

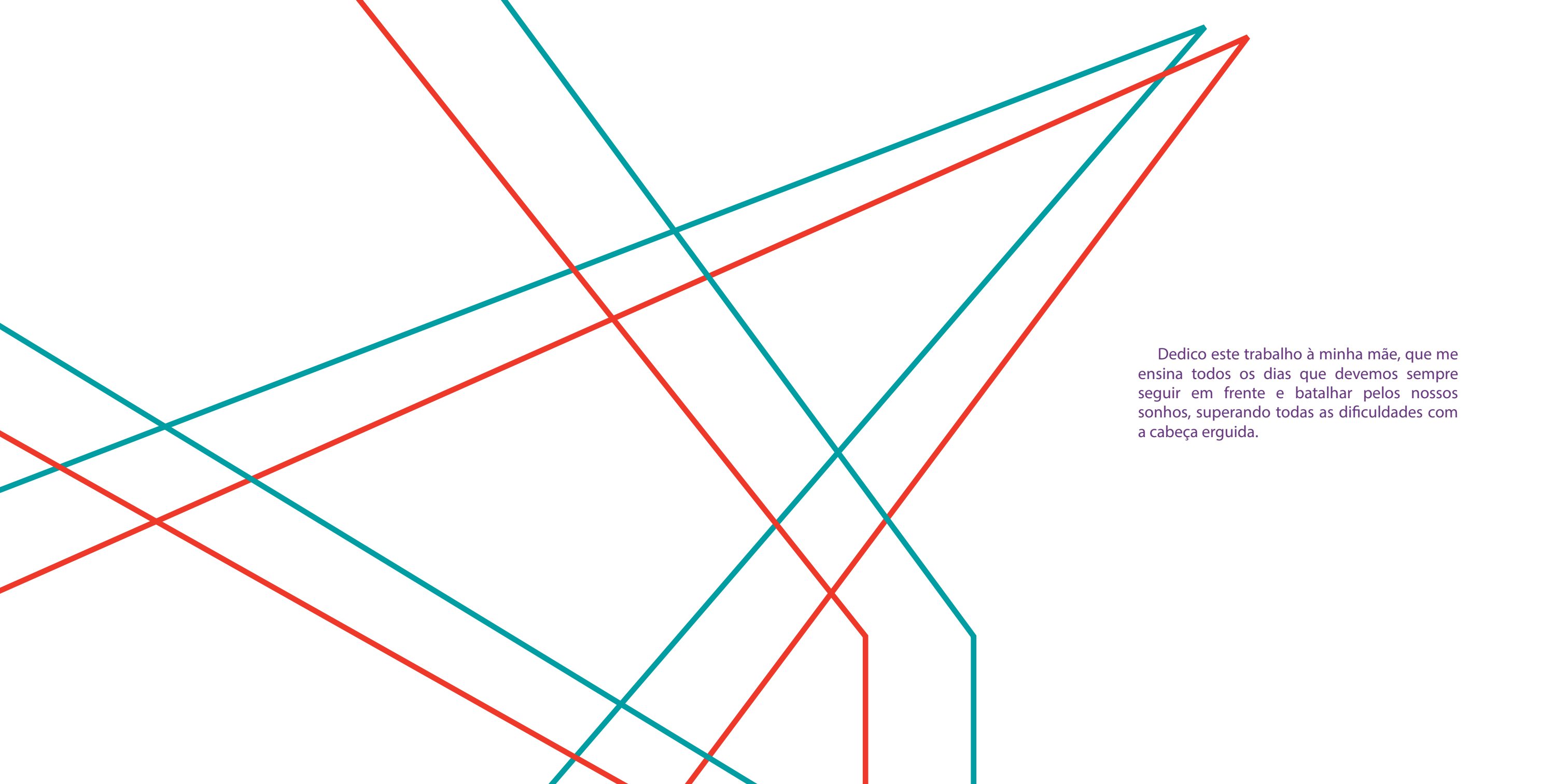


# LUZ NA ARQUITETURA DE EDIFÍCIOS COMERCIAIS

Guilherme Reis Muri Cunha  
Orientadora: Prof.<sup>a</sup> Alessandra Rodrigues Prata Shimomura

Trabalho Final de Graduação  
Faculdade de Arquitetura e Urbanismo  
Universidade de São Paulo

Julho | 2020  
São Paulo - SP



Dedico este trabalho à minha mãe, que me ensina todos os dias que devemos sempre seguir em frente e batalhar pelos nossos sonhos, superando todas as dificuldades com a cabeça erguida.



# AGRADECIMENTOS

## AGRADECIMENTOS

Agradeço a professora Alessandra por ter aceitado me orientar neste trabalho e me ajudar a trilhar este caminho sempre com leveza e tranquilidade.

Às professoras Joana e Roberta por participarem da banca e da minha vida na FAU desde o princípio, agradeço também para a professora Ranny e todos do Labaut que me ajudaram nesta trajetória de conforreiro.

À minha mãe Mariza, meu irmão Gustavo e toda a minha família pois, sem eles, nada disso faria sentido.

À Bia, essa irmã que a vida me deu, por todo e cada momento juntos nessa loucura que foi a nossa graduação, à Ka por cada risada que demos juntos e porque sem elas este trabalho não seria possível.

À Syl, Lari, Dinha, Gabi, Renatinha, Lu e Du por estarem presentes em diferentes fases da minha vida na faculdade e que fizeram tudo ser maravilhoso, mesmo todo o caos envolvido.

Aos meus amigos de longa data Ka, Will, Rafa, Ma e Rapha, por tudo o que vivemos até hoje.

E por fim, ao Vini, Elisa, Taina e todos da Inovatech Engenharia, incluindo a Vic que não é da empresa, mas também participa desta fase tão especial na minha vida.

# RESUMO

Os edifícios comerciais são vistos como a representação do avanço tecnológico da sociedade, ocupam uma posição de destaque na paisagem urbana, muitas vezes se tornando verdadeiros pontos turísticos na cidade. Contudo, é necessário lembrar que ali trabalham pessoas, muitas pessoas, e o projeto não deve priorizar somente o aspecto monumental da obra, deve-se pensar sempre no conforto do usuário, garantindo condições que atendam as necessidades do uso e que representem o menor impacto ambiental possível, principalmente no consumo energético dos sistemas prediais.

Este trabalho parte de um levantamento histórico de torres de escritório no contexto mundial e paulistano, para propor o projeto de um novo edifício comercial, em uma das regiões mais valorizadas da cidade de São Paulo. Adotando as ferramentas mais recentes para unir a arquitetura generativa e os conceitos de conforto ambiental em um projeto eficiente, que contém em si todo o conhecimento adquirido ao longo da graduação.

Ao final de todo o processo, conclui-se que é possível aliar as questões ambiental ao projeto de edifícios comerciais sem que estes percam seu caráter de destaque no contexto urbano. Contudo, para que isso seja possível, é necessária uma mudança no pensamento ideológico do mercado imobiliário em prol de soluções inovadoras e novos métodos de se pensar a arquitetura comercial.

Palavras-chave: Edifícios comerciais; Iluminação Natural; Arquitetura Generativa

# ABSTRACT

Commercial buildings are seen as a representation of the technological advancement of society, occupying a prominent position in the urban landscape, often becoming true tourist spots in the city. However, it is necessary to remember many people work there and the project must not only prioritize the monumental aspects of the building, but also the user's comfort, as people should be the main focus. The conditions should be guaranteed that the needs of use and that represent the least environmental impact possible, mainly in the energy consumption of building systems.

This report is based on a historical study of office towers around the world and in São Paulo city to propose the design of a new commercial building, in one of the most valued regions of the city. Using the most recent tools to combine generative design and environmental comfort in an efficient project, which contains all the knowledge acquired during graduation.

The conclusion is that it is possible to combine environmental issues with the design of commercial buildings without losing their prominence in the urban context. However, for this to be possible, it is necessary to change the ideological thinking of the real estate Market in favor of innovative solutions and new methods of thinking about commercial buildings.

Keywords: Commercial buildings; Daylight; Generative design

# SUMÁRIO

# SUMÁRIO

## INTRODUÇÃO

# 01

# 02

## EDIFÍCIOS COMERCIAIS: LEVANTAMENTO HISTÓRICO

- 2.1. Contexto mundial | p.18
- 2.2. Contexto paulistano | p.30

# 03

## CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO

- 3.1. Usuário e o conforto | p.44
- 3.2. Iluminação natural no ambiente de trabalho | p.45
- 3.3 Métricas de avaliação da iluminação natural | p.47

## PROGRAMA DO PROJETO

- 4.1. Inspiração | p.52
- 4.2. Localização | p.53
- 4.3. Terreno | p.58
- 4.3. Diretrizes de projeto | p.67
- 4.4. Programa do edifício | p.70

# 04

## PROJETO | ETAPA 1: ARQUITETURA GENERATIVA

- 5.1. Definições | p.74
- 5.2. Estruturação dos processos | p.75
- 5.3. Programas computacionais | p.77
- 5.4. Parâmetros de modelagem | p.80
- 5.5. Critérios de avaliação | p.82
- 5.5. Resultados | p.85
- 5.5. Parâmetros base para o projeto | p.90

