, expõe-se algumas limitações do trabalho:

- Disponibilidade de luz natural foi da cidade de Vitória-ES, portanto não foi analisado ambiente localizado em outras latitudes;
- Foram estabelecidas condições de céu específicas (Céu nublado, parcialmente nublado e Céu claro);
- Foi utilizada geometria de ambiente existente, portanto, não houve variação da configuração arquitetônica do espaço;
- Aberturas com tipologia de abertura lateral (janelas com pele de vidro comum transparente);
- As análises foram realizadas considerando uma situação existente, com apenas uma orientação;
- Refletâncias de piso, parede e teto considerando condições pré-estabelecidas existentes.

O estudo realizado nesta dissertação pode ser aprimorado e estendido de algumas maneiras a partir de lacunas identificadas para **trabalhos futuros**, sendo elas:

- Ampliar a abordagem da análise da iluminação natural para outras tipologias arquitetônicas, como por exemplo espaços comerciais, residências, hospitais, etc;
- Qualificar pesos a cada uma das categorias e seus respectivos critérios;
- Verificar os resultados em diferentes latitudes;
- Incluir análise sob a perspectiva do usuário;
- Estabelecer em qual momento do processo de projeto cada um dos critérios devem ser atendidos.

CAPÍTULO VIII

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALBERTINI, V.; L. S. A. **Influência de janelas falsas no bem-estar de usuários efetivos de ambientes enclausurados**. Dissertação. UNICAMP. Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo. Campinas. 2017.

ALBERTINI, V.; SCARAZZATO, P. S. **A influência de janelas falsas no bem-estar de usuários efetivos de ambientes enclausurados**. In: XIII Encontro Nacional e IX Encontro Latino-americano de Conforto no Ambiente Construído, 2015, Campinas. Anais. ENCAC 2015.

AMORIM, C.N.D. PARANOÁ: cadernos de arquitetura e urbanismo (**Diagrama Morfológico Parte I – Instrumento de análise e projeto ambiental com uso da luz natural**) / Revista do Programa de Pesquisa e Pós-Graduação da FAU-UnB. Ano 6, n.3 (agosto 2007) – Brasília FAU UnB, 2007.

ANALYSIS SOL-AR. Software para carta solar e mapeamento de sombras. Laboratório de Eficiência Energética em Edificações, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis. Disponível para download em: <<https://labeee.ufsc.br/downloads/softwares/analysis-sol-ar>> Acesso em: 19 de outubro de 2020.

ANDERSEN, M.; MARDALJEVIC, J.; LOCKLEY, SW. **A framework for predicting the non-visual effects of daylight – Part I: photobiology-based model**. *Society of Light and Lighting*. *Lighting Res. Technol.* 44: 37–53. 2012.

ARCH DAILY BRASIL. **Arch Daily**. Disponível em: <www.archdaily.com.br>. Acesso em: 27 de junho de 2020.

ARIES, M. B. C.; VEITCH, J. A.; NEWSHAM, G. R. **Windows, View, and Office Characteristics Predict Physical and Psychological Discomfort**. *Journal of Environmental Psychology*, v. 30, n. 4, p. 533-541, dez. 2010.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 5413: Iluminância de Interiores**. 1992.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR ISO 8995-1: Iluminação de ambientes de trabalho – Parte 1: Interior**. Rio de Janeiro. 2013.

BAEZA, A.C. **LA IDEA CONSTRUIDA, La Arquitectura a la luz de las palabras**. Colegio Oficial de Arquitectos de Madrid (COAM). 1996.

BAKER, N. and STEEMERS, K. **Daylighting Design of Buildings**. James and James Editors, London, 2002.

BAKER, N.; FANCHIOTTI, A.; & STEEMERS, Koen. **Daylighting in architecture: A European Reference Book**. Londres: James and James Editors, 1993.

BAKER, N.; FANCHIOTTI, A.; STEEMERS, K. **Daylighting in Architecture**. A European Reference Book. James and James Editors, London, 1993.

BAKER, N.; STEEMERS, K. **Daylighting Design of Buildings**. James and James Editors, London, 2002.

BARNABÉ, P.M.; **A Poética da Luz Natural na Obra de Oscar Niemeyer**. Semina: Ciências Humanas e Sociais, Londrina, v. 23, p. 3-14, set. 2002.

BARNABÉ, P.M.; GASPERINI, G.C **A luz natural como diretriz de projeto**. Pós N.22. São Paulo, 2008.

BELLIA, L.; PEDACE, A.; BARBATO, G. **Daylighting offices: A first step toward an analysis of photobiological effects for design practice purposes**. Building and Environment, [s.l.], v.74, p. 54-64, abr. 2014.

BENFIELD, J. A. et al. **Classrooms with Nature Views: evidence of differing student perceptions and behaviors**. Environment and Behavior, v. 47, n. 2, p. 140-157, 2013.

BERTOLOTI, D. **Iluminação natural em projetos de escolas: uma proposta de metodologia para melhorar a qualidade da iluminação e conservar energia**. Dissertação, FAUUSP. São Paulo, 2007.

