



ARQUITETURA & URBANISMO:

Divergências e convergências de perspectivas

PEDRO HENRIQUE MÁXIMO PEREIRA
(ORGANIZADOR)

 **Atena**
Editora
Ano 2022



ARQUITETURA & URBANISMO:

Divergências e convergências de perspectivas

PEDRO HENRIQUE MÁXIMO PEREIRA
(ORGANIZADOR)

 **Atena**
Editora
Ano 2022

Editora chefe

Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

Editora executiva

Natalia Oliveira

Assistente editorial

Flávia Roberta Barão

Bibliotecária

Janaina Ramos

Projeto gráfico

Bruno Oliveira

Camila Alves de Cremo

Daphynny Pamplona

Luiza Alves Batista

Natália Sandrini de Azevedo

Imagens da capa

iStock

Edição de arte

Luiza Alves Batista

2022 by Atena Editora

Copyright © Atena Editora

Copyright do texto © 2022 Os autores

Copyright da edição © 2022 Atena Editora

Direitos para esta edição cedidos à Atena Editora pelos autores.

Open access publication by Atena Editora



Todo o conteúdo deste livro está licenciado sob uma Licença de Atribuição *Creative Commons*. Atribuição-Não-Comercial-NãoDerivativos 4.0 Internacional (CC BY-NC-ND 4.0).

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores, inclusive não representam necessariamente a posição oficial da Atena Editora. Permitido o *download* da obra e o compartilhamento desde que sejam atribuídos créditos aos autores, mas sem a possibilidade de alterá-la de nenhuma forma ou utilizá-la para fins comerciais.

Todos os manuscritos foram previamente submetidos à avaliação cega pelos pares, membros do Conselho Editorial desta Editora, tendo sido aprovados para a publicação com base em critérios de neutralidade e imparcialidade acadêmica.

A Atena Editora é comprometida em garantir a integridade editorial em todas as etapas do processo de publicação, evitando plágio, dados ou resultados fraudulentos e impedindo que interesses financeiros comprometam os padrões éticos da publicação. Situações suspeitas de má conduta científica serão investigadas sob o mais alto padrão de rigor acadêmico e ético.

Conselho Editorial**Ciências Humanas e Sociais Aplicadas**

Prof. Dr. Adilson Tadeu Basquerote Silva – Universidade para o Desenvolvimento do Alto Vale do Itajaí

Prof. Dr. Alexandre de Freitas Carneiro – Universidade Federal de Rondônia

Prof. Dr. Alexandre Jose Schumacher – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Paraná

Prof. Dr. Américo Junior Nunes da Silva – Universidade do Estado da Bahia

Profª Drª Ana Maria Aguiar Frias – Universidade de Évora

Profª Drª Andréa Cristina Marques de Araújo – Universidade Fernando Pessoa



Prof. Dr. Antonio Carlos da Silva – Universidade Católica do Salvador
Prof. Dr. Antonio Carlos Frasson – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Prof. Dr. Antonio Gasparetto Júnior – Instituto Federal do Sudeste de Minas Gerais
Prof. Dr. Antonio Isidro-Filho – Universidade de Brasília
Prof. Dr. Arnaldo Oliveira Souza Júnior – Universidade Federal do Piauí
Prof. Dr. Carlos Antonio de Souza Moraes – Universidade Federal Fluminense
Prof. Dr. Crisóstomo Lima do Nascimento – Universidade Federal Fluminense
Prof^ª Dr^ª Cristina Gaio – Universidade de Lisboa
Prof. Dr. Daniel Richard Sant’Ana – Universidade de Brasília
Prof. Dr. Deyvison de Lima Oliveira – Universidade Federal de Rondônia
Prof^ª Dr^ª Dilma Antunes Silva – Universidade Federal de São Paulo
Prof. Dr. Edvaldo Antunes de Farias – Universidade Estácio de Sá
Prof. Dr. Elson Ferreira Costa – Universidade do Estado do Pará
Prof. Dr. Eloi Martins Senhora – Universidade Federal de Roraima
Prof. Dr. Gustavo Henrique Cepolini Ferreira – Universidade Estadual de Montes Claros
Prof. Dr. Humberto Costa – Universidade Federal do Paraná
Prof^ª Dr^ª Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionele delle Figlie de Maria Ausiliatrice
Prof. Dr. Jadilson Marinho da Silva – Secretaria de Educação de Pernambuco
Prof. Dr. Jadson Correia de Oliveira – Universidade Católica do Salvador
Prof. Dr. José Luis Montesillo-Cedillo – Universidad Autónoma del Estado de México
Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense
Prof. Dr. Kárpio Márcio de Siqueira – Universidade do Estado da Bahia
Prof^ª Dr^ª Keyla Christina Almeida Portela – Instituto Federal do Paraná
Prof^ª Dr^ª Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins
Prof^ª Dr^ª Lucicleia Barreto Queiroz – Universidade Federal do Acre
Prof. Dr. Luis Ricardo Fernandes da Costa – Universidade Estadual de Montes Claros
Prof. Dr. Lucio Marques Vieira Souza – Universidade do Estado de Minas Gerais
Prof^ª Dr^ª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Prof^ª Dr^ª Marianne Sousa Barbosa – Universidade Federal de Campina Grande
Prof. Dr. Marcelo Pereira da Silva – Pontifícia Universidade Católica de Campinas
Prof^ª Dr^ª Maria Luzia da Silva Santana – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
Prof. Dr. Miguel Rodrigues Netto – Universidade do Estado de Mato Grosso
Prof. Dr. Pedro Henrique Máximo Pereira – Universidade Estadual de Goiás
Prof. Dr. Pablo Ricardo de Lima Falcão – Universidade de Pernambuco
Prof^ª Dr^ª Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Prof^ª Dr^ª Rita de Cássia da Silva Oliveira – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Prof. Dr. Rui Maia Diamantino – Universidade Salvador
Prof. Dr. Saulo Cerqueira de Aguiar Soares – Universidade Federal do Piauí
Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará
Prof^ª Dr^ª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande
Prof^ª Dr^ª Vanessa Ribeiro Simon Cavalcanti – Universidade Católica do Salvador
Prof. Dr. William Cleber Domingues Silva – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme – Universidade Federal do Tocantins



Arquitetura e urbanismo: divergências e convergências de perspectivas

Diagramação: Daphynny Pamplona
Correção: Mariane Aparecida Freitas
Indexação: Amanda Kelly da Costa Veiga
Revisão: Os autores
Organizador: Pedro Henrique Máximo Pereira

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

A772 Arquitetura e urbanismo: divergências e convergências de perspectivas / Organizador Pedro Henrique Máximo Pereira. – Ponta Grossa - PR: Atena, 2022.

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

ISBN 978-65-258-0117-9

DOI: <https://doi.org/10.22533/at.ed.179222704>

1. Arquitetura. 2. Urbanismo. I. Pereira, Pedro Henrique Máximo (Organizador). II. Título.

CDD 720

Elaborado por Bibliotecária Janaina Ramos – CRB-8/9166

Atena Editora

Ponta Grossa – Paraná – Brasil

Telefone: +55 (42) 3323-5493

www.atenaeditora.com.br

contato@atenaeditora.com.br



Atena
Editora
Ano 2022

DECLARAÇÃO DOS AUTORES

Os autores desta obra: 1. Atestam não possuir qualquer interesse comercial que constitua um conflito de interesses em relação ao artigo científico publicado; 2. Declaram que participaram ativamente da construção dos respectivos manuscritos, preferencialmente na: a) Concepção do estudo, e/ou aquisição de dados, e/ou análise e interpretação de dados; b) Elaboração do artigo ou revisão com vistas a tornar o material intelectualmente relevante; c) Aprovação final do manuscrito para submissão.; 3. Certificam que os artigos científicos publicados estão completamente isentos de dados e/ou resultados fraudulentos; 4. Confirmam a citação e a referência correta de todos os dados e de interpretações de dados de outras pesquisas; 5. Reconhecem terem informado todas as fontes de financiamento recebidas para a consecução da pesquisa; 6. Autorizam a edição da obra, que incluem os registros de ficha catalográfica, ISBN, DOI e demais indexadores, projeto visual e criação de capa, diagramação de miolo, assim como lançamento e divulgação da mesma conforme critérios da Atena Editora.



DECLARAÇÃO DA EDITORA

A Atena Editora declara, para os devidos fins de direito, que: 1. A presente publicação constitui apenas transferência temporária dos direitos autorais, direito sobre a publicação, inclusive não constitui responsabilidade solidária na criação dos manuscritos publicados, nos termos previstos na Lei sobre direitos autorais (Lei 9610/98), no art. 184 do Código penal e no art. 927 do Código Civil; 2. Autoriza e incentiva os autores a assinarem contratos com repositórios institucionais, com fins exclusivos de divulgação da obra, desde que com o devido reconhecimento de autoria e edição e sem qualquer finalidade comercial; 3. Todos os e-book são *open access*, *desta forma* não os comercializa em seu site, sites parceiros, plataformas de *e-commerce*, ou qualquer outro meio virtual ou físico, portanto, está isenta de repasses de direitos autorais aos autores; 4. Todos os membros do conselho editorial são doutores e vinculados a instituições de ensino superior públicas, conforme recomendação da CAPES para obtenção do Qualis livro; 5. Não cede, comercializa ou autoriza a utilização dos nomes e e-mails dos autores, bem como nenhum outro dado dos mesmos, para qualquer finalidade que não o escopo da divulgação desta obra.