# 05

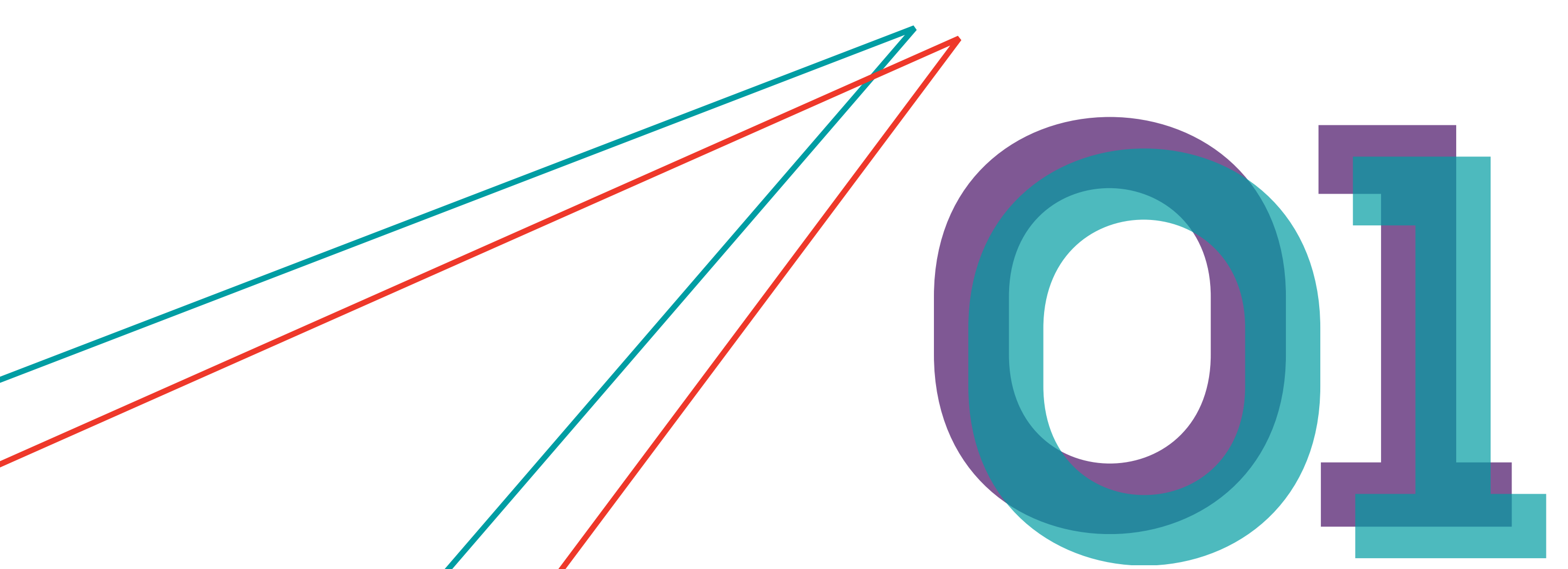
# 06

## PROJETO | ETAPA 2: ARQUITETURA CRIATIVA

- 6.1. Evolução do projeto | p.94
- 6.2. Projeto de fachada | p.101
- 6.3. Desenhos | p.117
- 6.4. Avaliação de conforto lumínico | p.154
- 6.5. Considerações finais | p.168

## REFERÊNCIAS

# 07



INTRODUÇÃO



norte deste trabalho tem origem em meados de 2014, quando, por uma junção de fatores e acasos, um convite para participar de um grupo de pesquisa do Labaut FAU-USP (Laboratório de Conforto Ambiental e Eficiência Energética) foi feito. Desde então, foram seis anos de estudos e projetos envolvendo diversas questões de conforto e eficiência energética, mas a que deu origem às bases deste trabalho foi: o potencial da arquitetura bioclimática como forma de melhorar o conforto do ocupante no ambiente construído.

Esta temática conduziu pesquisas que, por interesse pessoal, sempre focaram no desempenho e conforto em edifícios comerciais, afinal, o brasileiro gasta em média 20% das horas do ano trabalhando (OCDE, 2014). E, por conseguinte, uma parcela considerável da população trabalha nesta tipologia de edifício, que representaram uma fatia de 19% da energia elétrica consumida no país no ano de 2018 (EPE, 2019).

Logo, vê-se que a eficiência energética em edifícios deve ser levada em consideração para qualquer projeto de nova edificação ou *retrofit* de uma já existente, independentemente de o foco estar em certificações ambientais ou não. Porém, e esse é o ponto no qual este trabalho se concentra, desempenho energético e conforto ambiental não são sinônimos.

Sendo assim, o objetivo deste trabalho é aliar o interesse em novas possibilidades, permitidas pelos *softwares* computacionais, ao processo de projeto de um edifício comercial, visando estratégias que garantam o conforto do ocupante e respeitem as questões bioclimáticas paulistas. E assim, espera-se chegar em uma solução que converse com o entorno, seja receptiva ao pedestre e se insira na cidade sem parecer um monólito envidraçado e isolado do mundo externo.

**Este trabalho surge da vontade de projetar de uma maneira diferente do que se tem projetado os edifícios comerciais em São Paulo.**



02

EDIFÍCIOS COMERCIAIS:  
LEVANTAMENTO  
HISTÓRICO

## 2.1. CONTEXTO MUNDIAL

A origem da tipologia de edifício comercial parte da necessidade por um ambiente dedicado à execução de trabalhos burocráticos e remete à 1870, quando a cidade de Chicago, nos Estados Unidos, passou por um rápido processo de crescimento graças à conclusão da ligação ferroviária entre as costas oeste e leste. Neste contexto a cidade representou um papel importantíssimo como entreposto comercial norte americano e, portanto, a demanda por ambientes dedicados aos serviços burocráticos decorrentes do comércio criou o cenário perfeito para que fossem erguidos os primeiros edifícios dedicados ao trabalho comercial.

Basicamente toda erguida em madeira, a cidade, que a época já abrigava 300.000 habitantes, sofreu O Grande Incêndio de 1871. Por dois dias Chicago queimou, resultando em 300 mortos, cerca de 100.000 desabrigados e duzentos milhões de dólares em prejuízos, o fogo consumiu uma área de aproximadamente 8 km<sup>2</sup> e os poucos edifícios que permaneceram em pé foram aqueles construídos com paredes externas de alvenaria e estrutura em ferro fundido revestido de concreto<sup>[1]</sup>. A partir deste evento foi elaborado um plano de reconstrução total que incluía um grande planejamento urbano, atraindo arquitetos renomados como Frank Lloyd Wright a projetar os edifícios que foram os precursores do que hoje reconhecemos como a arquitetura comercial icônica de Chicago.

Neste cenário, Fialho (2007) identifica as origens dos pontos que hoje entendemos como as principais características da arquitetura comercial contemporânea: “*Os arquitetos de Chicago aceitaram as exigências impostas pelo especulador sem alternativas tendo em vista a concorrência, o aspecto competitivo entre os escritórios de*

[1] Fialho, 2007

*projeto e a necessidade de manter uma reputação de arquiteto ‘pragmático’.* Ou seja, se o arquiteto não atendesse as demandas do capital de ocupar a maior área com o menor custo possível, ele seria substituído por outro disposto a agradar os financiadores, e com isso, surge a tipologia de edifício alto com plantas profundas e pavimentos idênticos, otimizando ao máximo a estrutura e área útil em detrimento de uma arquitetura criativa com diferentes tipologias e formas.

O primeiro exemplar deste período arquitetônico é o *First Leiter Building* (1879), projetado pelo arquiteto William LeBaron Jenney, este edifício era composto por uma estrutura de ferro fundido com grossas paredes externas. Os pavimentos possuíam a mesma planta tipo, com janelas padronizadas em ambas fachadas e apresentava também uma inovação tecnológica à época, o elevador, que quebrou os paradigmas do aluguel por metro quadrado, igualando os preços em todos os andares.

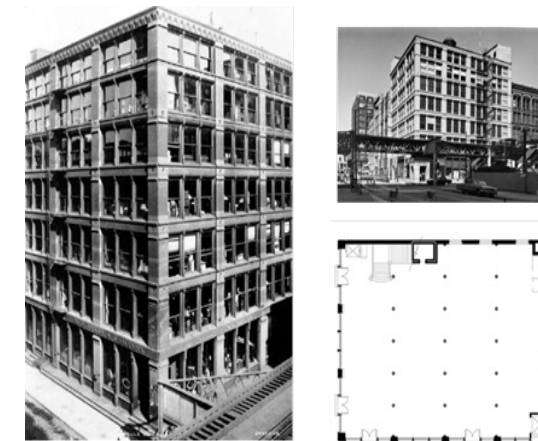


Figura 1: First Leiter Building, projetado pelo arquiteto William LeBaron Jenney (1879)  
Fonte: Chicagology, disponível em: <<https://chicagology.com/rebuilding/rebuilding024/>> Acesso em jun/2020

Com o avanço da reconstrução da cidade, novas edificações emblemáticas surgiram e, com elas, as características arquitetônicas daquela que ficou conhecida como a Escola de Chicago foram consolidadas. O *Reliance Building* (1895) do escritório *Burnham and Root* é um exemplo claro das características construtivas com estrutura modular e grandes superfícies envidraçadas para captar o máximo de luz nas ruas estreitas e entorno cada vez mais densamente construído<sup>[2]</sup>.



Figura 2: *Reliance Building*, projetado pelo escritório *Burnham and Root* (1895)  
Fonte: Chicagology, disponível em <<https://chicagology.com/goldenage/goldenage032/>> Acesso em jun/2020

Assim como Chicago, Manhattan vivia um período de plena verticalização pós consolidação do plano urbanístico da cidade, que dividiu toda a ilha em uma malha retangular. Lá as repercussões do avanço tecnológico e arquitetônico influenciaram a busca pelos chamados arranha-céus, fazendo com que o desejado para estes edifícios fosse a altura e a modularidade da planta, otimizando e racionalizando a estrutura e a própria construção.

[2] Fialho, 2007

Ainda que a regularidade viária seja o principal destaque para a urbanização da cidade, o edifício comercial mais antigo que se encontra de pé até hoje é o *Flatiron Building* (1902), projetado pelo arquiteto Daniel H. Burham. Marcado pela volumetria angular no encontro da 5ª Avenida com a Broadway, a torre possui fachadas em estilo renascentista e modularizado priorizando a maior relação área de janela por área de planta, visto que a ventilação natural ainda era a única forma de garantir a salubridade dos ambientes.



Figura 3: *Flatiron Building*, projetado pelo arquiteto Daniel H. Burham (1902)  
Fonte: Bowery Boys NYC History, disponível em <<https://www.boweryboyshistory.com/2015/06/flatiron-building-a-three-sided-story.html>> Acesso em jun/2020

A partir dos anos 20, após grandes repercussões sobre o projeto vencedor do concurso para a nova sede do *Chicago Tribune Tower*, surge o estilo arquitetônico que seria destaque nas próximas décadas, o Art-Déco. Esta fase teve uma relevância ainda maior na cidade de Nova York pois alinhava-se com o novo código de zoneamento, de 1916, que estipulava a necessidade de escalonamento dos andares superiores em função da largura da via. Um grande marco deste período é o *Empire State Building* (1931), do escritório *Shreve, Lamb and Harmon*.