BEUTE, F.; DE KORT, Y. A. W. **Let the Sun Shine! Measuring explicit and implicit preference for environments differing in naturalness, weather type and brightness**. Journal of Environmental Psychology, v. 36, p. 162-178, dez. 2013.

BITTENCOURT, L. **Uso das Cartas Solares: diretrizes para arquitetos**. Maceió: EDUFAL, 2004.

BORTOLAN, G.M.Z.; FERREIRA, M.G.G.; TEZZA, R. **Questionários de avaliação do conforto visual: revisão e análise**. PARC, Pesquisa em Arquitetura e Construção. V.10. 2019.

BOYCE, Peter R.; HUNTER, Cláudia; HOWLETT, Owen. **The benefits of daylight through windows**. Troy, New York: Lighting Research Center – Rensselaer Polytechnic Institute. P. 88. 2003.

BRANDSTON, H. **Aprender a ver: a essência do design da iluminação**. São Paulo, SP: De Maio Comunicação e Editora, 2010.

BROWN, G. Z. DEKAY, M. **Sol, vento e luz, estratégias para o projeto de arquitetura**. 2ª. Ed. 415 p. São Paulo: Bookman, 2004.

CAGNIN, G.; ROCHA, P. R. S. **O estudo da cor da criação de ambientes**. Iniciação - Revista de Iniciação Científica, Tecnológica e Artística Edição Temática em Comunicação, Arquitetura e Design. Vol. 7 no 2 – Março de 2019, São Paulo: Centro Universitário Senac. ISSN 2179-474X. 2019.

CARLO, J.; PEREIRA, F. O. R.; LAMBERTS, R. **Iluminação natural para redução do consumo de energia de edificações de escritório aplicando propostas de**

eficiência energética para o Código de Obras do Recife. X ENTAC. São Paulo. 2004.

CARVALHO, M. L. S.; CABÚS, R. C. **Eficiência da luz solar refletida e desempenho de dispositivos de sombreamento.** Ambiente Construído, Porto Alegre, v. 20, n. 2, p. 191-209, abr./jun. 2020.

CARVALHO, T.C.P. de. **Arquitetura escolar inclusiva: construindo espaços para a educação infantil.** Tese de Doutorado. Programa de Pós-graduação em Arquitetura e Urbanismo da Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo. 2008.

CASTANHEIRA, L.M. **Estudo da influência da luz natural na qualidade da iluminação e na eficiência energética.** Dissertação (Mestrado). Curso de Engenharia Civil, Universidade Nova de Lisboa. Lisboa. 2012.

CASTRO, A. P. de A. S.; LABAKI, L. C.; CARAM, R. M.; BASSO, A.; FERNANDES, M. R. **Medidas de refletância de cores de tintas através de análise espectral.** Ambiente Construído, Porto Alegre, v. 3, n. 2, p. 69-76, abr./jun. 2003.

CASTRO, G. N.; LEDER, S. M.; SILVA, L. B.; SOUZA, E. L. **Componentes de condução da luz natural em edifícios multifamiliares: análise de um código de obras.** Ambient. constr. vol.15 no.2 Porto Alegre Apr./June 2015.

CHAN, T. C. e RICHARDSON, M. D. **Ins and outs of school facility management: More than bricks and mortar.** Lanham, MD: Scarecrow Education. 2005.

CINTRA, M.S. **Arquitetura e luz natural: A influência da profundidade de ambientes em edificações residenciais.** Dissertação de Mestrado. Brasília – DF; UnB; 2011.

CÓRICA, L.; PATTINI, A. **Protocolo de Mediciones de Iluminación Natural en Recintos Urbanos.** ASADES - Avances em Energías Renovables y Médio Ambiente, vol. 9, Argentina, 2005.

DE ALBUQUERQUE, M. S. C.; AMORIM, C. N. D. **Iluminação Natural: indicações de profundidade-limite de ambientes para iluminação natural no RTQ-R.** Ambiente Construído, Porto Alegre, v. 12, n. 2, p. 37-57, abr./jun. 2012.

DELIBERADOR, M.S et al. **O processo de projeto de arquitetura escolar no Estado de São Paulo: caracterização e possibilidades de intervenção.** Campinas, São Paulo. 2010.

DIAS, A. F. A. **Análise do uso da luz natural em salas de aula: estudo de caso em Aracaju–SE.** 2011. 142 f. Dissertação (Mestrado) – Curso de Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal de Alagoas, Maceió, 2011.

DIRETRIZES, Caderno de. **Elaboração de Projetos EMEF.** Prefeitura Municipal de Vitória-ES. Vitória. Abril de 2008.

EDWARDS, L.; TORCELLINI, P. **A Literature Review of the Effects of Natural Light on Building Occupants.** National Renewable Energy Laboratory. Golden, Colorado: 2002. 2002, 54 p. (NREL/TP-550-30769)

FARLEY, K.; VEITCH, J. **A room with a view: a review of the effects of windows on work and well-being.** Ottawa, Canada: Institute for Research in Construction, 2001. Report nº RR136.

FASSINA, S. P.; LARANJA, A. C. **Balcões refletores e a disponibilidade da iluminação natural em salas de aula: o caso do Instituto Federal do Espírito Santo-Campus Colatina.** SBE16 Brazil & Portugal Sustainable Urban Communities towards a Nearly Zero Impact Built Environment ISBN: 978-85-92631-00-0. 2016.