APRESENTAÇÃO

Há uma concordância fundamental entre arquitetos e urbanistas: não há, em qualquer exercício de síntese - de projeto ou planejamento -, a anistia da dúvida, da incerteza, da divergência, do conflito ou mesmo de antagonismos. Isso porque a arquitetura e o urbanismo - embora gozem de boa parte de suas constituições das ciências exatas - possuem componentes materiais, econômicos, sociais, estéticos, filosóficos e psicológicos difíceis de serem conciliados ou que encontremos para eles uma convergência unânime. A síntese, a sina do exercício de projeto e planejamento, tende a encobrir ou ao menos momentaneamente ofuscar as divergências. Tende, pois tais divergências permanecerão, mais evidentes, latentes ou como estão, até que sejam revisitadas e trazidas à tona.

Qualquer solução arquitetônica ou urbanística apresentada a um problema de projeto será apenas uma dentre diversas soluções possíveis. Mesmo que as variáveis projetuais trazidas por dados objetivos e instrumentos de alta precisão nos indiquem um caminho a ser seguido, seu curso passará sempre pela interpretação do problema anunciado. Ou seja, tudo que vemos pelas janelas dos apartamentos ou caminhando pelas ruas das cidades poderia ser diferente, de outro modo. Há, na ótica da criatividade humana centrada no exercício do projeto e do planejamento, outras infundáveis realidades possíveis.

A crítica, elemento fundamental e imprescindível do fazer arquitetônico e urbanístico, é o recurso que temos para medir o real pelo ideal. A crítica estabelece as regras do jogo a ser jogado e nos dá os parâmetros concretos e imaginados. Ela leva luz às divergências outrora encobertas. Ela revela o que foi por ora deixado de lado. Ela produz uma dialética que nos permite reconhecer as divergências do nosso campo e conceber, ainda que circunstancialmente ou diante de temas sensíveis e ilustrados, como a dignidade humana e o respeito ao meio ambiente, convergências de perspectivas. A crítica nos coloca como responsáveis pela história até então produzida e nos dá a autoria do porvir.

Arquitetura e urbanismo: Divergências e convergências de perspectivas, produzido pela Atena Editora, traz estes temas para o debate em 18 capítulos. Este volume constitui, assim, uma contribuição importante para o reconhecimento de que nosso campo é múltiplo, diverso e que não há unanimidades. É um campo, assim como qualquer campo profissional e coletivo, em plena disputa.

Mas, por outro lado, institui ou indica certas convergências: a necessidade de salvaguardar nosso Patrimônio Cultural; a introdução acelerada de instrumentos e técnicas digitais ao processo de projeto; a cidade e o território como fenômenos culturais e coletivos; o imperativo da conciliação entre ambiente construído e ambiente natural; e, por fim, que a arte, em sua multiplicidade de manifestações, seja pública e aberta. Além do

reconhecimento destas convergências, este livro problematiza o porquê de tais fenômenos e as possibilidades de com eles lidar.

Estimo, assim, excelente leitura a todas e todos!

Pedro Henrique Máximo Pereira

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1..... 1

LA FORMA DE LA CIUDAD ES SIEMPRE LA FORMA DE UN TIEMPO DE LA CIUDAD

Lúisa Valente

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.1792227041>

CAPÍTULO 2..... 18

DESDE LA REDISTRIBUCIÓN DE LOS CUIDADOS HACIA LA DESMILITARIZACIÓN URBANA EL ALGORITMO GENERATIVO DE LA VIGILANCIA NATURAL PASIVA

Patricia Costa Pellizzaro

Neridiane Garcia da Silva

Cláudia Maté

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.1792227042>

CAPÍTULO 3..... 41

DIREITO À CIDADE POR MEIO DA ARTE: OBSERVAÇÃO E PERSPECTIVAS DAS MANIFESTAÇÕES ARTÍSTICAS NA ARQUITETURA DE SALVADOR

Alyne Cosenza Castro

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.1792227043>

CAPÍTULO 4..... 51

APROPRIAÇÃO DE PARQUES URBANOS: SUBSÍDIOS PARA O PLANEJAMENTO E GESTÃO

Neridiane Garcia da Silva

Patricia Costa Pellizzaro

Cláudia Maté

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.1792227044>

CAPÍTULO 5..... 67

CARTOGRAFIA E ICONOGRAFIA COMO INSTRUMENTOS DIACRÓNICOS DE ANÁLISE DO TECIDO URBANO — ÉVORA E SETÚBAL, PORTUGAL

Maria do Céu Simões Tereno

Manuela Maria Justino Tomé

Maria Filomena Mourato Monteiro

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.1792227045>

CAPÍTULO 6..... 79

DESIGN E CENÁRIOS PROSPECTIVOS APLICADOS AO URBANISMO TÁTICO: O FUTURO DA PARTICIPAÇÃO DAS PESSOAS

Lorena Gomes Torres de Oliveira

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.1792227046>

CAPÍTULO 7..... 95

INVENTÁRIO BOTÂNICO-PAISAGÍSTICO DO SÍTIO ROBERTO BURLE MARX: O

ESTADO ATUAL

Diego Rodriguez Crescencio

Marlon da Costa Souza

Leticia Dias Lavor

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.1792227047>

CAPÍTULO 8..... 108

ARQUITETURA ESCOLAR E BIOCLIMATOLOGIA: OS IMPACTOS DA PADRONIZAÇÃO NO CONFORTO TÉRMICO DE ESCOLAS BRASILEIRAS

Paula Scherer

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.1792227048>

CAPÍTULO 9..... 120

ASPETOS BIOCLIMÁTICOS DA ARQUITETURA DA POPULAR PORTUGUESA

Jorge M. dos Remédios Dias Mascarenhas

Maria de Lurdes Belgas da Costa Reis

Fernando G. Branco

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.1792227049>

CAPÍTULO 10..... 134

INFLUÊNCIA DA ILUMINAÇÃO NATURAL NO AMBIENTE ESCOLAR NO RITMO CIRCADIANO DOS ALUNOS

Ana Luiza de Mello Ward

Erika Ciconelli de Figueiredo

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.17922270410>

CAPÍTULO 11..... 151

ANÁLISE DE DIFERENTES CONFIGURAÇÕES DE POROSIDADE EM CFD

Isabela Tibúrcio

Melyna Nascimento

Leonardo Bittencourt

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.17922270411>

CAPÍTULO 12..... 166

A CONCEPÇÃO DO PROJETO ARQUITETÔNICO POR PROFISSIONAIS E AS TECNOLOGIAS EMERGENTES

Hana de Albuquerque Gouveia

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.17922270412>

CAPÍTULO 13..... 179

CONTRIBUIÇÃO À INSPEÇÃO ESPECIALIZADA APLICADA AOS HELIPONTOS ELEVADOS DO TIPO PLATAFORMA DE DISTRIBUIÇÃO DE CARGA EM ESTRUTURA DE CONCRETO ARMADO: ESTUDO DE CASO

Alexandre Magno de Campos Dutra

João da Costa Pantoja

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.17922270413>

CAPÍTULO 14	200
MOSAICO: VIDA E ARTE	
Sarah Jamille Pacheco Rocha	
 https://doi.org/10.22533/at.ed.17922270414	
CAPÍTULO 15	211
O CINEMA COMO DOCUMENTO: A ARQUITETURA COMO UM VEÍCULO DE ENTENDIMENTO DE UMA SOCIEDADE NA OBRA FÍLMICA DE FICÇÃO	
Alexandre Albuquerque	
 https://doi.org/10.22533/at.ed.17922270415	
CAPÍTULO 16	223
MUSEUS EM COMUNIDADES, TURISMO E CULTURA: PATRIMÔNIO, IDENTIDADE, MEMÓRIA E PARTICIPAÇÃO COMUNITÁRIA EM FAVELAS DO RIO DE JANEIRO	
Sergio Moraes Rego Fagerlande	
 https://doi.org/10.22533/at.ed.17922270416	
CAPÍTULO 17	241
LOS CENTROS DE INTERPRETACIÓN DEL ARTE RUPESTRE, UN MEDIO DE PROTECCIÓN Y DIFUSIÓN PATRIMONIAL	
Jorge Alberto Porras Allende	
Heidy Gómez Barranco	
Herwing Zeth López Calvo	
Jorge Iván Porras Sánchez	
 https://doi.org/10.22533/at.ed.17922270417	
CAPÍTULO 18	253
O ÚLTIMO TRAÇO DE NIEMEYER NA PAMPULHA: DA INVISIBILIDADE À CONSTRUÇÃO DE UMA IDENTIDADE PARA O PAINEL DA CASA DO BAILE	
Ronaldo André Rodrigues da Silva	
Daniela Tameirão	
 https://doi.org/10.22533/at.ed.17922270418	
SOBRE O ORGANIZADOR	276
ÍNDICE REMISSIVO	277

CAPÍTULO 10

INFLUÊNCIA DA ILUMINAÇÃO NATURAL NO AMBIENTE ESCOLAR NO RITMO CIRCADIANO DOS ALUNOS

Data de aceite: 01/04/2022

Ana Luiza de Mello Ward

Erika Ciconelli de Figueiredo

Apoio: PIBIC Mackpesquisa

RESUMO: Este trabalho teve como finalidade investigar salas de aula de um colégio de ensino médio, a fim de estabelecer relações entre as condições de iluminação na sala de aula e o desempenho escolar e bem-estar dos alunos. Foram escolhidas 3 salas de aula de uma instituição, nas quais foram feitas medições *in loco* (iluminância) e simulações computadorizadas com auxílio da ferramenta ALFA, a fim de analisar os estímulos não-visuais da luz e como ela afeta o ritmo circadiano dos alunos presentes nas salas. Na pesquisa foram adotadas para essas salas duas condições de iluminação para a comparação: iluminação natural e iluminação artificial. A iluminação natural é a principal reguladora do ritmo circadiano, também compreendido como o relógio biológico, e seus efeitos não visuais vêm sendo estudados com maior ênfase nas últimas década. O bom funcionamento do ritmo circadiano é importante, pois promove o bem-estar e uma rotina mais saudável, além de auxiliar na prevenção de doenças, como a depressão. A partir das medições e simulações realizadas, concluiu-se que o ambiente provido de iluminação natural favorece a regulação do ritmo circadiano, em comparação

com iluminação artificial, aumentando o estado de alerta e, conseqüentemente, o bom desempenho escolar dos alunos.