Figura 4: Empire State Building, do escritório Shreve, Lamb and Harmon (1931)

Fonte: Bowery Boys NYC History, disponível em <<https://www.boweryboyshistory.com/2018/01/empire-state-building-story-icon.html>> Acesso em jun/2020

Durante esse período e principalmente pós Crise de 29, houve uma popularização do tema arranha-céu, tornando o edifício comercial um dos símbolos de esperança e progresso tecnológico, essa posição de destaque teve repercussão em todo o mundo e permanece até os dias atuais. É nesse contexto que Fialho (2007)

destaca o “divisor de águas da arquitetura de edifícios de escritório do século XX”, o conjunto de edifícios do *Rockefeller Center* (1939) que possuem não só o aspecto monumental mas também um projeto de urbanização do térreo que prioriza o pedestre e espaços coletivos que, mesmo 80 anos depois, ainda possuem relevância na cidade. Outro ponto de destaque deste projeto é a proximidade com os conceitos racionais e funcionalistas da vanguarda europeia<sup>[3]</sup>.



Figura 5: Rockefeller Center, projetado por Raymond Hood (1939)

Fonte: Bowery Boys NYC History, disponível em <<https://www.boweryboyshistory.com/2008/12/podcast-rockefeller-center.html>> Acesso em jun/2020

[3] Fialho, 2007

Enquanto o edifício alto era uma realidade norte americana, a Europa via neles um símbolo de sociedade idealizada que, devido à crise econômica pós Primeira Guerra, não poderiam ser concretizados. Um dos destaques desse período é o projeto da *Ville Radieuse* (1924), concebido por Le Corbusier, esse plano urbanístico abrigaria 3 milhões de habitantes e tem como ponto central torres que demonstram o desejo por alcançar as alturas como forma de renovar a cidade em crise.



Figura 6: Ville Radieuse, desenhada por Le Corbusier (1924)

Fonte: ArchDaily Brasil, disponível em <<https://www.archdaily.com.br/br/787030/classicos-da-arquitetura-ville-radieuse-le-corbusier>> Acesso em jun/2020

Com essas e outras experimentações no campo das possibilidades, surgem os preceitos do Movimento Moderno que tem como objetivo principal encerrar a retomada dos estilos clássicos na produção arquitetônica. Um dos marcos iniciais deste período é o *Columbushaus* (1932), projeto do arquiteto Erich Mendelsohn, este edifício comercial possuía o que hoje é denominado de fachada ativa, ou seja, lojas e restaurantes na base da torre, e apresentava também um pavimento tipo que priorizava

a flexibilização do *layout*. Com o recuo da estrutura em relação à fachada foi possível desobstruir as paredes externas para a inclusão de grandes planos de vidro que priorizavam a iluminação natural.



Figura 7: Columbushaus, projetado por Erich Mendelsohn (1932)

Fonte: Waldemar Franz Hermann Titzenthaler, retirado do livro *Berlin Then & Now*, Nick Gay, 2005

O avanço deste novo período na arquitetura europeia é drasticamente interrompido com o início da Segunda Guerra que impacta não só a Europa, mas também os Estados Unidos, com todos envolvidos no contexto da guerra, há a paralisação da arquitetura no hemisfério norte<sup>[4]</sup>. É este cenário que explica o fato de que o primeiro arranha-céu da corrente modernista tenha sido construído aqui, no Brasil. O Palácio Gustavo Capanema, também conhecido como MEC, foi projetado pelo grupo de arquitetos: Oscar Niemeyer, Affonso Eduardo Reidy, Carlos Leão, Jorge Machado Moreira e Ernani Vasconcellos, liderados por Lúcio Costa com consultoria de Le Corbusier em 1936.

[4] Fialho, 2007



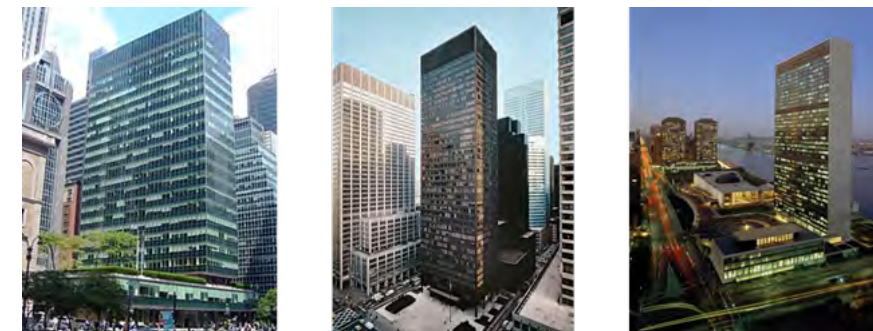
Figura 8: Palácio Gustavo Capanema, projetado por Lúcio Costa, Oscar Niemeyer, Affonso Eduardo Reidy, Carlos Leão, Jorge Machado Moreira e Ernani Vasconcellos (1943)  
 Fonte: Leonardo Finotti, disponível em <<http://www.leonardofinotti.com/projects/palacio-capanema-antigo-mes/>> Acesso em jun/2020

Finalizado em 1943, o edifício foi concebido para se adaptar ao clima tropical carioca através de estratégias passivas como ventilação natural cruzada e brises, a obra também consolidou aqueles que ficaram reconhecidos internacionalmente como os 5 princípios do modernismo “Corbusiano”: edifício sobre pilotis;

planta livre; fachada livre; janelas em fita; e terraço jardim.

Após 1945, toda indústria, recém desenvolvida para os esforços da guerra, foi convertida para a construção civil, o que acelerou o processo de desenvolvimento tecnológico na arquitetura, sendo o edifício comercial o precursor das mais recentes tecnologias<sup>[5]</sup>. Juntando isso ao fato de muitos arquitetos europeus terem se refugiado nos EUA fugindo das perseguições nazistas, criou um cenário ideal para a reascensão do arranha-céu.

Este novo período na arquitetura norte americana consolidou o que hoje é reconhecido no imaginário popular como o edifício comercial padrão, ou seja, grandes torres com fachada em *curtain wall* (parede cortina). Destacam-se aqui 3 edifícios icônicos do período que, à sua época, foram concebidos ainda inspirados no estilo modernista, mas já davam indícios da arquitetura comercial contemporânea internacional.



Figuras 9, 10 e 11: Da esquerda para a direita

• Lever House, por Skidmore, Owings and Merrill (1952)

Fonte: Beyond My Ken, 2012

• Seagram Building, por Mies van der Rohe (1958)

Fonte: Hagen Stier, 2014

• Sede da ONU, equipe liderada por Wallace K. Harrison (1952)

Fonte: Andrew Krol, 2011

[5] Fialho, 2007

Em paralelo, às novas construções norte-americanas, a Europa também seguia seu curso de reestruturação e reconstrução pós-guerra. Fialho (2007) destaca que o “primeiro arranha-céu da Europa” foi ansiosamente aguardado e comemorado pelo povo italiano como símbolo da prosperidade e esperança de um futuro melhor. O projeto foi concebido com ângulos que quebrassem a tradição da quadra medieval e apresenta também os aspectos da nova arquitetura contemporânea.



Figura 12: Torre Pirelli, projetada pelo arquiteto Gio Ponti (1960)  
Fonte: Fernando Yenes, 2010

A partir deste período, vê-se a consolidação do estilo internacionalista em edifícios comerciais, incorporando aos projetos as mais recentes tecnologias que possibilitavam estruturas cada vez maiores e mais monumentais no *skyline* das cidades. Os projetos das torres passaram a ter um papel de importância global, com construções cada vez mais eficientes e automatizadas que, salvo algumas exceções, perderam um pouco do contato com o usuário. Nas figuras 13, 14 e 15 são apresentadas algumas das obras mais emblemáticas que, de uma forma ou de outra, tiveram seu lugar na história da arquitetura comercial.



Figuras 13, 14 e 15: Da esquerda para a direita

- World Trade Center, por Emery & Sons (1973)  
Fonte: Jeff Mock, 2001
- Sede HSBC, por Foster and Partners (1986)  
Fonte: Mi Wing, 2008
- Commerzbank Tower, por Foster and Partners (1997)  
Fonte: Mylius, 2009



Figuras 16 e 17: Da esquerda para a direita

- Burj Khalifa, por Skidmore, Owings and Merrill (2009)  
Fonte: Donald Tong, 2014
- One Trade Center, por Skidmore, Owings and Merrill (2013)  
Fonte: Matthew Bellemare, 2019

## 2.2. CONTEXTO PAULISTANO

O primeiro arranha-céu de São Paulo data de 1924, o Edifício Sampaio Moreira, projetado pelos arquitetos Samuel das Neves e Christiano Stockler das Neves, marca o início do período de verticalização da cidade nos anos 30. Esse rápido crescimento ocorreu devido ao grande fluxo de mão-de-obra e capital estrangeiro na cidade, que potencializou a industrialização da região.

Ainda que não tenha conquistado o título de primeiro a ser concluído, outra obra icônica desta época é o Edifício Martinelli



Figuras 18 e 19: Da esquerda para a direita

• Edifício Sampaio Moreira, por Samuel e Christiano Neves (1924)

Fonte: Luiz Coelho, 2013

• Edifício Martinelli, por Giuseppe Martinelli (1929)

Fonte: William Fredor, 2014

desenhado por aquele de quem herdou o nome, Giuseppe Martinelli. Ao ser finalizado em 1929, foi considerado o maior edifício em concreto armado do mundo e ainda hoje possui relevância como marco do centro histórico<sup>[6]</sup>.

Após a crise cafeeira, houve uma demanda da sociedade pela diversificação na economia paulistana, o que representou uma consolidação do processo de adensamento da região central. Essa pluralização incentivou o surgimento de novos edifícios residenciais e comerciais, caracterizando o capitalismo imobiliário dessa década. Segundo Fialho, não existia uma corrente arquitetônica única em curso, todas disputavam o mesmo espaço, implicando em uma verticalização heterogênea e desordenada na qual cada edifício possuía um estilo distinto.