FERNANDES, J. T. **Código de obras e edificações do DF: inserção de conceitos bioclimáticos, conforto térmico e eficiência energética.** Dissertação, Brasília: PPG-FAU/UnB, Brasília, 2009.

FERNANDES, J.T. **Qualidade da Iluminação Natural e o Projeto Arquitetônico: a relação da satisfação do usuário quanto à vista exterior da janela e a percepção de ofuscamento.** Tese de Doutorado em Arquitetura e Urbanismo. PPG-FAU/UnB, Brasília-DF. 2016.

FINIMUNDI, M. **A relação entre o ritmo circadiano/rendimento escolar/turno escolar de estudantes de escolas públicas no município de Farroupilha/RS.** 2012. 91 f. Tese (Doutorado) – Curso de Ciências Base da Saúde, Programa de Pós-Graduação, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2012.

FONSECA, R.W. **Iluminação natural e consumo energético de edificações não residenciais: Aplicação de redes neurais artificiais.** Tese de Doutorado. PPGECC, Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis. 2015.

FONSECA, R.W.; PEREIRA, F.O. R. **Sequência metodológica para a estimativa da iluminação natural e suas implicações em sistemas de avaliação de desempenho de edificações.** Ambiente construído, vol.17 n.1 Porto Alegre Jan./Mar. 2017.

FREEWAN, A. A. **Developing daylight devices matrix with special integration with building design process.** Sustainable Cities and Society, v. 15, p. 144–152, jul. 2015.

GRAÇA, V. A. C. da; KOWALTOWSKI, D. C. C. K.; PETRECHE, J. R. D. **Na Evaluation method for school building design at the preliminary phase with optimisation of aspects of environmental comfort for the school system of the State São Paulo in Brazil.** Building And Environment, [s.l.], v. 42, n. 2. Elsevier BV. 2007.

Guide for Daylighting Schools. **Developed by Innovative Design.** For Daylight Dividends. Administered by Lighting Research Center; Rensselaer Polytechnic Institute. 2004.

HARB, F.; HIDALGO, M. P.; MARTAU, B. **Lack of exposure to natural light in the workspace is associated with physiological, sleep and depressive symptoms.** Chronobiology International, v. 32, n. 3, p. 368-375, 2014.

HEERWAGEN, J.H., ORIANS, G.H. **Adaptations to Windowlessness: A Study of the Use of Visual Décor in Windowed and Windowless Offices.** Environment and Behavior, Vol. 18, No. 5, p. 623-639, 1986.

HELLINGA, H. **Daylight and View: the Influence of Windows on the Visual Quality of Indoor Spaces.** Tese, TU Delft – Delft University of Technology, Netherlands, 2013.

HELLINGA, H.; HORDIJK, T. **The D&V analysis method: A method for the analysis of daylight access and view quality.** Building and Environment. V. 79, p. 101–114, 2014. James Editors, 2014.

HOPKINSON, R. G.; PETHERBRIDGE, P.; LONGMORE, J. **Illuminação Natural. Fundação Calouste Gulbenkian.** Lisboa. 1966. Tradução do original inglês intitulado: Daylighting. London 1975.

HOPKINSON, R.G. **Illuminação Natural.** 2 ed. Lisboa, Fundação C. Gulbenkian. P. 776. 1980.

HOURLANI, M. M.; HAMMAD, R. N. **Impact of Daylight Quality on Architectural SpaceDynamics: Case Study: City Mall.** Renewable and Sustainable Energy Reviews, 16(6): p. 3579–3585. 2012.

IEA - International Energy Agency. **Daylight in buildings: a source book on daylighting systems and components.** A report of IEA Task 21/ Ecbs, Annex 29. 2000.

JOVANOVIC, A.; PEJIC, P.; DJORIC-VELJKOVIC, S.; KARAMARKOVIC, J.; DJELIC, M. **Importance of building orientation in determining daylighting quality in student dorm rooms: Physical and simulated daylighting parameters' values compared to subjective survey results.** Energy and Buildings. V. 77, p. 158-170. 2014.

KANITZ, Stephen. Aprendendo a pensar. **Blog Stephen Kanitz.** Agosto, 2013.

KAUP, M. L.; KIM, H.; DUDEK, M. **Planning to Learn: The Role of Interior Design in Educational Settings.** International Journal of Design for Learning, v. 4, n. 2, p. 41–55, 2013.

KEELER, M.; BURKE, B. 2010. **Fundamentos de projeto de edificações sustentáveis.** Porto Alegre: Bookman.

KIM, J. T.; SHIN, J. Y.; YUN, G. Y. **Prediction of discomfort glares from windows: influence of the subjective evaluation of window views.** Indoor Built Environment. V. 21, n.1, p. 92-97, 2011.

KORT, Y.; VEITCH, J. A. **From blind spot into the spotlight. Introduction to the special issue 'Light, lighting, and human behaviour'.** Journal of Environmental Psychology. V. 39, p. 1-4, 2014.