PALAVRAS-CHAVE: Iluminação natural. Ritmo circadiano. Escola.

ABSTRACT: This research paperwork aimed to investigate the classrooms of a high school, to establish relationships between the lighting conditions in the classroom and the academic performance and well-being of the students. Three classrooms of an institution were selected, where measurements were made *in loco* (illuminance and dimensions) and computer simulations were run in ALFA plug-in, to analyze the non-visual stimulation of light and how it affects the circadian rhythm of the students in the room. In the research, two lighting conditions were adopted for these rooms for comparison: daylighting and artificial lighting. Daylight is the main regulator of the circadian rhythm, also known as the biological clock, and its non-visual effects have been studied with greater emphasis in recent decades. The proper functioning of the circadian rhythm is important because promotes well-being and a healthier routine, as well as it prevents illnesses such as depression. From the measurements and simulations carried out, it was concluded that the environment provided with daylighting favors, compared to artificial lighting, the regulation of the circadian rhythm, increasing the alertness and, consequently, the good academic performance of the students.

KEYWORDS: Daylight. Circadian rhythm. School.

1 | INTRODUÇÃO

A iluminação natural interatua com os seres humanos em três grandes áreas: visão, saúde e estado mental (BERTOLOTTI, 2007). De acordo com Boyce (1998), a exposição à luz é o mais poderoso estímulo para a sincronização do ritmo circadiano.

O ritmo circadiano pode ser compreendido como um relógio biológico. De acordo com Hall, Rosbash e Young (1984) apud Huang (2018), laureados pelo prêmio Nobel 2017, por suas descobertas de mecanismos moleculares que controlam o ritmo circadiano, a vida terrestre é capaz de sincronizar seu organismo com a rotação da Terra e definir suas funções biológicas, tais como o comportamento, os níveis hormonais, o sono, a temperatura corporal e o metabolismo, de maneira muito distinta ao longo das diferentes fases do dia. De acordo com Duffy e Czeisler (2009), o ritmo circadiano dura aproximadamente vinte e quatro horas e é reiniciado todos os dias, sendo dividido em dois períodos: noite e dia, durante os quais as funções vitais se alternam num ritmo decrescente durante a noite e crescente durante o dia.

De acordo com Boyce (1998) apud Bertolotti (2007), o estímulo luminoso que atinge a retina é transformado em estímulo nervoso. O núcleo supraquiasmático ativa a glândula pineal, responsável pela produção da melatonina – conhecido também por hormônio do sono – que é o principal hormônio regulador do ritmo circadiano. De acordo com Bryan (1998), as funções hormonais da melatonina, em comparação com as de outros hormônios que seguem um ciclo de 24 horas, estão entre as mais importantes pois, a melatonina induz o sono, modifica o humor, a agilidade mental e participa das atividades do sistema reprodutor. Durante o aumento da disponibilidade da luz natural, a liberação da melatonina é gradativamente reduzida e o córtex adrenal faz a secreção do hormônio cortisol, que aumenta a produção de adrenalina, estimula o sistema nervoso, impacta na quebra de carboidratos, no desenvolvimento de glóbulos brancos e na regulação da pressão sanguínea, além de suprimir a produção da serotonina (que é um neurotransmissor que atua no cérebro regulando o humor, sono, apetite, ritmo cardíaco, temperatura corporal e a sensibilidade a dor).

Até o fim do século XX, eram conhecidas apenas duas células fotossensíveis no olho humano, cones e bastonetes, mas no início do século XXI foi descoberto um terceiro tipo de fotorreceptor, as células ganglionares intrinsecamente fotossensíveis chamadas de ipRGCs (Intrinsically photosensitive retinal ganglion cells). De acordo com Lok (2011) apud Figueiredo (2021), essas células além de desempenharem um papel na visão, são responsáveis por sincronizar o ritmo circadiano e parecem permitir que a iluminação do ambiente influencie em processos cognitivos como memória e aprendizagem. Esses fotorreceptores aparentam estar relacionados com a produção de melatonina pelo encéfalo humano, de acordo com Betina Martau (2009).

Esse receptor não está relacionado com a visão, mas, juntando-se a outro

fotopigmento, chamado melanopsina, e através de um processo bioquímico, ele controla a glândula pineal (localizada no cérebro) para produzir um importante hormônio chamado melatonina, que controla muitas funções biológicas (MARTAU, 2009, p. 2).

Se o organismo for exposto inadequadamente à luz, seja por excesso ou por insuficiência, seu ritmo circadiano pode ser afetado resultando em consequências adversas na performance das atividades durante o dia e em sua saúde e bem-estar (LOCKELEY; PECHACEK; ANDERSEN, 2008). Se o indivíduo for completamente cego, incapaz de perceber a luz, de acordo com Martinez *et al.* (2007), também está suscetível a alterações em seu ritmo circadiano e distúrbios do sono, pois os estímulos não chegam à glândula pineal para ativar a produção de melatonina.

Com a evolução da tecnologia, entretanto, a qualidade da iluminação artificial teve um aumento significativo. Isso afetou diretamente a arquitetura dos espaços, diminuiu a necessidade de grandes aberturas, eventualmente criando até espaços isentos de iluminação natural (ARIES; AARTS; VAN HOOFF, 2013). Segundo Figueiredo (2011) apud Willis (1995), a configuração dos edifícios e a distribuição interna está agora atrelada apenas à criatividade do arquiteto e aos fatores financeiros. Além disso, as jornadas de trabalho e estudo puderam ser ampliadas para o período noturno e o ser humano se habituou a ter uma rotina regida por suas próprias necessidades.

Como resultado das modificações dos hábitos humano de trabalho e descanso, que leva ao uso prolongado da iluminação artificial, aumentando o período do dia ou da fase claro, ou a permanência em espaços com baixos níveis de iluminação, os indivíduos estão sofrendo alterações na sua saúde (MARTAU, 2009, p.1).

Essas alterações físicas e psicológicas, ocasionadas pela iluminação, foram observadas por Edwards e Torcellini (2002) em seus estudos sobre a iluminação adequada para salas de aula, e concluíram que a presença da iluminação natural ajuda a melhorar a frequência, os resultados acadêmicos e a redução do nível de stress dos alunos. Em contrapartida, em ambientes isentos de iluminação natural, os alunos tendem a ser mais hostis e a se mostrarem menos interessados pelas atividades durante as aulas.

O objetivo dessa pesquisa é avaliar como os alunos são estimulados de maneira não-visual em uma sala com iluminação natural lateral e comparar com os estímulos obtidos na mesma sala somente com iluminação artificial, para verificar a influência da luz natural no rendimento dos alunos e no seu ritmo circadiano, bem-estar e desempenho dos alunos do Ensino Médio de um colégio no centro da cidade de São Paulo.

2 | REFERENCIAL TEÓRICO

Os primeiros registros de estudos sobre o ritmo circadiano são do século XVIII, feitos pelo astrônomo Jean Jacques d'Ortous de Mairan que observando o comportamento

das plantas “mimosa” descobriu uma relação entre seu comportamento fisiológico e as duas fases do dia, a fase clara e a fase escura. Quase duzentos anos depois, em 1971, uma descoberta importante foi feita pelo neurocientista Seymour Benzer e seu aluno Ronald Konopka, estudando moscas com o ritmo circadiano desregulado. Eles perceberam mutações em um gene que ficou conhecido como “*period*”. De acordo com Huang (2017), em 1984, Hall, Rosbash e Young, ganhadores do prêmio Nobel em 2017, estudando o gene “*period*” e a proteína PER produzida por ele, descobriram que essa proteína se acumulava nas células durante a noite e era quebrada no início do dia, concluindo assim, que os níveis de PER aumentavam e diminuía ao longo do ciclo diário de vinte e quatro horas, desvendando o até então desconhecido funcionamento do mecanismo que regula o ritmo circadiano.

Segundo a PhD em ritmos circadianos, Mariana Figueiro (2006), a iluminação não é mais apenas para a visão, pois evidências indicam que a ela tem efeitos no ritmo circadiano, que podem implicar na saúde e bem-estar do ser humano. Ela ainda afirma que a exposição adequada à luz nos períodos certos pode trazer benefícios como aumentar a eficiência do sono em idosos, incluindo aqueles que sofrem de Alzheimer, ajustar o ritmo circadiano dos bebês prematuros, ajudar os adolescentes a acordar cedo pela manhã e aumentar o estado de alerta dos trabalhadores noturnos. De acordo com Boyce *et al.* (2003) apud CIBSE (2020), fornecer luz natural em edifícios ajuda a alcançar os benefícios da luz diurna na regulação ritmos circadianos, que resultam em melhora da saúde e do humor. De acordo com Figueiro, Nagare e Price (2017) além da qualidade do espectro de luz, o tempo de exposição à luz também é importante para compreender o impacto da luz no ritmo circadiano. Estudos demonstram que a mesma quantidade de luz aplicada por períodos diferentes gera respostas diferentes no organismo, bem como baixos níveis de luz por um longo período pode ter o mesmo efeito para o ritmo circadiano que altos níveis de luz durante um curto período.