Com o advento das tecnologias de telecomunicações e circulação vertical, além do intenso desenvolvimento do uso do concreto armado em edifícios altos, o custo passou a ser um fator determinante na execução dos projetos. Logo, a racionalização da construção e da própria arquitetura passou a ser valorizada pela garantia de menor custo relativo e uma maior útil.

Os edifícios comerciais passaram a apresentar maior padronização, geralmente apresentando térreo destinado às lojas e uma sequência de pavimentos tipo priorizando a ventilação e a iluminação natural já que muitos deles buscavam atender normas norte-americanas de conforto e segurança (Fialho, 2007). Exemplos deste período são o Edifício Matarazzo (1939), atual sede da prefeitura de São Paulo, projetado pelo arquiteto Marcello Piacentini, e o Edifício Altino Arantes (1947), também conhecido como Banespão, projetado pelo arquiteto Plínio Botelho do Amaral, que possui uma inspiração evidente no *Empire State Building*, concluído 16 anos antes.

[6] Fialho, 2007



Figuras 20 e 21: Da esquerda para a direita

- Edifício Matarazzo, por Marcello Piacentini (1939)  
Fonte: o autor, 2015
- Edifício Altino Arantes, por Plínio Botelho do Amaral (1947)  
Fonte: F. J. Jarabeck, 2011

Com a grande vitalidade econômica e industrial de São Paulo num período em que o mundo ainda enfrentava o pós-Guerra, o modernismo na arquitetura comercial floresceu devido à grande quantidade de arquitetos imigrantes que trouxeram consigo a vanguarda europeia. Entre os refugiados estava Lucjan Korngold, o polonês foi o responsável pelo projeto do Edifício CBI-Esplanada (1948), que marca o início do pensamento moderno na cidade e reconquistou para a capital paulista o título de possuir a maior estrutura em concreto armado do mundo.

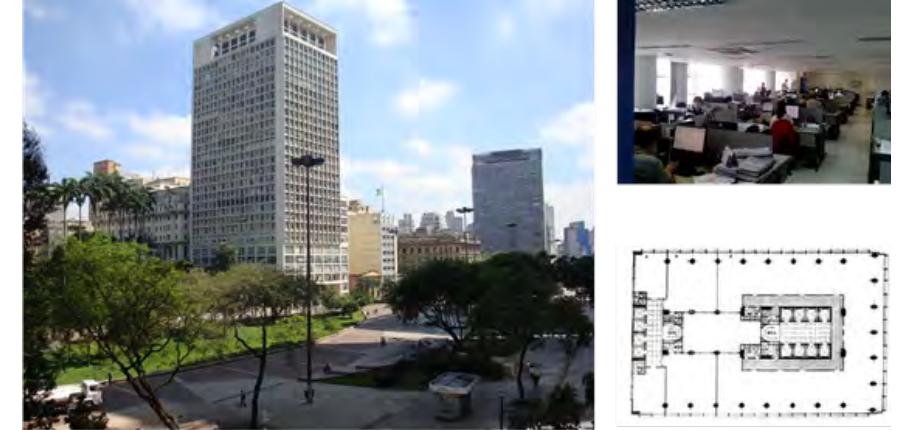


Figura 22: Edifício CBI-Esplanada, projetado pelo arquiteto Lucjan Korngold (1948)  
Fonte: Acervo Labaut-FAUUSP, 2015

Nos anos 50 São Paulo toma forma de metrópole com uma população cada vez maior e inúmeras atividades comerciais que impulsionavam a modernização industrial da cidade. Nesse contexto, com a saturação do centro e péssimas condições viárias da região, ocorre o primeiro deslocamento do polo comercial e financeiro da cidade com a valorização da Avenida Paulista como novo foco imobiliário<sup>[7]</sup>.

É lá que estão dois dos três empreendimentos mais icônicos deste período, o Conjunto Nacional (1956), projetado pelo arquiteto David Libeskind e o Edifício Banco Sul Americano (1963), projetado pelo arquiteto Rino Levi. Ambos os edifícios são marcos do modernismo e trazem em sua concepção grandes preocupações com o contexto bioclimático da região, apresentando soluções e estratégias para garantir o conforto dos usuários.

[7] Fialho, 2007



Figura 23: Edifício CBI-Esplanada, projetado pelo arquiteto Lucjan Korngold (1948)  
Fonte: Revista Acrópole nº 222, 1957



Figura 24: Condomínio Conjunto Nacional atualmente  
Fonte: Acervo Labaut-FAUUSP, 2015



Figura 25: Edifício Banco Sulamericano, projeto de Rino Levi (1963)  
Fonte: Acervo Labaut-FAUUSP, 2015



Figura 26: Edifício Banco Sulamericano, projeto de Rino Levi (1963)  
Fonte: Acervo Labaut-FAUUSP, 2015



Outro empreendimento comercial marcante da época é o Edifício Itália (1965), projetado pelo arquiteto alemão Franz Heep, até hoje a construção mantém o título de 2ª mais alta da cidade e permanece entre as mais altas do país. Nela é possível ver também a influência modernista na adoção de brises móveis em todas as janelas do volume principal e a preocupação com o contexto urbano no traçado do embasamento.



Figura 26: Edifício Itália, projetado por Franz Heep  
Fonte: Acervo Labaut-FAUUSP, 2015

A década de 70 representa um espalhamento maior de edifícios altos na cidade após a promulgação da Lei de Zoneamento em 1972 que limitava a possibilidade de multiplicar o solo urbano, restringindo a potencialidade da arquitetura vertical. Dois exemplos desta década são o Edifício Acal (1974), projetado pelos arquitetos Pedro Paulo Saraiva e Sérgio Fischer, e o Centro Técnico Operacional Itaú (1977), projetado pelo escritório Itauplan. Neles ainda é possível notar a preocupação com estratégias passivas de garantir o conforto interno, barrando a entrada do sol através de elementos arquitetônicos na fachada.



Figuras 27 e 28: Da esquerda para a direita

- Edifício Acal, por Pedro Paulo e Sérgio Fischer (1974)  
Fonte: Pedro Paulo de Melo Saraiva Arquitetos Associados, 2011
- Centro Técnico Operacional Itaú, do escritório Itauplan (1977)  
Fonte: Giuliano Giglio, 2017

Já a década seguinte foi fortemente influenciada pela arquitetura internacionalista das torres de vidro, esta tipologia se fez presente após o avanço das tecnologias de condicionamento artificial do ar e desenvolvimento dos vidros reflexivos. Desta época destacam-se o Centro Empresarial Itaú Conceição (1985), projetado pelo escritório Itauplan, e o Centro Empresarial do

Aço (1988) do escritório Botti & Rubin que, além de marcarem a quebra com os preceitos modernistas, demonstram a mudança do polo comercial e financeiro da cidade para regiões mais ao sul da cidade, como o bairro do Jabaquara, onde ambos se localizam e a região da Avenida Faria Lima.

Nos anos 90 há apenas a replicação do estilo arquitetônico contemporâneo, que visava replicar a imponência dos edifícios estrangeiros que adotavam tecnologias de alto custo como um indicador de status, por representar um poder de consumo maior. Dois exemplos são o Edifício Parque Cultural Paulista – Casa das Rosas (1991), projetado pelo Escritório Júlio Neves, e o Centro Empresarial Nações Unidas (1999) projetado pelos arquitetos Alberto Botti e Marc Runin.



Figuras 29 e 30: Da esquerda para a direita

- Centro Empresarial Itaú Conceição, do escritório Itauplan (1988)  
Fonte: Piso AG, 2013
- Centro Empresarial do Aço, do escritório Botti & Rubin (1977)  
Fonte: SP Bancários, 2019



Figuras 31 e 32: Da esquerda para a direita

- Edifício Parque Cultural Paulista, do escritório Júlio Neves (1991)  
Fonte: Innocenti A.A., 2013
- Centro Empresarial Nações Unidas, por Alberto Botti e Marc Runin (1999)  
Fonte: Cushman Wakefield, 2016

Com a virada do século a preocupação com as questões ambientais, ou pelo menos a importância que era dada a esse tema, fez com que o surgisse o interesse do mercado pelo título de edifício sustentável. Essa demanda, que surgiu do alto consumo energético e o custo de operação apresentado pelos edifícios da época, foi impulsionada pela associação de um maior valor de mercado às “edificações verdes”.

Surgem então as certificações ambientais como metodologia de titulação da qualidade dos edifícios e do projeto. O principal sistema é o *Leadership in Energy and Environmental Design* (LEED), que, através de um *check-list* com critérios voltados para a eficiência dos sistemas prediais, define a categoria do empreendimento de acordo com a pontuação obtida na avaliação. Contudo, ao não considerar as questões bioclimáticas locais e não incentivar soluções arquitetônicas de projeto que visem um

melhor desempenho energético, essa certificação acabou por criar falsos paradigmas de desempenho ambiental<sup>[8]</sup> associando as torres de vidro a uma boa classificação, o que é válido para algumas cidades, mas não para São Paulo.

Com o passar dos anos outras certificações surgiram, como por exemplo o AQUA-HQE, um processo brasileiro com base na matriz francesa, que possui critérios e quesitos pautados na cultura e condições climáticas do país, abrindo novos caminhos para uma certificação que realmente aplique os conceitos de sustentabilidade aos novos empreendimentos. Contudo, este selo ainda não repercutiu tal qual o anterior, e o que se vê são mais e mais empreendimentos comerciais seguindo o mesmo caminho.

Ou seja, ainda que o objetivo inicialmente fosse nobre, surgiram edifícios ainda mais desconectados do contexto bioclimático paulistano, mas que foram conceituados na “sustentabilidade” por possuírem sistemas ultra modernos de condicionamento e vidros extremamente caros que barram o excesso da luz solar. Dois exemplos são o condomínio Rochaverá Corporate Towers (2000), projetado pelo escritório Aflalo Gasperini, que foi certificado LEED Gold após a conclusão de todo o complexo em 2010, e o Instituto Tomie Ohtake (2001), projetado pelo arquiteto Ruy Ohtake.