KOWALTOWSKI, D. C. C. K. 2011. **Arquitetura Escolar: O projeto do ambiente de ensino.** São Paulo: oficina de textos. 2011.

KOWALTOWSKI, Doris CCK. **Arquitetura escolar: o projeto do ambiente de ensino**. Oficina de textos, 2011.

KREMER, A. **A influência de obstrução solar no nível e na distribuição interna de iluminação natural: Estudo de caso em protótipo escolar de Florianópolis**. Dissertação. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil. Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis. 2002.

KULVE, M. *et al.* **The Influence of Light on Thermal Responses**. Acta Physiologica, v. 216, n. 2, p. 163-185, 2016.

LAM, W.M.C. **Sunlighting as formgiver for architecture**. Van Nostrand Reinold company: New York, 1986.

IKEDA, D. F. R. **Análise de Projeto com foco em Iluminação Natural: aprimoramento e validação de um método**. Dissertação, Brasília: FAU/UnB, 2012.

LAMBERT, R.; DUTRA, L.P. **Eficiência Energética na Arquitetura**. 3ª edição, Procel, Rio de Janeiro, 2014.

LAMBERTS, R., DUTRA, L.; PEREIRA, F. O. **Eficiência Energética nas Arquitetura**. São Paulo – SP: UFSC/Procel/Eletróbrás, 2014.

LAMBERTS, R.; DUTRA, L.; PEREIRA, F.O.R. **Eficiência Energética na Arquitetura**. 2 ed. ProLivros: São Paulo, 2004.

LAMBERTS, R.; GHISI, E. **Avaliação do Potencial de Conservação de Energia Elétrica Através de Estudo de Retrofit no Sistema de Iluminação da UFSC**. ENCAC 97 - IV Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, Salvador, 1997.

LARANJA, A. C. **Parâmetros urbanos e a disponibilidade de iluminação natural no ambiente interno**. 2010. 285 f. Tese (Doutorado em Arquitetura) - Programa de Pós-graduação em Arquitetura, UFRJ, Rio de Janeiro, 2010.

LARANJA, A. C.; FERREIRA, N. S. ALVAREZ, C. E. **Análise da influência da variação das superfícies refletoras na disponibilidade de iluminação natural no ambiente interno e na extensão de sua profundidade**. Labor & Engenho, Campinas [SP] Brasil, v.10, n.1, p.31-45, jan./mar. 2016.

LARANJA, A.C. **Parâmetros urbanos e a disponibilidade de iluminação natural no ambiente interno**. Tese de Doutorado, Programa de Pós-Graduação em Arquitetura. Universidade Federal do Rio de Janeiro. 2010.

LESLIE, R. P. **Capturing the daylight dividend in buildings: why and how?**. Building and Environment. V. 38, p. 381 – 385, 2003.

LOBELL, John – **Between silence and light**. Boston: Shambhala, 2000.

MANGKUTO, R.; ROHMAH, M.; ASRI, A. **Design optimisation for window size, orientation, and wall reflectance with regard to various daylight metrics and lighting energy demand: A case study of buildings in the tropics**. Building and Environment, v. 164, p. 211-219, 2018.

MARTINS, H. F. da S. **Ver o nevoeiro e instituir outra luz: Ensaio de iluminação, inovação pedagógica e melhoria das aprendizagens.** Tese de Doutorado. Universidade Católica Portuguesa. Setembro. 2020.

MASCARÓ, J. L. MASCARÓ, L. R. **Incidência das variáveis projetivas e de construção no consumo energético dos edifícios.** Rio Grande do Sul. 1992.

MATOS, J.C.S. F.; SCARAZZATO, P. S. **A iluminação natural no projeto de arquitetura: revisão sistemática da literatura.** PARC. Campinas, SP, v. 8, n. 4, p. 249-256, dez. 2017.

MATSUOKA, R. H. **Student Performance and High School Landscapes: examining the links.** Landscape and Urban Planning, v. 97, n. 4, p. 273-282, 2010.

MAXWELL, L. E. **School building condition, social climate, student attendance and academic achievement: A mediation model.** Journal of Environmental Psychology, [s.l.], v. 46, p. 206-216. Elsevier BV. Jun. 2016.

MAYHOUB, M. S.; CARTER, D. J. **Towards hybrid lighting systems: A review.** Lighting Research & Technology, v. 42, n. 1, p. 51-71. 2010.

MERESI, A. **Evaluating daylight performance of light shelves combined with external blinds in south-facing classrooms in Athens, Greece.** Energy and Buildings, v. 116, p.190- 205, 2016.

MESA, N.A.; CORICA, L.; PATTINI, A. **Evaluation of the potential of natural light to illuminate buildings in dense urban environment: A study in Mendoza, Argentina.** Renewable Energy 36: 2414-2423. 2011.

MICHAEL, A.; HERACLEOUS. **Assessment of natural lighting performance and visual comfort o educational architecture in Southern Europe: The case of typical educational school premises in Cyprus.** Energy and Buildings, 140, p. 443–457. 2017.

MILLET, M.S. **Lighting Revealing Architecture.** New York, John Wiley & Sons, 1996.