A relação entre o ritmo circadiano e o sono é direta, portanto, alterações no ritmo podem gerar distúrbios do sono e comprometer as funções biológicas desempenhadas pelo organismo nessa fase. De acordo com Krause *et al.* (2017), a privação de sono pode ter como consequência a queda no desempenho de atividades que exigem atenção, assim como uma redução significativa no processo de aprendizagem e memória. De acordo com Figueiro, Nagare e Price (2017) a irregularidade e insuficiência do sono em adolescentes pode se tornar crônica. O centro de controle e prevenção de doenças alega que mais de 70% das crianças que frequentam a escola dormem menos do que as 8 horas necessárias em dias letivos e que esse padrão de sono pode ser associado à depressão e problemas comportamentais.

Os jovens passam a maior parte do dia em ambientes internos, por vezes, iluminados somente com luz artificial, dessa forma, o organismo não consegue sincronizar seu ritmo circadiano com a fase clara do dia e assim o sono a

performance escolar podem perder qualidade (FIGUERO; NAGARE; PRICE, 2017).

O neurocientista Matthew Walker (2019) explica que para o cérebro registrar uma nova memória, é necessário não somente dormir bem após o aprendizado, mas dormir bem também na noite anterior. De acordo com Goldstein e Walker (2014), o sono também afeta o funcionamento emocional do cérebro. Quadros de ansiedade e stress com muita frequência estão associados à distúrbios do sono, bem como esses indivíduos podem estar mais sujeitos a ter comportamento suicida. Estudos de Arsanow *et al.* (2017) com adolescentes que sofrem de distúrbios do sono comprovam que aqueles que dormem mais tarde tendem a ter um hábito alimentar altamente calórico, entretanto, quando os mesmos adolescentes regulam seu sono também apresentam melhoria em seus hábitos alimentares, optando por alimentos menos calóricos e mais ricos em nutrientes, concluindo que uma melhor qualidade de sono pode combater a obesidade na adolescência. De acordo com Crowley *et al.* (2015), o ritmo circadiano de adolescentes pré-púberes é mais responsivo à luz do entardecer do que o sistema circadiano de adolescentes pós-púberes. Esse atraso na fase escura do ciclo dos adolescentes pós-púberes em comparação com adolescentes pré-púberes não é dado pelo aumento da sensibilidade à iluminação e sim ao fato de eles ficarem por mais tempo expostos à luz. Estas pesquisas também indicam que os adolescentes mais velhos têm uma resposta menor ao estímulo luminoso da manhã, e isso contribui para que o atraso do ritmo circadiano ocasionado por hábitos comportamentais se mantenha, ainda que eles estejam em um ambiente escolar bem iluminado nesse período.

Todavia, a presença da iluminação natural de qualidade em todos os ambientes infelizmente não é uma realidade, fazendo-se indispensável o uso da iluminação artificial como complemento ou até fonte única de luz. Essa situação, além de comprometer o bom funcionamento do ritmo circadiano pode causar outros problemas de saúde relacionados à qualidade do espectro de luz na iluminação artificial. De acordo com os estudos sobre o ambiente das salas de aula desenvolvido por Edwards e Torcellini (2002), a luz natural possui um grande e rico espectro, e isso auxilia o aprendizado e a execução de tarefas no ambiente escolar. Sendo assim, toda iluminação em ambientes para este fim deve se aproximar ao máximo dessa qualidade de espectro. De acordo com Liberman (1991) apud Edwards Torcellini (2002), uma escola com iluminação insuficiente pode reduzir a capacidade de aprendizado do aluno devido ao efeito que a iluminação tem na fisiologia. Uma luz com espectro pobre pode gerar tensão nos olhos dos alunos, levando a uma queda no processamento de informações e na capacidade de aprendizagem, causando níveis mais elevados de estresse. De acordo com Bertolotti (2007, p.35):

Pode ocorrer uma queda no desempenho visual e ser percebida como desconfortável provocando ofuscamento, fadiga visual, distrações e dores de cabeça. Apesar de serem sintomas temporários, a repetição deles pode trazer maiores perturbações à saúde e desempenho.

De acordo com Jung e Inanici (2018), é essencial medir a quantidade de luz circadiana no ambiente externo e comparar ao ambiente interno. Dessa forma, é possível entender o impacto das decisões projetuais e elaborar recomendações e manuais sobre a luz circadiana. De acordo com Andersen, Mardaljevic e Lockley (2011), um espaço iluminado naturalmente está sujeito a passar por condições variadas de luz ao longo do dia e do ano, exclusivas do (posição, tamanho, orientação e aberturas), pode-se afirmar que cada ambiente tem um potencial circadiano único.

Potencial circadiano é o que determina como o espaço está influenciando o ritmo circadiano do indivíduo ali presente. De acordo com Andersen, Mardaljevic e Lockley (2011), o potencial circadiano é influenciado pela ocupação do espaço, pois a iluminação será circadiana de acordo com o modo pelo qual ela é detectada, variando de acordo com os hábitos que o indivíduo tem de olhar ou não em direção a luz e a influência da iluminação difusa no ambiente, resultado das reflexões da luz nas superfícies dos materiais e demais superfícies contidas no espaço. Sendo assim, conclui-se que para estimular o ritmo circadiano é necessário também analisar e projetar a ocupação da sala e compreender as variáveis comportamentais, pois um indivíduo que estiver olhando diretamente para as janelas terá um estímulo circadiano mais alto do que aquele que estiver olhando para o lado oposto às janelas.

De acordo com Miller e Irvin (2019), as relações melanópicas/fotópicas (M/P) são a nova métrica espectral a ser adotada para medir as consequências da luz na saúde, bem-estar e estado de relaxamento e alerta. A visão fotópica é a que percebe a distinção das cores e a intensidade luminosa, enquanto a melanópica se refere ao potencial melanópico. A relação M/P compara o potencial melanópico com a capacidade da fonte de luz apropriada para a visão fotópica.

Os adolescentes passam a maior parte de seu tempo em salas de aula aprendendo e executando tarefas que exigem atenção. Somado a isso, durante e após as aulas, os estudantes, principalmente as gerações atuais, fazem o uso de computadores, celulares e outros dispositivos eletrônicos que produzem luz azul. De acordo com Martau (2009), a luz branca e a luz azul proveniente desses aparelhos suprimem a produção de melatonina, o hormônio que regula o ritmo circadiano. De acordo com Crowley et al. (2015), o ritmo circadiano de adolescente pré-pubescentes é muito sensível a estímulos luminosos, o que destaca a importância desta questão para a saúde pública.

Os efeitos adversos relatados do uso de dispositivos emissores de luz pré-sono por adolescentes incluem tempo total de sono reduzido e início do sono atrasado, uma associação que é mais forte e mais persistente para dispositivos mantidos perto do rosto, como telefones celulares e computadores (CROWLEY *et al.* 2015, s/p).

Portanto, é fundamental para o aprendizado e saúde dos adolescentes que seu ritmo circadiano esteja funcionando regularmente, bem como seu sono deve estar em

dia, pois, nessa fase da vida, eles estão naturalmente sujeitos às variações hormonais, comportamentais e emocionais. A insuficiência de exposição à luz natural e o abuso do uso de dispositivos eletrônicos podem agravar essas variações e, junto a insuficiência de sono, resultar em ansiedade, stress e depressão.

3 | METODOLOGIA

O método adotado abordou questões quantitativas e qualitativas a respeito da iluminação natural no ambiente de sala de aula de um colégio. A instituição escolhida para pesquisa solicitou que seu nome fosse ocultado, portanto o pseudônimo “Colégio X” será utilizado.

A primeira etapa da pesquisa foi entrar em contato com o Colégio X por e-mail e agendar uma visita para apresentar presencialmente a proposta da pesquisa para a direção que, por sua vez, se mostrou muito interessada em participar. A proposta inicialmente apresentada à direção era para fazer medições quantitativas das dimensões de duas salas de aulas distintas, uma com iluminação natural e outra sem, em seguida, aplicar o teste ELISA, que determina as concentrações de cortisol livre em amostras de saliva dos alunos que frequentavam as salas selecionadas. Entretanto, com a pandemia da Covid-19, foi necessário modificar a segunda parte da pesquisa, que tinha como propósito compreender como aquela condição afetava o ritmo circadiano dos estudantes e, conseqüentemente, o estado de alerta e desempenho escolar. Então, foi apresentada à direção uma nova proposta: a primeira parte da pesquisa de campo seria medir as dimensões e a iluminância de três salas de aula distintas, todas com iluminação natural e a segunda etapa seria substituída por um experimento virtual com o auxílio da ferramenta ALFA que gera respostas tão precisas quanto o teste ELISA, porém sob um novo viés. Nessa segunda etapa, além da simulação com iluminação natural, foram realizados experimentos com as mesmas salas em uma situação noturna, na qual só haveria a iluminação artificial. A ferramenta analisa os efeitos não visuais da luz e classifica os pontos simulados em 3 parâmetros: estado de alerta, estado de relaxamento e nenhum dos dois. A modificação na proposta foi aprovada pela direção do Colégio X e então a visita ao colégio foi agendada para o dia 22 de janeiro de 2021 às 10 horas da manhã. O método empregado foi:

- 1- Escolha de três salas de aula com dimensões e condições de iluminação natural distintas, isto é, salas com janelas sem brises, janelas com brises, sendo as fachadas com orientações distintas, frequentadas por alunos de ensino médio.
- 2- Levantamento das características das salas como dimensões, número de carteiras, materialidade, localização, tamanho de aberturas, disposição dos brises quando presentes, quantidade de luminárias e tipo de lâmpada, a fim de redesenhar virtualmente essas salas (plantas, cortes, elevações e modelo 3D). Para fazer esse levantamento, foram utilizadas trenas manual e a laser e foram tiradas fotografias.
- 3- Medição da luminosidade só com iluminação natural e com iluminação natural e

artificial em ao menos 5 pontos em cada sala com o auxílio de um luxímetro calibrado, essa etapa de medição foi feita para o resultado ser usado como parâmetro para o resultado virtual. Também foi feita a medição da iluminação do exterior afim de obter a transmitância do vidro. Todas as medições foram feitas no dia 22 de janeiro de 2021, entre 10 e 11 horas da manhã com o céu claro e sem nuvens.