Por fim, a década passada (2010) não apresentou grandes novidades do ponto de vista do estilo arquitetônico, os edifícios comerciais ainda representam um símbolo de status e poder econômico e são precursores das mais recentes tecnologias aplicadas à construção civil. A demanda pelo caráter monumental fez com que os projetos Triple A, ou seja, edifícios de altíssimo padrão perdessem sua conexão com o contexto urbano, concentrando em si toda a importância da arquitetura. Exemplos deste período são o Edifício Pátio Malzoni (2011), do escritório

[8] Gonçalves, 2019

Botti Rubin Arquitetos, que possui certificação LEED Prata, e o conjunto São Paulo Corporate Towers (2014), do escritório Aflalo & Gasperini, que foi o primeiro empreendimento a receber a certificação LEED Platinum, o maior selo da categoria.



Figuras 33 e 34: Da esquerda para a direita

- Rochaverá Corporate Towers, por Aflalo & Gasperini (2000)  
Fonte: Nelson Kon, 2016
- Instituto Tomie Ohtake, por Ruy Ohtake (2001)  
Fonte: José Cordeiro, 2018



Figuras 35 e 36: Da esquerda para a direita

- Edifício Pátio Malzoni, por Botti Rubin Arquitetos (2011)  
Fonte: Revista Projeto, 2015
- São Paulo Corporate Towers, por Aflalo & Gasperini (2014)  
Fonte: Ana Mello, 2018



**DES**

**CONFORTO NO  
AMBIENTE CONSTRUÍDO**

### 3.1. Usuário o conforto

Segundo o dicionário, arquitetura é a arte de criar e organizar ambientes para abrigar os diversos tipos de atividades humanas, ou seja, para que haja a arquitetura, é necessário que haja um ser humano que ocupe e exerça suas atividades no local. Construções são projetadas para abrigar os mais variados usos e o foco principal deve ser sempre o ocupante, garantindo que ele possa exercer suas atividades da melhor maneira possível, seja habitar, trabalhar, se divertir, as possibilidades são infinitas.

Independentemente de qual seja a função a ser exercida no local, o principal fator que definirá a qualidade deste ambiente é o conforto do ocupante, ou seja, o estado de satisfação do ser humano em um determinado espaço<sup>[9]</sup>. Contudo, satisfação é um conceito subjetivo e resulta da complexa relação entre pessoa, clima e edifício, tornando esta satisfação um estado pessoal e único de cada um e varia conforme o onde e quando.

Ainda que a variedade de possibilidades seja infinita, é necessário mensurar o nível de conforto para o estabelecimento de padrões de desempenho das edificações<sup>[10]</sup>. Essa avaliação deve levar em conta não apenas as necessidades humanas, mas considerar aspectos comportamentais e culturais que refletem na experiência do ocupante e sua relação com o meio.

Ainda segundo Bollnow (2000) "*estar em conforto ambiental significa que o espaço proporciona boas condições psicológicas, higrotérmicas, acústicas, visuais, de qualidade do ar e ergonômicas para a realização de uma tarefa humana, seja de lazer, trabalho, descanso ou estudo*". Ou seja, são muitas variáveis que, juntas, compõem o conceito individual de estar se sentindo confortável

[9] Bollnow, 2000

[10] Monteiro in Gonçalves, 2005

ou não e, conseqüentemente, impactam diretamente no exercício das atividades.

Dado o amplo espectro de caminhos possíveis para a avaliação do conforto do ocupante e visto que o projeto focará em ambientes de trabalho, o objetivo aqui será na área do conforto que, além de ter relações com a produtividade e a saúde humana, é diretamente ligada à visão. O conforto lumínico refere-se à interação de diversos fatores como a iluminação natural, artificial, comunicação visual com o exterior, entre outros, para explicitar todo o âmbito visual do conforto humano no espaço.

### 3.2. Iluminação natural no ambiente de trabalho

O principal aspecto do conforto lumínico é a iluminação natural pois, segundo Laudaes (2017), é "*associada à satisfação e bem-estar dos usuários, influenciando o estado mental, o humor, aspectos psicológicos e a saúde geral dos mesmos*". Este fator, além de contribuir para a percepção do meio, é determinante para o desempenho energético do edifício pois impacta diretamente no uso da iluminação artificial para o exercício das atividades, afetando o consumo e a pegada ambiental da construção.

A integração dos fatores referentes aos aspectos humanos e técnicos gera uma condição em que não se pode classificar a iluminação natural com os valores absolutos de bom ou ruim. A definição dessa qualidade é um processo em constante evolução, já que interage com elementos comportamentais do ser humano que estão sempre em mutação<sup>[11]</sup>.

[11] Andersen, 2015

No ambiente de trabalho, o nível de conforto do usuário é definido pelo esforço de adaptação, do ponto de vista fisiológico, para que se possa executar uma atividade<sup>[12]</sup>. Em outras palavras, quanto mais detalhada é a tarefa, maior a demanda por iluminação (natural e artificial) para que possa ser realizada com exatidão e sem a necessidade de adaptação da retina.

Contudo, essa melhora da qualidade visual referente ao aumento da luminosidade do plano de trabalho não é infinita. Estudos realizados em diversos edifícios comerciais indicaram que, a partir de 2.000 lux, qualquer acréscimo é irrelevante para a percepção humana<sup>[13]</sup>. Além de ser irrisória a melhora do conforto lumínico a partir desses índices, surge um novo problema referente ao excesso de iluminação, o ofuscamento.

A luz, além de fator primordial para a execução das atividades referente aos aspectos visuais, possui efeitos não visuais no âmbito biológico do ser humano. O ciclo circadiano é responsável por regular os ritmos fisiológicos do ser humano e, para seu funcionamento equilibrado, é necessária uma variação regular entre o dia e a noite percebida pelo organismo<sup>[14]</sup>.

Diversas pesquisas têm comprovado que espaços projetados visando uma boa condição de iluminação natural, impactam diretamente na saúde e desempenho dos usuários<sup>[15]</sup>. Além dos aspectos lumínicos, a radiação incidente nos ambientes também é percebida pelos ocupantes relacionando diretamente ao conforto higrotérmico, logo, um bom projeto é resultante do balanço entre ambos os quesitos.

Ainda que haja toda essa complexidade de interpretação da iluminação natural, no espectro normativo é comumente adotado um valor mínimo de iluminância, sem qualquer diferenciação da qualidade da fonte de luz. Para ambientes de escritório por

[12] Gonçalves, 2001

[13] Mardaljevic, 2005

[14] Andersen, 2015

[15] Laudaes, 2017

exemplo, a NBR ISO/CIE 8995-2013 define que a iluminância mínima no plano de trabalho deve ser de 500 lux e que esse valor deve ser garantido pela iluminação artificial. Nela consta apenas uma nota de que a luz natural pode contribuir para complementar este valor.

Logo, deve-se destacar a relevância de um projeto consciente, que leve em conta os diversos aspectos da luz no conforto lumínico e que entenda que a qualidade da iluminação é uma união harmoniosa entre os fatores psicológicos, fisiológicos do ser humano com as medidas fotométricas especificadas em norma<sup>[16]</sup>.

### 3.3. Métricas de avaliação da iluminação natural

Dada a complexidade destes estudos, tem-se desenvolvido diversas metodologias de avaliação do desempenho lumínico nas últimas décadas<sup>[17]</sup>, potencializados principalmente pelo desenvolvimento de *softwares* computacionais cada vez mais avançados e máquinas com poder de processamento em constante expansão.

Inicialmente a análise da iluminação natural adotava critérios estáticos, denominados em inglês como avaliações *one point in time*. Nelas eram calculados os valores de iluminância no ponto desejado em uma única condição de céu para que se definisse o Fator de Luz Diurna (FLD) ou *Daylight Factor* (DF). Esta medida é uma das formas mais antigas de avaliação da iluminação natural e representa a razão das iluminâncias entre o ponto desejado e um ponto externo desobstruído<sup>[18]</sup>.

[16] Boyce in

Laudares, 2017

[17] Marcondes, 2018

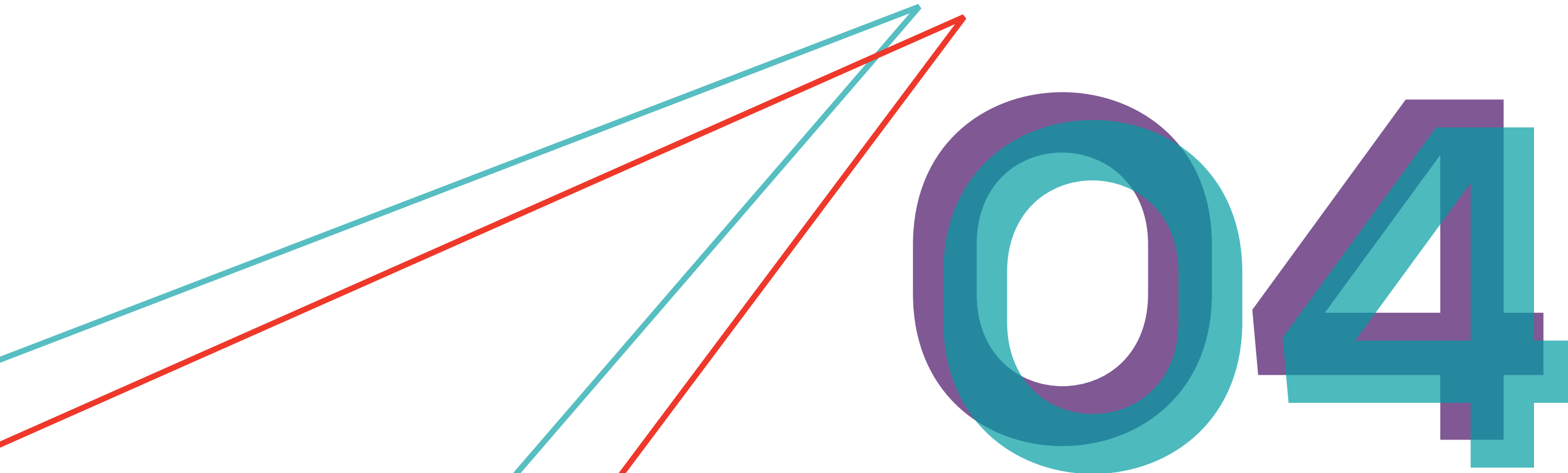
[18] Laudaes, 2017

A evolução desta análise seguiu para a simulação dinâmica anual baseada no clima (*Climate-Based Daylight Modelling* - CBDM). Estes estudos baseiam-se em arquivos climáticos da região em que se localiza o edifício para estimar condições reais de céu e assim, calcular mais adequadamente o desempenho lumínico do edifício. Marcondes (2018) descreve que, "*o estudo de referências bibliográficas revela que não existe um consenso sobre os indicadores e critérios aceitáveis ou adequados*" e conclui apresentando algumas das métricas com maior destaque e aceitação internacional, são elas:

- *Daylight Autonomy* (DA) | Reinhart, 2001: esta métrica data inicialmente de 1989 e é definida pela porcentagem de horas ocupadas no ano em que os níveis de iluminância estão acima do mínimo estabelecido de 300 lux;
- *Spatial Daylight Autonomy* (sDA) | IESNA, 2012: esta estabelece um índice que define qual a porcentagem da área em planta, que atende um mínimo de 50% de horas ocupadas acima do critério mínimo estabelecido de 300 lux;
- *Annual Sunlight Exposure* (ASE) | IESNA, 2012: o ASE foi desenvolvido para ser utilizado em conjunto com o sDA e representa a porcentagem da área que apresenta mais de 250h do ano acima dos 1.000 lux;
- *Useful Daylight Illuminance* (UDI) | Mardaljevic, 2005: é definido como a porcentagem de horas no ano em que os níveis de iluminância permanecem em uma faixa considerada útil. Inicialmente esta métrica definia que

a faixa útil de iluminâncias ocorria entre 100 e 2.000 lux. Contudo, após uma variedade de estudos sobre esses parâmetros, os autores propuseram em 2012 uma revisão da faixa para 300 a 3.000 lux.

A principal métrica a ser adotada neste trabalho será o UDI pois apresenta um limite mínimo, tal qual o padrão normativo brasileiro, e um limite máximo de iluminâncias no plano de trabalho. Assim, em um único critério, pode-se inferir uma demanda para o uso da iluminação artificial estimada nas horas abaixo do mínimo, e a verificação de possíveis condições de ofuscamento na porção do tempo em que ocorram índices acima do máximo estabelecido.



**PARTIDO  
DO PROJETO**

## 4.1. Inspiração

Ao longo desse período dedicado aos estudos acadêmicos na área do conforto ambiental, foi possível concluir que soluções que integrem a eficiência energética com a questão do conforto do usuário devem ser buscadas e, para isso, deve-se utilizar todas as ferramentas disponíveis para que se possa projetar de maneira consciente e assertiva quanto ao desempenho do edifício. São poucos os exemplos de projetos encontrados, entretanto, que levam todas essas considerações e que estejam inseridos no contexto bioclimático de São Paulo.

Os estudos aqui levantados representam, de forma genérica, duas classes de edificações. A primeira, torres de vidro, que adotaram as tecnologias mais recentes para garantir eficiência máxima, contudo, negligenciaram o contexto e o clima em que estão inseridos, resultando em condições controversas em relação ao conforto do usuário. Já a segunda classe, são edifícios do modernismo paulista, que levaram em conta toda a questão ambiental na elaboração do projeto, mas, por sua vez, não possuíam à sua disposição as ferramentas tecnológicas de modelagem e simulação do empreendimento.

Logo, o processo de projeto seguirá a tendência da arquitetura generativa, combinando o processo paramétrico de desenvolvimento de volumes às soluções de otimização e inteligência artificial visando um desempenho máximo para a iluminação natural. Este processo servirá de guia para os estudos preliminares de volumetria do empreendimento e assim, darão as bases para o projeto que considerará não somente os dados computacionais, mas também as questões estéticas, arquitetônicas,

de desempenho e conforto no ambiente construído.

Ao fim do processo, pretende-se avaliar os prós e contras da utilização de softwares de simulação computacional e otimização nos estágios iniciais do projeto, bem como seu impacto ao longo do desenvolvimento dele. Espera-se com isso chegar a um exemplo de que a arquitetura comercial contemporânea, aliada aos conceitos bioclimáticos modernistas e as ferramentas tecnológicas mais recentes, pode produzir um edifício com qualidade e desempenho reconhecidos.

## 4.2. Localização

A primeira tarefa foi identificar onde, na cidade, um empreendimento comercial de grande porte poderia ser implantado de modo a fazer sentido com a dinâmica comercial-financeirapaulistana. Com o intuito de o edifício representar as potencialidades de se atrelar a discussão de sustentabilidade ao processo de projeto, a metodologia adotada para a verificação de regiões potenciais foi analisar geograficamente edifícios com certificação ambiental.

Ainda que tenham sido levantadas ressalvas em relação à eficácia das certificações em fomentar projetos arquitetônicos conscientes bioclimaticamente, não se pode negar que seus indicadores representam como o mercado está progredindo em direção à sustentabilidade. Sendo assim, o estudo partiu da base de dados da certificação LEED<sup>[19]</sup> do qual foram extraídos 244 edifícios novos, não-residenciais certificados ou em processo de certificação.

A partir da lista de endereço e data de registro destes

[19] Disponível em <<https://www.usgbc.org/projects>> Acesso em jan/2020

empreendimentos, foi elaborado um mapa com a sua localização, bem como a classificação do ano em que eles foram certificados ou, caso ainda estejam em processo de análise, o ano de registro do processo. A figura 37 possibilita a visualização de cada edifício individualmente, nela é possível ver claramente a concentração de edifícios na região centro-sul da cidade de São Paulo.

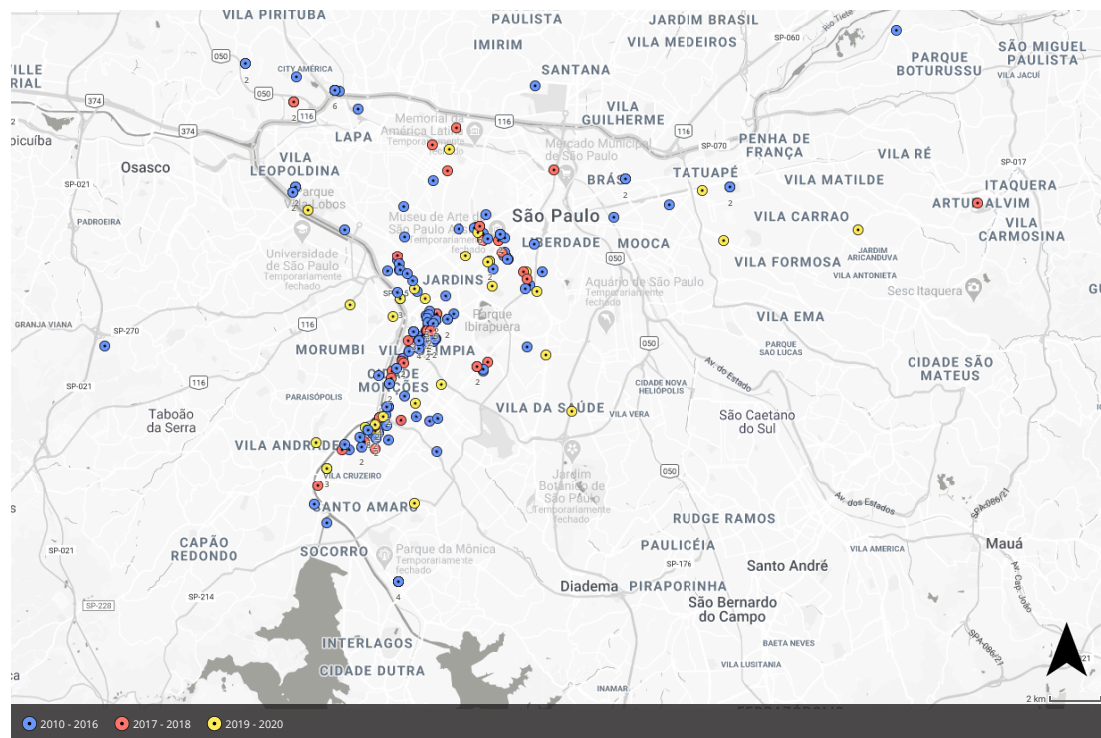


Figura 37: Localização dos empreendimentos certificados LEED na cidade de São Paulo classificados por data de certificação ou data de registro

Fonte: O autor, disponível em <<https://pt.batchgeo.com/map/5e7a1e7a7b1a40663e65a05eb3468b68>>

Esse mapa demonstrou o que já era esperado, que o eixo comercial-financeiro paulistano permanece no centro-sul da cidade. A solicitação de novos processos de certificação, ainda que não tão significativos quanto os do início da década de 2010, indica que o mercado imobiliário para esta tipologia ainda vê potencial de crescimento para a região.

Ao se condensar esses pontos em grupos, pode-se identificar que o eixo financeiro concentra cerca de 150 edifícios registrados, ou seja, 61% do total levantado. Além desse eixo mais consolidado, é interessante analisar que houve um movimento de espalhamento de novos projetos em processo de certificação para as regiões central e leste da capital.