MINGRONE, A.C. **Iluminação - importância e metodologia de aplicação na arquitetura.** Dissertação de Mestrado. Universidade de São Paulo. São Paulo. 1984.

NASCIMENTO, G.R.F. **A saúde vista com outros olhos: Iluminação Hospitalar.** Revista SUSTINERE. V.7, n. 2, p. 401-413, jul-dez. Rio de Janeiro. 2019.

National Best Practices Manual for Building High Performance Schools. Office of Energy Efficiency and Renewable Energy U.S. Department of Energy. Outubro, 2007.

NETO, A. R.; VANDERLEI, P. S. S. **Estudo do desempenho da iluminação natural e a percepção do usuário: estudo de caso.** III Simpósio de Pós Graduação em Engenharia Urbana, SIMPGEU. Nov. 2012.

NETO, E.P. **Cor e Iluminação nos Ambientes de Trabalho.** Liv. Ciência e Tecnologia, São Paulo, 1980.

NEUMANN, D. **The structure of light: Richard Kelly and the illumination of modern architecture**. New Haven: Yale University Press, 2010.

NIKO, G. **Monitoring protocol to assess the overall performance of lighting and daylighting retrofit projects**. ScienceDirect. Energy Procedia 78, 2681 – 2686. 2015.

OKIMOTO, M. L. L. R.; MARCHI, S. R.; KRÜGER, E. L. **Influência da Cor das Paredes e do Layout das Aberturas no Aproveitamento da Luz Natural do Ambiente**. Estudos em Design, Design Articles. V. 16, n. 1. 2008.

OKIMOTO, M.L.L.R.; MARCHI, S.R.; KRÜGER, E.L. **Influência da cor das paredes e do layout das aberturas no aproveitamento da luz natural no ambiente**. Estudos em Design – Design Articles, v.6, n. 1. 2008.

OLGYAY, V. **Design with climate – bioclimatic approach to architectural regionalism**. Universidade de Princeton, Nova Jersey. 3a. ed.,1975.

SCHMID, A.L. **A Ideia de conforto: reflexões sobre o ambiente construído**. Pacto Ambiental, Curitiba, 2005.

OLIVEIRA, P.M.P. **Projeto com a Luz Natural**. PARANOÁ - Cadernos de Arquitetura e Urbanismo. Ed. 3. 2007.

PEREZ, Y. V.; CAPELUTO, I. G. **Climatic considerations in school building design in the hot-humid climate for reducing energy consumption**. Applied Energy, [s.l.], v. 86, n. 3, p. 340-348. Elsevier BV. Mar. 2009.

PILLOTTO, N. E. **Cor e Iluminação nos Ambientes de Trabalho**. São Paulo: Livraria Ciência e Tecnologia. P. 119. 1980.

PLUMMER, H. **Light in architecture**. A D, vol. 67 nº ¾, Março/Abril. 1997., Henry. **The Architecture of Natural Light**. New York: The Monacelli Press. 2009.

PLUMMER, H. **The Architecture of Natural Light**. New York: The Monacelli Press. 2009.

PRÄKEL, D. **Iluminação [recurso eletrônico]**. Tradução: Ronald Saraiva de Menezes. 2ª Edição. Porto Alegre: Bookman. 2015.

REINHART, C. F.; WEISSMAN, D. A. **The daylight area -Correlating architectural student assessments with current and emerging daylight availability metrics**. Building and Environment. V. 50, p. 155-164. 2012.

RIBEIRO, P. V. S.; CABÚS, R. C. **Estudo do ângulo de aplicação de painéis prismáticos tipo laser cut em ambiente nos trópicos**. In: ENCONTRO NACIONAL, 13.; ENCONTRO LATINO-AMERICANO DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUIDO, 9., Campinas, 2015. Anais [...] Campinas: ANTAC, 2015.

ROCKCASTLE, S.; ANDERSEN, M. **Measuring the dynamics of contrast & daylight variability in architecture: A proof-of-concept methodology**. Building and Environment. V. 81, p.320-333, 2014.