4- Construção de modelos 3D virtuais no software de arquitetura Sketchup, das salas de aula analisadas.

5- Compatibilização do modelo 3D do Sketchup para o software Rhinoceros, no qual a ferramenta ALFA opera.

6- Aplicação dos materiais nos elementos do modelo 3D, como nas paredes, piso e forro, cores das carteiras, escolha do tipo de vidro, definição das luminárias e tipo de lâmpada.

7- Desenvolvimento das simulações na ferramenta ALFA a partir do modelo 3D, a fim de avaliar os estímulos aos efeitos não-visuais da luz. Para cada sala de aula foram feitas duas simulações, uma com somente a luz natural e outra só com iluminação artificial.

8- Discussão dos resultados. 9- Considerações finais.

A ferramenta ALFA é um *plugin* do *software* de modelagem Rhinoceros 3D que avalia a iluminação no plano vertical, na altura do olho dos ocupantes do ambiente (1,20m a partir do piso acabado). Para entender todo o contexto da simulação, o programa também desenvolve a simulação para o plano horizontal (a 0,76m do piso acabado). O *Plugin* disponibiliza uma biblioteca de materiais que trazem uma indicação da relação M/P para demonstrar como os materiais proporcionam alterações no ritmo circadiano. A Figura 1, a seguir, indica parte da biblioteca de materiais. O programa calcula a posição da cabeça dos alunos em 8 direções para as vistas que esse aluno pode ter e as representa com um círculo dividido em 8 partes (figura 2). Os resultados das simulações são apresentados em: estado de alerta (relação M/P) e iluminância melanópica equivalente (*equivalent melanopic lux*). Para esta pesquisa, elegeu-se a análise pelo estado de alerta por possibilitar uma forma mais direta de tratamento dos dados.

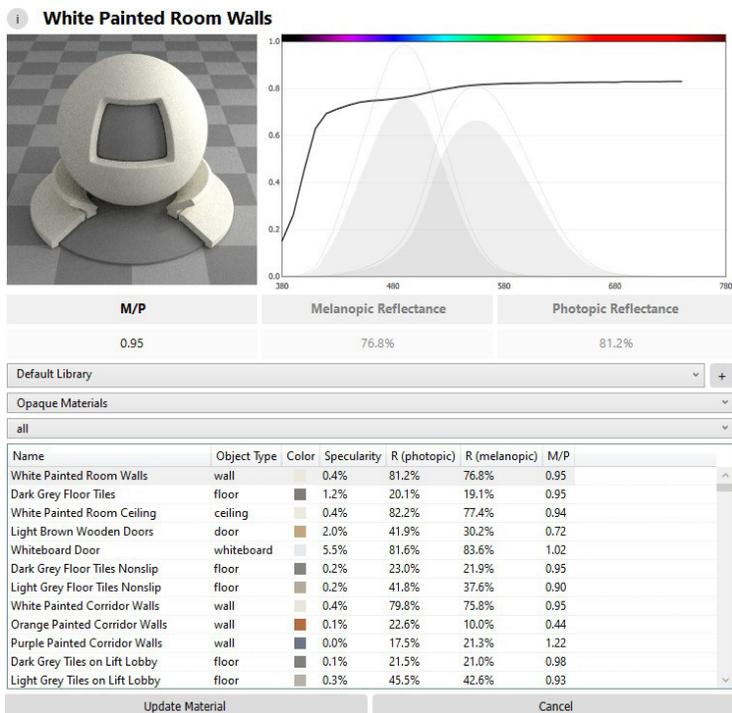


Figura 1: Tabela de materiais disponibilizada na ferramenta ALFA para aplicação na simulação.

Fonte: Imagem retirada do *software* ALFA.

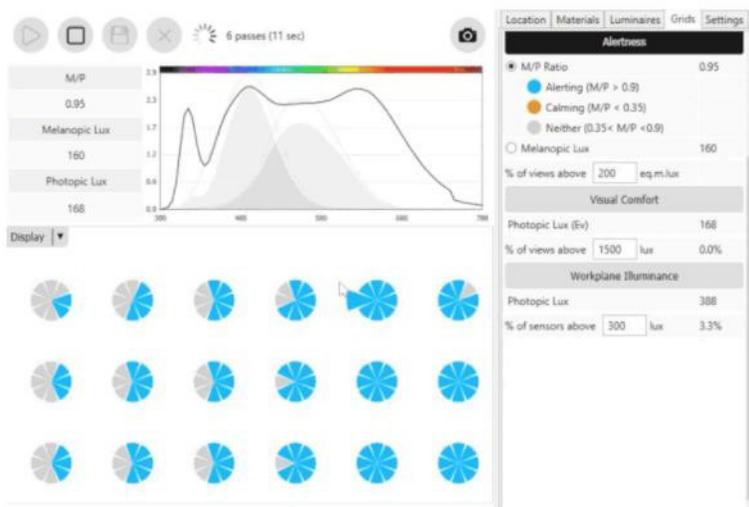


Figura 2: Representação das possíveis vistas do observador, orientada para 8 partes.

Fonte: Imagem retirada do *software* ALFA.

Como resultados, a ferramenta ALFA considera como estado de alerta quando $M/P > 0.9$, considerando M a iluminação melanópica e P a fotópica. Se a relação for $M/P < 0.35$ é considerado que os ocupantes se encontram em um estado de relaxamento, o que é um resultado indesejado para uma sala de aula. Já o parâmetro neutro, no qual não há estímulo para relaxamento e nem para o estado de alerta, é $0.35 < M/P < 0.9$. como demonstrado na figura 3 a seguir.

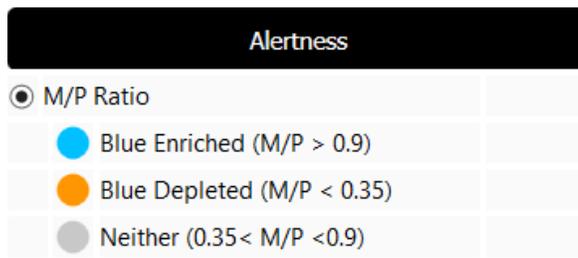


Figura 3: Legenda dos resultados no programa ALFA.

Fonte: Imagem retirada da *software* ALFA.

4 | RESULTADO E DISCUSSÃO

No Colégio X foram estudadas três salas de aula distintas, todas com janelas, as quais serão analisadas a seguir em duas situações de iluminação; com luz exclusivamente natural e somente com luz artificial.

Sala de aula 01: Localizada no segundo pavimento com janelas voltadas para a fachada nordeste; possui um pé direito de 4,0m e dimensões de 6,40m de largura por 7,85m de profundidade; as dimensões das 2 janelas são 3,40m de largura por 2,47m de altura e o caixilho com uma modulação de 67cm de largura por 52cm de altura. Na sala há a presença de brises horizontais nas duas janelas, sendo que em uma delas o brise possuía uma inclinação de aproximadamente 60° e o outro a 30°. Esses brises não são movimentados durante o ano e foram representados no modelo 3D e na simulação da forma em que se encontravam na medição in loco. A lousa fica na frente da sala com as janelas à esquerda e as carteiras estão posicionadas em 5 fileiras de 7 carteiras, como pode ser observado nas figuras 4 e 5. Os materiais da sala são: Paredes e teto brancos, piso de tacos de madeira, janelas com caixilho metálico branco, carteiras com mesa de madeira pintada de cinza claro, assento de plástico vermelho, quadro branco e porta de madeira pintada de cinza claro. A sala possui 6 luminárias, distribuídas em 2 fileiras com lâmpadas de LED de cor 4000K.

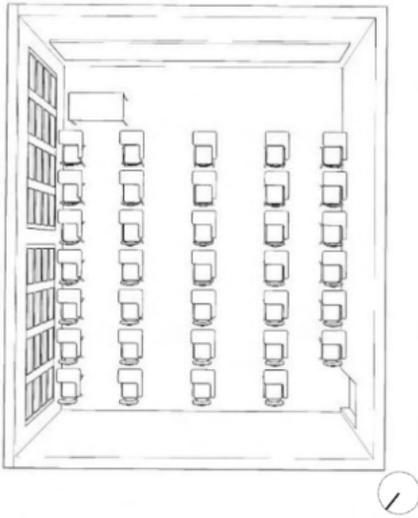


Figura 4: Planta sala 01.

Fonte: autoria própria.