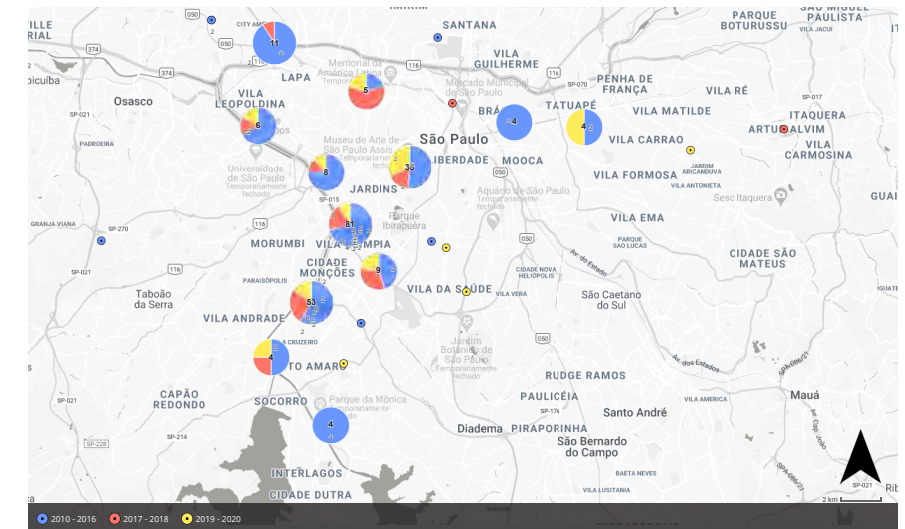


Figura 38: Localização dos empreendimentos certificados LEED na cidade de São Paulo agrupados por proximidade

Fonte: O autor, disponível em <<https://pt.batchgeo.com/map/5e7a1e7a7b1a40663e65a05eb3468b68>>

Contudo, dada a quantidade expressiva de investimentos em estruturação da mobilidade urbana na região oeste e interesse contínuo do mercado, esta foi a área escolhida para a implantação do projeto. A partir desta decisão, foram levantados terrenos com grande potencial construtivo e suas características gerais foram levantadas para que fosse possível uma avaliação mais aprofundada a partir dos interesses do projeto.

Ao fim da análise foram sete localizações que, além de atender os critérios iniciais, chamaram a atenção por questões diversas tais como entorno crítico ou contexto urbano favorável à iluminação natural. Todos próximos ou diretamente conectados às três avenidas principais que compõem o eixo comercial, conforme identificado na figura 39.

Além da localização, foi produzido um registro das características de cada lote, considerando principalmente a densidade construída no entorno próximo, afinal a interação com o contexto é uma das premissas deste projeto. Foi levantada também a existência de edificações existentes nos locais, porém o dado mais relevante foi a existência ou não de um edifício comercial em construção.

Essa questão se mostrou pertinente ao serem identificados por imagens de satélite grandes terrenos vazios e, identificar que neles seriam construídas novas torres de vidro, que apresentavam todos os pontos já criticados anteriormente. A partir daí, um novo caminho se abriu para este trabalho, além de propor um projeto para o terreno, a possibilidade de compará-lo ao edifício que de fato será construído permite um debate muito mais aprofundado sobre a qualidade da arquitetura proposta neste trabalho.



TERRENO	ENDEREÇO	ÁREA ESTIMADA	ENTORNO LEVANTADO	EDIFÍCIO EM CONSTRUÇÃO
1	Av. Dr. Chucris Zaidan	64.000 m <sup>2</sup>	Denso	Sim
2	Av. Dr. Chucris Zaidan	20.000 m <sup>2</sup>	Livre	Não
3	Av. Eng. Carlos Berrini	2.000 m <sup>2</sup>	Muito denso	Não
4	Av. Brg. Faria Lima	3.000 m <sup>2</sup>	Pouco denso	Sim
5	Av. Brg. Faria Lima	9.000 m <sup>2</sup>	Denso	Sim
6	R. Henrique Monteiro	3.500 m <sup>2</sup>	Denso	Sim
7	R. Teodoro Sampaio	7.000 m <sup>2</sup>	Livre	Sim

Figura 39: Localização dos terrenos potenciais, destacando as principais avenidas que compõem o eixo comercial-financeiro identificado

Fonte: O autor

Dos terrenos acima destacados, foram desconsiderados, primeiramente, aqueles com as maiores áreas pois resultariam em um projeto com dimensões monumentais, o que iria na contramão do que se desejava do projeto. Foram descartados também os menores terrenos pois dificultariam a plasticidade e possibilidades da arquitetura generativa, limitando a variabilidade buscada para este processo de projeto.

Das três alternativas restantes, foi escolhida aquela que apresentava um contexto urbano mais favorável às soluções criativas além da localização favorável ao transporte público de grande capacidade. Outro ponto atrativo deste lote foi a densidade relativamente baixa do entorno, que permitiria uma avaliação do desempenho do projeto para uma condição em que seria necessário o tratamento da luz natural para garantir o desempenho e conforto interno.

### 4.3. Terreno

O terreno escolhido para o empreendimento está localizado na Rua Teodoro Sampaio, número 2600:

- Área total: 9.327 m<sup>2</sup>
- CA<sub>máx</sub>: 4 (Operação Urbana Faria Lima)
- TO<sub>máx</sub>: 0,70
- Cadastro fiscal: Setor 015 | Quadra 057 | Lote 0009



Figura 40: Visualização 3D do terreno e entorno próximo  
Fonte: Google Maps, editado pelo autor



Figura 41: Localização dos pontos de transporte público no entorno próximo  
Fonte: Geosampa, editado pelo autor

O início da análise do terreno começou com um breve levantamento histórico da região, afinal, todo o bairro de Pinheiros e especificamente o Largo da Batata sofreram grandes mudanças nos últimos anos. O início de tudo, inclusive a origem do próprio nome do Largo, remete à inauguração do Mercado de Pinheiros em 1910, apelidado de “Mercado dos Caipiras”<sup>[20]</sup>, localizado sobre o que hoje é a Avenida Faria Lima.



Figura 42: Estrutura viária do bairro de Pinheiros na década de 60, destacando o Mercado de Pinheiros  
Fonte: Trezza in Caldeira, 2013

Devido ao grande destaque deste mercado para o abastecimento da cidade, em pouco tempo surgiram outros estabelecimentos de comércio de alimentos no entorno próximo. O nome Largo da Batata começou a ser utilizado para descrever a área devido à comercialização de batatas por imigrantes japoneses na região<sup>[21]</sup>. Estes imigrantes foram responsáveis pela fundação da CAC – Cooperativa Agrícola de Cotia em 1927, que chegou a ser reconhecida como uma das maiores cooperativas do Brasil<sup>[22]</sup>, cuja sede foi construída em frente ao Mercado de Pinheiros, exatamente o terreno escolhido para este projeto.

[20] Caldeira, 2013

[21] Caldeira, 2013

[22] Maebuchi, 2017



Figura 43: Cooperativa Agrícola de Cotia em 1927, uma das cooperativas mais importantes do Brasil

Fonte: Acervo do Museu Histórico da Imigração Japonesa no Brasil, disponível em <<http://www.discovernikkei.org/pt/journal/2017/4/10/cooperativa-de-cotia/>> Acesso em jan/2020

Em meados da década de 60 o Mercado de Pinheiros original foi uma das edificações demolidas para a construção da Avenida Brigadeiro Faria Lima. Ainda que seu sucessor tenha sido erguido em 1971, a duas quadras da localização original, a descaracterização do grande entreposto comercial mudou as características do bairro.

Além da nova avenida, foi construído também um terminal de ônibus que centralizou as linhas que conectavam o bairro de Pinheiros ao centro de São Paulo e à região além do Rio Pinheiros. Com essas mudanças nas características do bairro, a CAC se mudou para uma nova sede próximo ao CEAGESP – Companhia

de Entrepósitos e Armazéns Gerais de São Paulo e a região se consolidou como um grande ponto de comércio varejista, que atendia tanto os frequentadores do terminal quanto a população local que crescia<sup>[23]</sup>.

Anos depois, em 1995, foi aprovada a Lei 11.732 que estabeleceu a Operação Urbana Faria Lima na área de influência da avenida, sendo que, somente em 2001 o Largo da Batata foi incorporado ao plano de intervenções<sup>[24]</sup>. Após sete anos, têm início as obras para a implantação do projeto de renovação da região que tinham como objetivos principais:

- Estabelecer uma nova centralidade urbana no bairro de Pinheiros;
- Criar áreas públicas para uma valorização urbanística da região;
- Reorganizar a infraestrutura de transporte público;
- Promover o interesse da iniciativa privada nas áreas degradadas;
- Causar o mínimo de impacto nas atividades e no público existente no bairro.

Conforme descrito pelos próprios vencedores do concurso para o projeto de revitalização da área: *“Neste último aspecto, porém, é importante considerar a inevitável mutação em alguns hábitos e atividades do Largo da Batata. Grande parte da população que passava pelo Largo da Batata tinha como objetivo realizar*

[23] Caldeira, 2013

[24] Frascino, 2013

*a baldeação entre linhas de ônibus [...]. Com esta característica de ocupação, ao longo do tempo, surgira todo tipo de comércio ambulante e barracas, que ocupavam calçadas e espaços públicos disponíveis.”*<sup>[25]</sup>.

O projeto incluía o deslocamento do eixo da Av. Faria Lima, criando espaços públicos que, com arborização e equipamentos, atenderiam a demanda local para uma nova praça. Além desta proposta, estavam previstos inicialmente um edifício comercial multiuso, um centro cultural e de eventos, além de um auditório público.



Figura 44: Projeto de renovação do Largo da Batata

Fonte: Renovação Urbana e Mobilidade: O Projeto do Largo da Batata – Frascino, 2013

[25] Frascino, 2013

Com algumas supressões no projeto inicial, foi planejado para o terreno da antiga CAC um novo centro comercial de varejo, a ser erguido pela iniciativa privada<sup>[26]</sup>. Contudo, ainda que o projeto de renovação tenha sido executado tal como é hoje, o terreno permaneceu inutilizado ao longo dos anos, esse histórico recente é demonstrado na figura 44.