- ROSA, C. T. W.; ROSA, A. B.; DARROZ, L. M.; SILVA, D. T. da. **Atividade experimental para demonstração dos fenômenos de reflexão, refração e reflexão total.** REnCiMa, v.4, n.1, p. 75-85, 2013.
- SAMAD, Zulkiflee Abdul; MACMILLAN, Sebastian. The valuation of intangibles: explored through primary school design. **Proceedings of CIB W096 Architectural Management, Designing Value: New Directions in Architectural Management**, p. 39-46, 2005.
- SANTOS, V.; ZAMBERLAN, M. C. **Projeto Ergonômico de Salas de Controle.** Fundación Mapfre. São Paulo, SP, Sucursal Brasil. P.91. 1992.
- SARMENTO, T. S.; CANUTO, G.L. **Análise da configuração espacial das escolas públicas, estudos de casos de ambientes escolares de Maceió, Alagoas.** VIII Encontro nacional de Ergonomia do Ambiente Construído, ENEAC, 2020. Natal, RS. Maio, 2020.
- STEWART, D. M. **Attitudes of School Children to Daylight and Fenestration.** Building and Environment, v. 16, n. 4, p. 267-277, 1981.
- TOLEDO, B. G. **Integração de iluminação natural e artificial: métodos e guia prático para projeto luminotécnico.** Dissertação. PPGAU, Universidade Federal de Brasília. Brasília. 2008.
- TOLEDO, G.E; CÁRDENAS, O.F. **Análise dos efeitos visuais e não visuais da iluminação natural: Benefícios e Estratégias.** Cadernos de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo. V.15, n.2. 2015.
- TSIKRAA P.; ANDREO, E. **Investigation of the Energy Saving Potential in Existing School Buildings in Greece.** The role of Shading and Daylight Strategies in Visual Comfort and Energy Saving. International Conference on Sustainable Synergies from Buildings to the Urban Scale, SBE16. ScienceDirect, 38, p. 204-211. 2017.
- ULRICH, R. **View through a window may influence recovery from surgery.** Science, v. 224, n. 4647, p. 224-225, 1984.
- VANDERLEI, P. S.; SILVA, L. C. da; GONÇALVES, R. B. **Desempenho geométrico de um brise soleil: um estudo sobre seu impacto na iluminação e ventilação natural em uma sala de aula.** Brazil J. of Develop., Curitiba, v. 5, n. 9, p. 16414-16425, sep. 2019.
- VÁSQUEZ, N. G.; PEREIRA, F. O. R.; KUHNEN, A. **Preferências visuais das crianças em salas de aula de educação infantil: uma aproximação experimental.** Ambiente Construído, Porto Alegre, v. 18, n. 3, p. 11-28, jul./set. 2018.
- VEITCH, J.A., CHRISTOFFERSEN, J. AND GALASIU, A.D. **What we know about windows and well-being, and what we need to know.** In Proceedings of CIE Centenary Conference "Towards a new century of light" April 15/16, 2013, Paris, France Vienna, Austria: Commission Internationale de l'Eclairage, 2013, April, vol. CIE x038:2013, p. 169-177.
- VIANNA, N. S *et al.* ii. **Iluminação e Arquitetura.** Virtus/ UNIABC: São Paulo. 2003.

VITÓRIA. Lei n°. 4821, de 30 de dezembro de 1998. **Código de Edificações do Município de Vitória**. Vitória, 1998.

Washington Sustainable Schools Protocol. Criteria for High-Performance Schools. Washington. Edition 2015.

WEI WU B.M., EDWARD N. A review of the development of daylighting in schools. *Lighting Res. Technol.* 35,2 (2003) p.111–125.

WESSOLOWSKI, N.; KOENIG, H.; SCHULTE-MARKWORT, M.; BARKMANN, C. The effect of variable light on the fidgetiness and social behavior of pupils in school. *Journal of Environmental Psychology*. V. 39, p. 101-108, 2014.

Wickstrom, Jarkko. **O que ninguém te conta sobre a Educação na Finlândia**. Entrevista ao site “Nova Escola”. Por: Laís Semis. 24 de Janeiro, 2019. Disponível em: <https://novaescola.org.br/conteudo/15363/o-que-ninguem-te-Conta-sobre-a-educacao-na-finlandia>

YAO, QI. *et al.* Efficient circadian daylighting: A proposed equation, experimental validation, and the consequent importance of room surface reflectance. *Energy & Buildings*, 210 (2020).

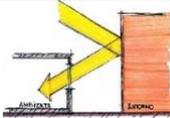
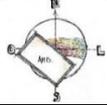
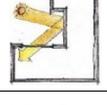
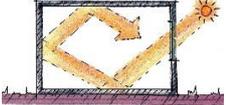
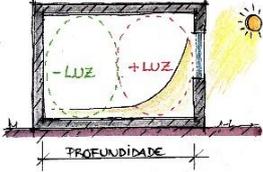
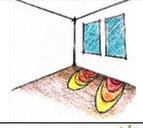
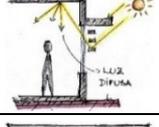
ZAPATA GONZÁLEZ, L.J; QUICENO HOYOS, A.; ARTEAGA BOTERO, M.T. **Evaluación lumínica de los ambientes pedagógicos de la Universidad Católica de Manizales, Colombia**. *Arquetipo volumen (13)*, Julio- Diciembre, p. 157 - 178. 2016.

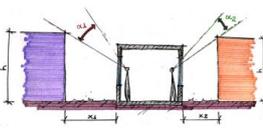
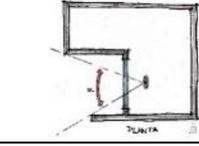
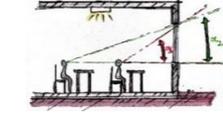
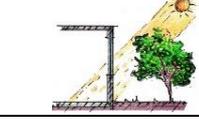
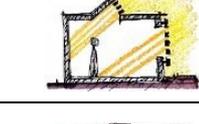
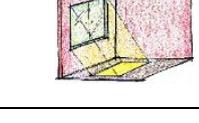
CAPÍTULO IX

APÊNDICES

APÊNDICE A – Checklist com os critérios descritos de maneira reduzida

Quadro 29 – Checklist para avaliação da utilização da iluminação natural no processo de projeto de edificações escolares com critérios descritos de maneira reduzida