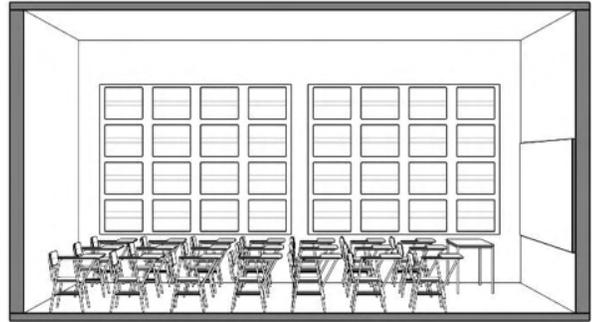


Figura 5: Corte sala 01.

Fonte: Imagem retirada do Sketchup, autoria própria.

No ALFA foram feitas duas simulações: uma com apenas a luz natural (figura 6) e outra com luz artificial (figura 7). Em vermelho estão representadas as janelas, em verde as luminárias e em amarelo a lousa. Na simulação de iluminação natural, o estado de alerta dos alunos (representando em azul), atingiu 94,1% das vistas, enquanto estado neutro (representado em cinza) foi obtido em 5,9% das vistas. Já na simulação com iluminação artificial, o estado de alerta dos alunos não foi alcançado e o estado neutro foi obtido em 100% das vistas. Observa-se que com a iluminação natural, a maioria dos alunos estariam sendo estimulados para o estado de alerta quando estivessem olhando em direção a lousa, somado ao fator que os alunos na sala de aula olham para mais de uma direção, pode-se dizer que essa sala somente com iluminação natural está colaborando para o regulamento do ritmo circadiano dos alunos e que eles se encontrariam alertas durante a aula. Já ao analisar a situação com apenas a iluminação artificial, percebe-se que há grande redução no espectro azul (450–495nm) (demonstrado na figura 7), parte importante do espectro para estimular o ritmo circadiano. Os alunos nessa condição não estariam sendo estimulados pelo ambiente, ou seja, não ficariam mais alertas com o passar do tempo e poderiam até ficar mais desinteressados e sonolentos pela monotonia da iluminação artificial no ambiente, se estiverem com essa pré-disposição.



Figura 6: Sala 01 iluminação natural.



Figura 7: Sala 01 iluminação artificial.

Fonte: Imagem retirada do software ALFA. Experimento de autoria própria.

Fonte: Imagem retirada do software ALFA. Experimento de autoria própria.

Sala de aula 02: Localizada no segundo pavimento com janelas voltadas para a fachada noroeste, possui um pé direito de 2,46m e dimensões de 10,57m de largura por 4,55m de profundidade, as dimensões das 3 janelas são 3,30m de largura por 1,80m de altura. Na sala não há a presença de brises e nem de qualquer outra proteção solar. A lousa fica na face oposta às janelas e as carteiras estão posicionadas em 10 fileiras de aproximadamente 3 carteiras, como pode ser observado nas figuras 8 e 9. Os materiais da sala são: Paredes e teto brancos, piso vinílico cinza, janelas com caixilho metálico branco, carteiras com mesa de madeira pintada de cinza claro, assento de plástico vermelho, quadro branco e porta de madeira pintada de cinza claro. As luminárias são 6, distribuídas em 3 fileiras com lâmpadas de LED de cor 4000K.

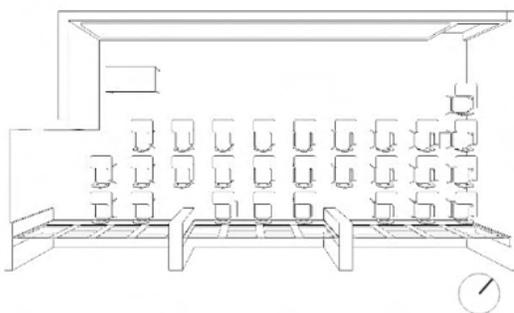


Figura 8: Planta sala 02.

Fonte: Imagem retirada do Sketchup, autoria própria.

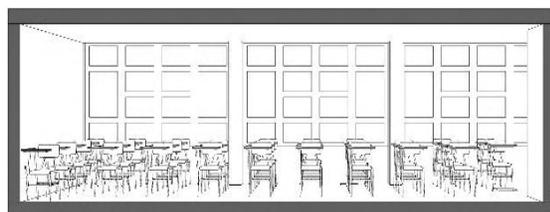


Figura 9: Corte sala 02.

Fonte: Imagem retirada do Sketchup, autoria própria.

No ALFA, foram feitas duas simulações, uma com apenas a luz natural (figura 10) e outra com luz artificial (figura 11). Em vermelho estão representadas as janelas, em verde as luminárias e em amarelo a lousa. Na simulação de iluminação exclusivamente natural, o estado de alerta dos alunos (representando em azul), atingiu 100% das vistas enquanto estado neutro (representado em cinza) não foi obtido. Na simulação com iluminação artificial, o estado de alerta dos alunos, também atingiu 100% das vistas enquanto estado neutro não foi obtido. Observa-se que com a iluminação natural, todos os alunos estariam sedo estimulados para o estado de alerta, independentemente da direção em que estivessem olhando. Pode-se dizer que essa sala está colaborando positivamente para o regulamento do ritmo circadiano dos alunos, eles se encontrariam alertas durante a aula e o ambiente estaria estimulando essa condição. Ao analisar a situação com apenas a iluminação artificial, percebe-se que o resultado também foi positivo para o estímulo do ritmo circadiano, os alunos se encontrariam em um ambiente que estimula o estado de alerta. A hipótese para esse resultado é que o ambiente é menor que a Sala de Aula 01 e há a mesma quantidade de luminárias, o que resulta em uma iluminância maior. Neste estudo observa-se que todos os alunos têm uma grande oferta de luz no plano de trabalho e na altura de seus olhos.



Figura 10: Sala 02 iluminação natural.

Fonte: Imagem retirada do software ALFA. Experimento de autoria própria.



Figura 11: Sala 02 iluminação artificial.

Fonte: Imagem retirada do software ALFA. Experimento de autoria própria.

Sala de aula 03: Localizada no terceiro pavimento com janelas voltadas para a fachada nordeste, possui um pé direito de 4m e dimensões de 8,96m de largura por 8,80m de profundidade, as dimensões das 2 janelas são 3,40m de largura por 2,47m de altura e o caixilho com uma modulação de 67cm de largura por 52cm de altura. Na sala há a presença de brises horizontais nas duas janelas, um estava aberto a aproximadamente 70° e

o outro completamente aberto. Esses brises não são movimentados e foram representados no modelo 3D e na simulação da forma em que se encontravam na visita *in loco*. A lousa fica na frente da sala com as janelas à esquerda e as carteiras estão posicionadas em 5 fileiras de 7 carteiras, como pode ser observado na figura 12 e 13. Os materiais da sala são: Paredes e teto brancos, piso de tacos de madeira, janelas com caixilho metálico branco, carteiras commesa de madeira pintada de cinza claro, assento de plástico vermelho, quadro branco e portade madeira pintada de cinza claro. As luminárias são 9, distribuídas em 3 fileiras com lâmpadas de LED de cor 4000K.

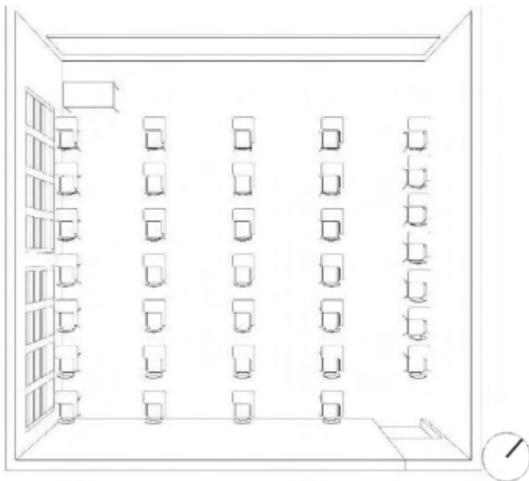


Figura 12: Planta sala 03.

Fonte: Imagem retirada do Sketchup, autoria própria.

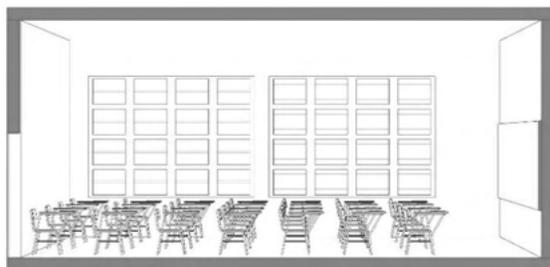


Figura 13: Corte sala 03.

Fonte: Imagem retirada do Sketchup, autoria própria.

No ALFA, foram feitas duas simulações, uma com apenas a luz natural (figura 14) e outra com luz artificial (figura 15). Em vermelho estão representadas as janelas, em verde as luminárias e em amarelo a lousa. Na simulação de iluminação exclusivamente natural, o estado de alerta dos alunos (representando em azul), atingiu 99,6% das vistas enquanto estado neutro (representado em cinza) foi obtido em 0,4% das vistas. Já na simulação com iluminação artificial, o estado de alerta dos alunos não foi obtido, enquanto estado neutro foi obtido em 100% das vistas. Observa-se que com a iluminação natural, todos os alunos estariam sendo estimulados para o estado de alerta quando estivessem olhando em direção a lousa, bem como para as outras direções da sala de aula. Esse ambiente com iluminação natural está estimulando o estado de alerta e colaborando para a regulação do ritmo circadiano dos alunos no período de aula. O resultado da iluminação artificial, entretanto, se assemelha ao que ocorre na sala 01, onde há uma grande redução no espectro azul (450–495nm) da luz, o que cria certa monotonia na iluminação do ambiente. Essa condição

não estimula o estado de alerta nos alunos podendo fazer com que eles percam o interesse ao longo da aula e sintam-se mais entediados e sonolentos se estiverem com essa pré-disposição.

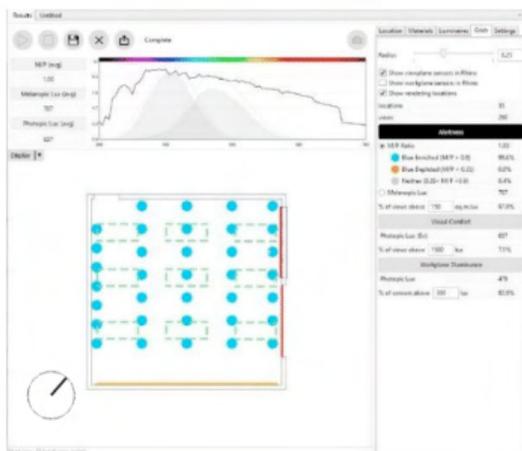


Figura 14: Sala 03 iluminação natural.

Fonte: Imagem retirada do software ALFA. Experimento de autoria própria.

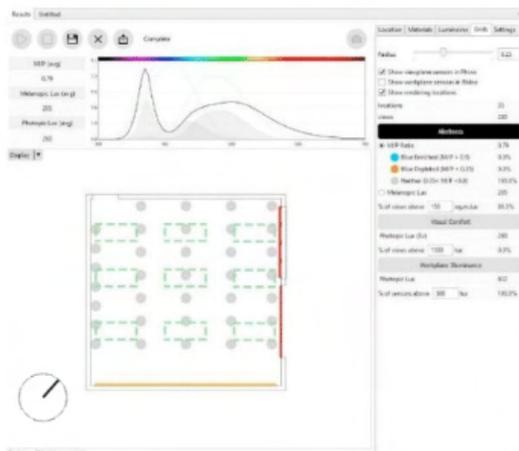


Figura 15: Sala 03 iluminação artificial.

Fonte: Imagem retirada do software ALFA. Experimento de autoria própria.

4.1 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho investigou a realidade das salas de aula de um colégio de ensino médio localizado na cidade de São Paulo, com a finalidade de encontrar respostas para as questões que instigaram esta pesquisa: qual a influência da iluminação natural no ritmo circadiano, estado de alerta e desempenho dos alunos para uma mesma sala em condições distintas de iluminação, isto é, apenas com iluminação natural e apenas com iluminação artificial, como ocorreria no período noturno.

A pesquisa de campo foi limitada devido à pandemia do COVID-19 apenas às medições das dimensões dos ambientes e da iluminância. No entanto, por meio da ferramenta ALFA foi possível obter os resultados buscados, inicialmente por meio de experimentos com os alunos das salas avaliadas, por meio do teste ELISA.

Após a realização das simulações na ferramenta ALFA, pode-se concluir que quando a sala conta com a presença de iluminação natural, os efeitos não-visuais da luz se fazem presentes e influenciam positivamente o ritmo circadiano dos alunos ali presentes. Com a luz natural, os alunos recebem uma variedade do espectro da luz mais rica do que a da luz artificial, capaz de regular o ritmo circadiano deles com a fase clara do dia, o que promove o estado de alerta. Nesta condição do ambiente os alunos tendem a ficar mais despertos e atentos na aula, podendo colaborar diretamente para o bom desempenho escolar e

engajamento deles. Portanto, as salas de aula iluminadas naturalmente apresentam mais vantagens para o desempenho e bem-estar dos alunos, quando comparadas às salas com somente iluminação artificial.

REFERÊNCIAS

ANDERSEN, M; MARDALJEVIC, J; LOCKLEY, Sw. A framework for predicting the non-visual effects of daylight – Part I: photobiology-based model. : photobiology-based model. *Lighting Research & Technology*, [s.l.], v. 44, n. 1, p. 37-53, 13 fev. 2012. SAGE Publications. <http://dx.doi.org/10.1177/1477153511435961>.

ARIES, Mbc; AARTS, Mpj; VAN HOOFF, J. Daylight and health: a review of the evidence and consequences for the built environment. : A review of the evidence and consequences for the built environment. *Lighting Research & Technology*, [s.l.], v. 47, n. 1, p. 6-27, 7 nov. 2013. SAGE Publications. <http://dx.doi.org/10.1177/1477153513509258>. Disponível em: <https://journals.sagepub.com/doi/abs/10.1177/1477153513509258?journalCode=lrtd>. Acesso em: 3 fev. 2020.

ASARNOW, Lauren D. et al. *The Impact of Sleep Improvement on Food Choices in Adolescents With Late Bedtimes*. *Journal Of Adolescent Health*, [s.l.], v. 60, n. 5, p. 570-576, maio 2017. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jadohealth.2016.11.018>. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/28111011>. Acesso em: 18 abr. 2020.

BERTOLOTTI, Dimas. Iluminação natural em projetos de escolas: uma proposta de metodologia para melhorar a qualidade da iluminação e conservar energia. 2007. 162 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2007.

CIBSE, BRE Trust. *Research insight 01: circadian lighting*. [s.l.]: Chartered Institution Of Building Services Engineers (cibse), v. 01, n. 01, fev. 2020. Disponível em: <https://www.cibse.org/knowledge/knowledge-items/detail?id=a0q3Y00000HZfg0QAD>. Acesso em: 10 abr. 2020

CROWLEY, Stephanie J. et al. Increased Sensitivity of the Circadian System to Light in Early/Mid-Puberty. *The Journal Of Clinical Endocrinology & Metabolism*, [s.l.], v. 100, n. 11, p. 4067-4073, nov. 2015. The Endocrine Society. <http://dx.doi.org/10.1210/jc.2015-2775>

DUFFY, Jeanne F.; CZEISLER, Charles A.. *Effect of Light on Human Circadian Physiology*. *Sleep Medicine Clinics*, [s.l.], v. 4, n. 2, p. 165-177, jun. 2009. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jsmc.2009.01.004>. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/20161220>. Acesso em: 25 nov. 2019.

EDWARDS, L.; TORCELLINI, P.. *Literature Review of the Effects of Natural Light on Building Occupants*. *National Renewable Energy Laboratory*, [s.l.], v. [], n. [], p. 1-58, 1 jul. 2002. Office of Scientific and Technical Information (OSTI). <http://dx.doi.org/10.2172/15000841>.

FIGUEIREDO, Erika Ciconelli de. *Abordagem sustentável da luz natural: análise do desenho de vãos e eficiência dos vedos translúcidos e transparentes em edifícios das cidades de são paulo, berlim e frankfurt am main durante as últimas décadas do século xx e primeira década do século xxi*. 2011. 221 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Arquitetura e Urbanismo, Universidade Presbiteriana Mackenzie, São Paulo, 2011. Disponível em: <http://tede.mackenzie.br/jspui/handle/tede/279>. Acesso em: 11 dez. 2019.

FIGUEIREDO, Erika Ciconelli de. Abordagem do ritmo circadiano no projeto de iluminação natural em edifícios de escritórios. In: XVI Encontro Nacional de Conforto no Ambiente Construído / XII Encontro Latino-Americano de Conforto no Ambiente Construído, 16., 2021, Palmas. Anais [...] . Palmas: ANTAC, 2021. p. 1-10.

FIGUEIRO, Mariana. Light isn't just for vision anymore. *Spie Newsroom*, [s.l.], p. 1-3, jan. 2006. SPIE-Intl Soc Optical Eng. <http://dx.doi.org/10.1117/2.1200606.0304>.

FIGUEIRO, Mg; NAGARE, R; PRICE, Lla. Non-visual effects of light: how to use light to promote circadian entrainment and elicit alertness. : How to use light to promote circadian entrainment and elicit alertness. *Lighting Research & Technology*, [s.l.], v. 50, n. 1, p. 38-62, 25 jul. 2017. SAGE Publications. <http://dx.doi.org/10.1177/1477153517721598>.

GOLDSTEIN, Andrea N.; WALKER, Matthew P.. *The Role of Sleep in Emotional Brain Function. Annual Review Of Clinical Psychology*, [s.l.], v. 10, n. 1, p. 679-708, 28 mar. 2014. Annual Reviews. <http://dx.doi.org/10.1146/annurev-clinpsy-032813-153716>. Disponível em: <https://www.annualreviews.org/doi/10.1146/annurev-clinpsy-032813-153716>. Acesso em: 19 abr. 2020.

HUANG, Rong-chi. The discoveries of molecular mechanisms for the circadian rhythm: the 2017 nobel prize in physiology or medicine. : The 2017 Nobel Prize in Physiology or Medicine. *Biomedical Journal*, [s.l.], v. 41, n. 1, p. 5-8, fev. 2018. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.bj.2018.02.003>.

JUNG, B; INANICI, M. Measuring circadian lighting through high dynamic range photography. *Lighting Research & Technology*, [S.L.], v. 51, n. 5, p. 742-763, 10 ago. 2018. SAGE Publications. <http://dx.doi.org/10.1177/1477153518792597>

KRAUSE, Adam J. *et al. The sleep-deprived human brain. Nature Reviews Neuroscience*, [s.l.], v. 18, n. 7, p. 404-418, 18 maio 2017. Springer Science and Business Media LLC. <http://dx.doi.org/10.1038/nrn.2017.55>. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/28515433>. Acesso em: 18 abr. 2020.