CATEGORIA			CRITÉRIO	ATENDIDO	ATENDIDO PARCIALMENTE	NÃO SE APLICA	
<u>Desempenho luminoso do ambiente interno</u>	Urbano		1.1 Reflexão do entorno urbano				
	Edifício		1.2 Melhor orientação de aberturas				
			1.3 Sombreamentos provenientes de volumetria da própria edificação				
			1.4 Reflexão da volumetria da própria edificação				
	Ambiente		1.5 Reflexão das superfícies internas				
			1.6 A profundidade do ambiente em relação à localização da abertura				
			1.7 Distribuição das aberturas				
			1.8 Dispositivos sombreadores				
	<u>Eficiência Energética da edificação</u>	Ambiente		2.1 Disposição e Setorização de Circuitos de acionamento das luminárias			

<u>Integração ambiente interno e externo</u>	Urbano		3.1 Ângulo de visão externo em função das características do entorno edificado, distâncias (x) e alturas(h)			
	Edifício		3.1 Ângulo de visão externo em função do entorno edificado			
	Ambiente		3.2 Ângulo de visão externo em função da volumetria da edificação			
<u>Dinâmica da Luz</u>	Urbano		4.1 Efeitos de luz e sombra decorrente da presença de vegetação			
	Edifício		4.2 Dispositivos sombreadores que promovem efeitos visuais			
	Ambiente		4.3 Existência de contrastes, luz e sombra			

Fonte: A autora.

APÊNDICE B – Quadro com diagnóstico da entrevista

Quadro 30 – Entrevista

ENTREVISTA			
Categoria	Perguntas	Objetivos	Respostas
CATEGORIA 1			
Desempenho luminoso do ambiente interno	1.1 São feitas análises das cores do entorno urbano verificando possíveis ganhos desejáveis e indesejáveis da luz refletida pelo entorno construído?	Este questionamento tem como finalidade diagnosticar a importância dada às cores e características dos materiais do entorno da edificação, tendo em vista que estes podem influenciar no ganho luz natural interno, bem como acarretar indesejáveis ofuscamentos.	Observa-se o entorno edificado sim, porém não de forma específica com relação às cores e seus potenciais de reflexão da luz. É dada mais atenção para a cor do projeto em si. Normalmente são terrenos mais abertos, sem muita interferência de entorno próximo.
	1.2 Ainda na etapa de implantação do projeto é analisada a orientação das fachadas externas, assim	Pretende-se com esta pergunta verificar a preocupação inicial dos projetistas com o ganho solar indevido nas fachadas em função de sua área e tempo de exposição desta fachada nas diversas orientações, bem como	Sim, sempre acontece, porém de forma genérica. Busca-se locar a edificação de modo que aproveite o máximo o sol da manhã. Porém, vale destacar que para o clima de Vitória, a equipe busca

	como a setorização dos cômodos internos, com relação à incidência de luz solar direta?	a setorização interna dos ambientes.	sempre priorizar a orientação dos ventos predominantes, de modo a garantir prioritariamente a ventilação natural.
	1.3 É observado como a profundidade do ambiente pode influenciar (positiva ou negativamente) no potencial de luz natural do ambiente interno? (Altura, largura e profundidade)	Avaliar a compreensão dos projetistas com relação ao alcance da iluminação no ambiente interno. Observar o entendimento sobre a curva isolux e ainda com relação ao ganho luz natural proporcionado pela orientação da abertura, a qual influencia na quantidade de luz incidente no interior do compartimento. Compreender até que ponto o projetista percebe que espaços muito profundos x posicionamento e orientação da abertura, acarretarão áreas internas (distantes da abertura) muito escuras, necessitando do acionamento da iluminação artificial, além de altos contrastes luz natural.	Sim, sempre. A sala de aula padrão utilizada sempre tem as janelas localizadas na parede de maior dimensão. Ou seja, a profundidade do ambiente em relação à janela é sempre menor do que o comprimento da parede onde elas estão localizadas.
	1.4 A orientação das aberturas é determinada levando em consideração a incidência de luz solar direta? Como é feita esta análise?	Avaliar o cuidado a ser considerado na locação das aberturas. Essa informação pode contribuir para uma interpretação mais precisa sobre o “peso” dado pelos projetistas quanto a incidência de luz solar direta x orientação da abertura x inserção de elementos sombreadores. A pergunta contribui ainda para um diagnóstico de qual método avaliativo foi utilizado na análise (carta solar, simulação computacional, maquete, etc)	Sim, observa-se sempre a insolação, por isso busca-se local o ambiente de modo que ele absorva menos calor.
	1.5 Na configuração das aberturas, além do atendimento às normas municipais (código de obras), é utilizado algum outro parâmetro?	Perceber se a determinação das áreas de aberturas acontece apenas com base no cumprimento das leis, ou se há uma preocupação que vai além das determinadas por escrito nas regulamentações edilícias. Pretende-se observar se há a compreensão de que a luz associada à arquitetura gera efeitos (positivos e negativos) no ser humano, que vai além de um cumprimento de normas, bem como se utiliza normas da ABNT (observando atingir níveis de iluminância, uniformidade, redução de ofuscamento).	Não, busca-se atender de fato às normas municipais, considerando que o próprio código de obras já deve contemplar área de abertura necessária para proporcionar iluminação natural adequada para o ambiente interno.
	1.6 Como é determinada a quantidade de janelas?	Pretende-se com esta pergunta compreender a forma como os projetistas estabelecem a quantidade de janelas (se é de maneira aleatória, ou não), e se estes levam em consideração as áreas de luz e sombra resultantes desta escolha.	Já há padrões pré-determinados para altura de peitoril, dimensões da janela, modelo e tipologia de vidro. Sendo assim, considerando o modelo padrão, distribui-se a quantidade de janelas