LOCKLEY, Steven W.; PECHACEK, Christopher S.; ANDERSEN, Marilyne. Preliminary Method for Prospective Analysis of the Circadian Efficacy of (Day)Light with Applications to Healthcare Architecture. *Leukos*, Boston, p.1-26, jul. 2008. Disponível em: . Acesso em: 23 jun. 2020.

MARTAU, Betina Tschiedel. A luz além da visão: iluminação e sua influência na saúde e bem-estar.: Iluminação e sua influência na saúde e bem-estar. *Lume Arquitetura*, [s.i.], v. 38, n. 38, p. 62-68, jun. 2009.

MARTINEZ, Denis *et al.* Diagnóstico dos transtornos do sono relacionados ao ritmo circadiano. *Jornal Brasileiro de Pneumologia*, [s.l.], v. 34, n. 3, p. 173-180, mar. 2008. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s1806-37132008000300008>. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1806-37132008000300008#end. Acesso em: 15 fev. 2020.

MILLER, Naomi J.; IRVIN, Anne (Lia). M/P ratios – *Can we agree on how to calculate them? IES: Illuminating Engineering Society*, [S.l.], 27 set. 2019. Disponível em: <https://www.ies.org/fires/m-p-ratios-can-we-agree-on-how-to-calculate-them/>. Acesso em: 15 mar. 2021.

NOBEL PRIZE. Nobel Foundation. *Press release*. 2017. Nobel Media. Disponível em: <https://www.nobel-prize.org/prizes/medicine/2017/press-release/>. Acesso em: 10 abr. 2020.

SLEEP is your superpower - Matt Walker. [s.i.]: Ted Conference, 2019. (19 min.), color. Disponível em: https://www.ted.com/talks/matt_walker_sleep_is_your_superpower?language=en. Acesso em: 18 abr. 2020.

TONELLO, G et al. Perceived well-being and light-reactive hormones: an exploratory study: An exploratory study. *Lighting Research & Technology*, [s.l.], v. 51, n. 2, p. 184-205, 9 jan. 2018. SAGE Publications. <http://dx.doi.org/10.1177/1477153517750714>.

LOCKLEY, Steven W.; PECHACEK, Christopher S.; ANDERSEN, Marilyne. Preliminary Method for Prospective Analysis of the Circadian Efficacy of (Day)Light with Applications to Healthcare Architecture. *Leukos*, Boston, p.1-26, jul. 2008. Disponível em: . Acesso em: 23 jun. 2020.

WILLIS, Carol. **Form follows finance**: skyscrapers and skylines in new york and chicago paperback. Princetown: Princeton Architectural Press, 1995.

ÍNDICE REMISSIVO

A

Arquitetura 1, 41, 42, 44, 45, 46, 66, 67, 68, 99, 108, 109, 110, 111, 112, 113, 114, 115, 116, 117, 118, 119, 120, 121, 124, 125, 130, 131, 132, 133, 136, 141, 149, 150, 151, 165, 166, 167, 168, 170, 171, 172, 177, 211, 214, 237, 252, 253, 254, 257, 258, 261, 263, 264, 268, 269, 270, 271, 272, 274, 275

Arquitetura bioclimática 109, 112, 114, 115, 117, 120, 121, 130, 131, 133

Arquitetura escolar 108, 109, 110, 115, 117, 118

Arquitetura popular 120, 121, 131, 132, 133

Arte 20, 41, 44, 45, 46, 49, 54, 93, 94, 96, 97, 167, 200, 201, 202, 203, 204, 209, 210, 226, 234, 240, 241, 242, 243, 244, 246, 247, 249, 250, 251, 252, 255, 257, 258, 263, 266, 269, 270, 272

Arte rupestre 240, 241, 242, 243, 244, 247, 249, 250, 251

C

Cartografia 15, 67, 68, 69

Centro de interpretación 242, 247

Cidade 16, 17, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 47, 48, 49, 50, 53, 55, 62, 63, 64, 65, 66, 67, 68, 69, 70, 71, 72, 75, 76, 77, 78, 80, 81, 90, 92, 93, 95, 100, 112, 114, 115, 119, 136, 148, 151, 159, 200, 201, 203, 204, 206, 208, 209, 211, 214, 215, 216, 217, 218, 220, 221, 222, 223, 224, 225, 226, 227, 228, 229, 233, 235, 237, 258, 269, 272

Cinema 200, 201, 210, 211, 212, 213, 214, 215, 217, 221

Cinema documentário 200, 201

Conforto 108, 109, 112, 113, 114, 115, 116, 117, 118, 119, 121, 124, 149, 155, 168

Construção 42, 43, 46, 63, 67, 68, 70, 71, 72, 73, 75, 76, 77, 82, 88, 89, 92, 93, 98, 99, 110, 111, 112, 119, 120, 121, 122, 126, 129, 133, 141, 168, 169, 172, 177, 180, 182, 189, 190, 199, 204, 211, 212, 215, 217, 218, 219, 229, 233, 237, 238, 252, 254, 255, 256, 264, 265, 266, 267, 271, 274

D

Design participativo 79

Desmilitarización 18

Documento 69, 78, 181, 205, 211, 212, 213, 221, 260

E

Espaço público 52, 65, 66, 80, 84, 90, 91, 92, 263, 273

F

Favela 223, 224, 225, 226, 227, 228, 229, 230, 231, 232, 233, 234, 235, 236, 237, 238, 239

Forma urbana 1, 2, 3, 4, 6, 7, 9, 13

G

Gestão 51, 53, 66, 84, 85, 86, 87, 88, 90, 91, 92, 95, 97, 98, 99, 101, 102, 103, 104, 105, 106, 107, 181, 187, 189, 190, 198, 206, 257, 260, 261, 274

H

Heliponto 179, 180, 181, 182, 183, 184, 185, 186, 187, 188, 189, 190, 191, 192, 193, 194, 196, 197, 198, 199

I

Iconografia 67, 68, 69

Iluminação natural 134, 135, 136, 138, 140, 144, 145, 146, 147, 148, 149

Inspeção predial 179, 180, 181, 187, 196, 198, 199

M

Museus 222, 223, 224, 225, 226, 227, 230, 232, 233, 235, 236, 237, 238, 255, 260, 264, 269, 272

Museus comunitários 222, 223

O

Oscar Niemeyer 252, 253, 254, 257, 258, 260, 261, 262, 263, 264, 265, 266, 267, 269, 270, 271, 273, 274

P

Paisagismo 95, 96, 97, 99, 170

Pampulha 252, 253, 254, 257, 258, 263, 266, 267, 268, 269, 270, 271, 272, 273, 274

Parques urbanos 51, 52, 66

Patrimônio 45, 48, 49, 64, 91, 95, 96, 97, 99, 105, 106, 107, 196, 200, 201, 209, 210, 222, 223, 224, 225, 226, 227, 228, 230, 235, 237, 252, 254, 257, 258, 261, 262, 268, 272, 273

Patrimônio cultural 48, 49, 96, 200, 201, 209, 210, 257, 258, 268, 273

Planejamento 41, 42, 51, 53, 81, 85, 98, 108, 189, 196, 268, 275

Plataforma de distribuição de carga (PDC) 179

Porosidade 151, 154, 155, 156, 159, 160, 162, 163, 164, 165

Processo criativo 166, 170, 173

R

Restauração 73, 252, 257, 263, 265, 268, 270, 271

Roberto Burle Marx 95, 96, 101, 105, 106, 107

S

Seguridad 18, 19, 20, 21, 22, 23, 27, 28, 31, 32, 33, 36, 244

Simulação computacional 116, 117, 118, 151, 154, 159, 165

Software 100, 101, 102, 107, 114, 115, 141, 142, 143, 145, 146, 148, 152, 153, 154, 159, 163, 166, 168, 170

T

Tecido urbano 42, 67, 68, 70, 71, 72, 74, 75, 78

Tempo 1, 46, 49, 52, 81, 83, 92, 98, 99, 101, 121, 125, 130, 137, 138, 139, 144, 151, 153, 154, 155, 158, 166, 167, 168, 169, 174, 180, 181, 185, 186, 193, 197, 200, 202, 203, 206, 208, 211, 214, 215, 216, 218, 219, 220, 221, 227, 230, 256, 258, 264, 273

Turismo 42, 47, 50, 59, 64, 65, 66, 208, 222, 223, 224, 225, 226, 227, 230, 231, 232, 233, 235, 236, 237, 238, 241

U

Urbanismo 1, 7, 17, 18, 28, 38, 39, 40, 42, 43, 45, 66, 77, 79, 80, 83, 85, 89, 90, 91, 92, 118, 119, 149, 151, 165, 166, 177, 211, 214, 222, 237, 252, 253, 257, 258, 263, 268, 269, 272, 275

Urbanismo tático 79, 80, 83, 85, 89, 90, 91, 92

V

Ventilação natural 114, 129, 151, 152, 153, 154, 155, 158, 162, 164, 165

Vigilância natural 18, 19, 21, 27, 28, 29, 31, 32, 33, 35, 39

ARQUITETURA & URBANISMO:

Divergências e convergências de perspectivas

-  www.atenaeditora.com.br
-  contato@atenaeditora.com.br
-  [@atenaeditora](https://www.instagram.com/atenaeditora)
-  www.facebook.com/atenaeditora.com.br

ARQUITETURA & URBANISMO:

Divergências e convergências de perspectivas

- 🌐 www.atenaeditora.com.br
- ✉ contato@atenaeditora.com.br
- 📷 @atenaeditora
- 📘 www.facebook.com/atenaeditora.com.br