			necessárias de forma longitudinal contínua, buscando iluminar o lado esquerdo das mesas dos alunos
	1.7 Se há a inserção de elementos sombreadores e quais critérios são utilizados para defini-lo?	Diagnosticar se esse profissional levou em consideração a satisfação do tempo de sombreamento desejado, a uniformidade de luz no ambiente interno, a redução do ofuscamento próximo a abertura, a redução da luminosidade nas áreas mais distantes da abertura, a garantia de visão para o ambiente externo ou possíveis efeitos visuais de luz.	Não há critérios para essa seleção. Use-se sempre brises, platibandas ou marquises.
	1.8 É realizado o teste da eficiência luminosa do projeto? Como e em qual momento?	Analisar se há uma preocupação com relação a eficiência luminosa do que foi colocado em projeto e como isso é feito. Se a eficiência é diagnosticada através de uma avaliação de pós-ocupação do espaço, ou por métodos que podem ser utilizados previamente, como por exemplo simulações computacionais, análise de maquetes, entre outros.	Não. Não é realizado o teste a respeito da eficiência luminosa do projeto em nenhum momento.
CATEGORIA 2			
Eficiência energética da edificação	2.1 Há uma preocupação em satisfazer "requisitos mínimos de desempenho da edificação" com relação a um tempo mínimo satisfatório no aproveitamento da luz natural?	Compreender se há a preocupação com possíveis performances da edificação com relação ao aproveitamento da luz natural: como por exemplo, percentuais de horas do dia em que o ambiente permanece sem necessidade do uso da iluminação artificial.	Não, é determinada a abertura somente de acordo com a metragem mínima que o código de obras estabelece.
	2.2 O projeto leva em consideração a integração da luz natural com a iluminação artificial? Como é feita esta integração?	Compreender se há um planejamento de integração da iluminação natural e artificial, e como esta integração é tratada. (Ex.: Organização de circuitos da iluminação artificial, levando em consideração a característica da abertura)	Não há uma preocupação em integrar os dois sistemas. Há uma setorização do sistema artificial, porém essa setorização não é determinada baseada na incidência de iluminação natural.
CATEGORIA 3			
Integração ambiente interno e ambiente externo	3.1 Há uma preocupação em proporcionar aos usuários uma vista para o céu, de modo que estes possam visualizar este céu ao longo do dia?	Identificar se levam em consideração aspectos subjetivos (sensação de bem-estar, ânimo, tristeza) provocados no ser humano, decorrentes de escolhas projetuais que favorecem ou não a integração do usuário com o meio externo.	Há uma preocupação sim em proporcionar uma vista para o horizonte.
	3.2 O projeto leva em consideração o posicionamento do leiaute e a	Verificar se existe uma preocupação com relação a proporcionar ao indivíduo uma interação com o ambiente	Sim, existe essa preocupação.

	visão do aluno para o meio externo, garantindo um ângulo de visão satisfatório?	externo, de modo que este possa observar as mudanças da luz natural no decorrer do dia.	
CATEGORIA 4			
Dinâmica da Luz	4.1 Possíveis efeitos visuais decorrentes de luz e sombra são propostos intencionalmente para algum ambiente da escola?	Pretende-se com esta pergunta identificar se há uma preocupação com relação aos espetáculos de luz que a incidência direta de iluminação pode proporcionar, ou se há simplesmente uma preocupação funcional.	Não, não se pensa em utilizar a luz desta maneira para os ambientes internos.
	4.2 Há intensão de provocar uma emoção ou sentimentos nos usuários através dos raios luminosos que se adentram pelas aberturas? Se sim, em qual momento do processo de projeto esses efeitos visuais são considerados?	Perceber se a luz é explorada de modo a proporcionar uma linguagem artística, transmitindo um universo de sensações.	Não, observa-se mais os critérios funcionais da luz.
	4.3 Leva em consideração a cor e os materiais das superfícies internas? (piso, teto e parede)	Avaliar a compreensão do projetista com relação ao índice de reflexão das cores e materiais a fim de potencializar ou reduzir o fluxo luminoso.	Sim, buscando priorizar sempre cores mais claras, tons pastéis.
	4.4 Há uma preocupação com os efeitos de luz derivados da presença e/ou ausência (sombra) de fluxo luminoso direto?	Perceber como os projetistas determinam a entrada ou ausência de luz direta no compartimento interno, observando como é feita essa integração.	Não. Essas questões são mais consideradas quando estão projetando pátios ou espaços públicos externos.

Fonte: A autora.