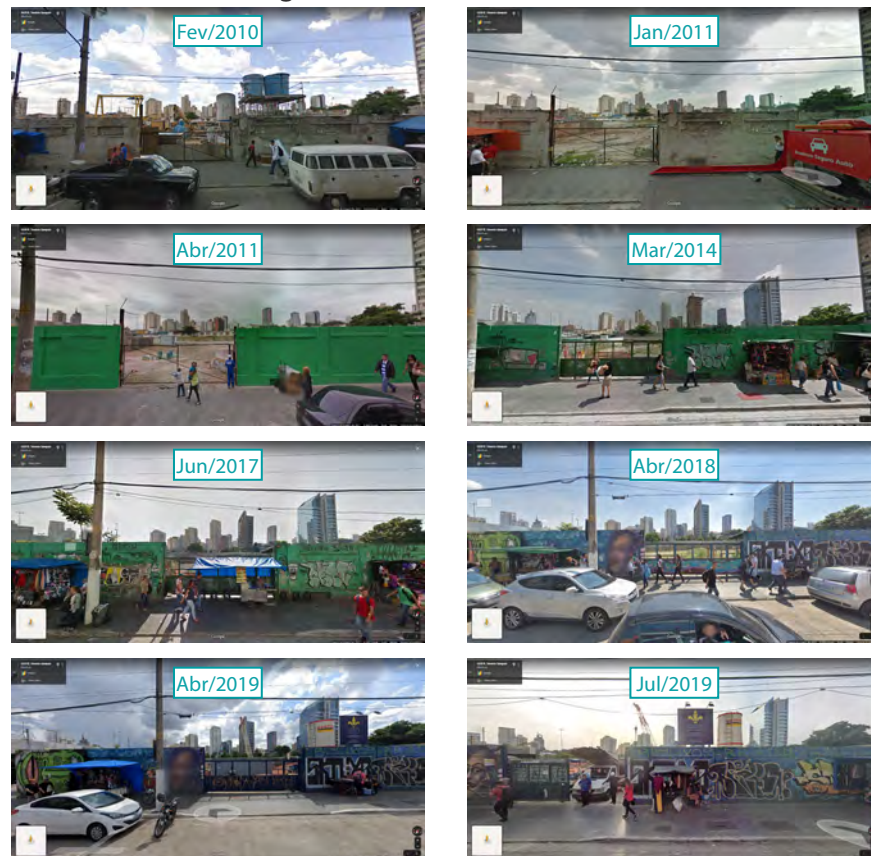


Figura 45: Histórico do terreno, visto da R. Teodoro Sampaio entre 2010 e 2019  
Fonte: Google Street View

Como é possível ver pelo levantamento, durante as obras de renovação do Largo da Batata e construção do metrô Faria Lima, o terreno foi parcialmente utilizado como canteiro de obras. Entretanto, permaneceu abandonado nos anos seguintes, inclusive com a retomada da área pelo comércio ambulante característico, mencionado como um dos destaques da região pré-renovação. Durante este recorte de tempo, em 2012, um fato curioso sobre o local é que o nome Largo da Batata foi oficializado, quase um século depois de sua origem, quando poucos se lembravam das razões para o nome.

O terreno de quase 10.000m<sup>2</sup> em uma região recém-renovado e em plena expansão só apresenta nova movimentação quando, em 2019, tem início a construção de um novo edifício comercial de alto padrão. As mudanças ocorreram quando uma empresa de investimentos adquire a participação no terreno de todos os herdeiros dos antigos fundadores da Cooperativa Agrícola Cotia e de outros agentes envolvidos, além da compra de todo o potencial construtivo possibilitado pela Operação Urbana Faria Lima.

O fato foi comemorado em manchetes da época que destacavam “o último terreno vazio do Largo da Batata”. Contudo, a comemoração termina por aí, o edifício que será erguido na região, classificado como *Triple A* (altíssimo padrão), é projetado por um escritório norte-americano e replica todas características questionáveis da arquitetura contemporânea em edifícios envidraçados, já levantadas anteriormente.

[26] Frascino, 2013

Veja São Paulo: O projeto é assinado pelo escritório americano KPF. Estimativas de mercado mostram que construir um prédio nessas condições pode demandar investimento de 1 bilhão de reais. A expectativa é que o lugar seja ocupado em pouquíssimo tempo e alcance os cerca de 170 reais por metro quadrado praticados no Itaim.

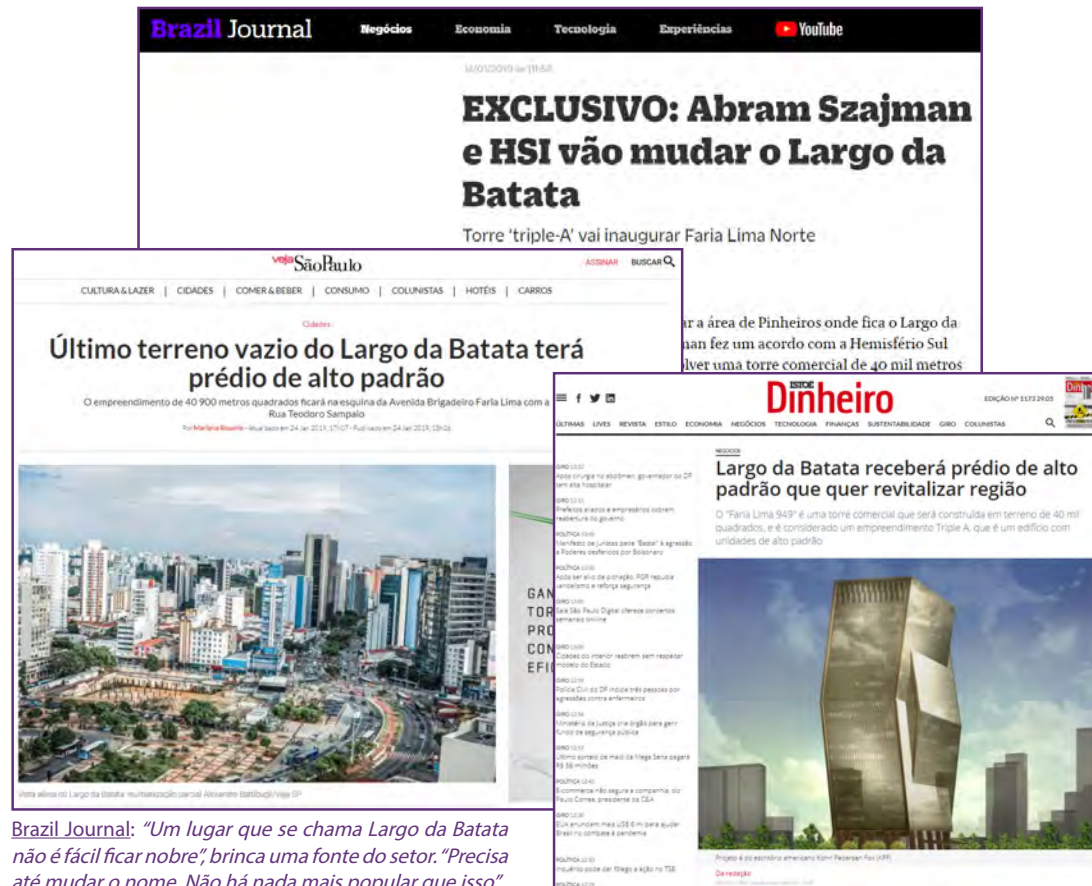


Figura 46: Composição de reportagens sobre o novo empreendimento

Fonte 1: <<https://braziljournal.com/exclusivo-abram-szajman-e-hsi-vaio-mudar-o-largo-da-batata>>

Fonte 2: <<https://vejasp.abril.com.br/cidades/largo-da-batata-predio/>>

Fonte 3: <<https://www.istoedinheiro.com.br/largo-da-batata-recebera-predio-de-alto-padrao-que-quer-revitalizar-regiao/>>

Novamente, é possível identificar uma desconexão total do projeto com o contexto urbano do Largo da Batata, apagando totalmente a história da região e escondendo o já esquecido Mercado de Pinheiros que ainda reside em frente ao terreno. É triste ver que, além de desdenhar o passado, uma das notícias traz uma fonte que caçoa da história da região, afirmando que o nome de Largo da Batata deveria ser alterado para condizer com o projeto de alto padrão.

Dadas todas essas circunstâncias, este se apresentou o terreno ideal para fazer um projeto que se opusesse ao monólito de vidro e que levasse em consideração todas as questões de desempenho e conforto do usuário, bem como dos pedestres nesta região tão movimentada. O projeto tem como objetivo, também, valorizar toda a contextualização histórica da região e de suas origens, buscando uma expressão contemporânea sem desdenhar o passado.

#### 4.4. Diretrizes de projeto

Tendo sido levantado o panorama do entorno, a próxima etapa foi traçar as diretrizes gerais do projeto. Primeiramente, o uso principal, o edifício será composto majoritariamente por escritórios comerciais além de usos que sejam aplicáveis dado o contexto analisado.

Um dos focos deste projeto são os aspectos de implantação, que serão utilizados como ponto de partida do processo paramétrico. Conforme mencionado anteriormente, o terreno faz parte do Largo da Batata e está localizado a poucos passos de um dos acessos da estação de metrô Faria Lima.

Atualmente, com os tapumes cercando o lote, a área isola totalmente o Mercado de Pinheiros que remete à origem histórica do nome da região, além de ser um bloqueio entre os pontos de ônibus metropolitanos e o metrô. Em resumo, o terreno apresenta um grande potencial para o fluxo de pedestres em diversas direções conectando espaços públicos, comércio local e transporte público.

Dessa forma, tem-se o ponto de partida do projeto que é não só permitir a circulação no térreo, mas ressaltar principalmente a existência do Mercado de Pinheiros, prestando uma homenagem às origens do local, conectando-o diretamente à saída do metrô. Além disso, busca-se projetar uma volumetria que convide o pedestre a circular pelo terreno, incentivando esse fluxo potencial de pessoas.



Figura 47: Visualização 3D do terreno e entorno próximo  
Fonte: Google Maps, editado pelo autor

Considerando ainda, que o Mercado de Pinheiros se constitui majoritariamente por lanchonetes e restaurantes para atender o público de edifícios comerciais da região, a segunda diretriz do projeto é evitar esse tipo de uso no térreo, buscando assim, preservá-lo de qualquer concorrência agressiva. Observando ainda a presença massiva de comércio de varejo na Rua Teodoro Sampaio, o uso comercial do térreo é prioridade.

Partindo da disponibilidade construtiva já adquirida para o lote, outro objetivo é utilizar o potencial máximo para que o projeto possa se equivaler ao edifício que de fato está sendo erguido. E deste modo, dar uma solução alternativa que representaria um novo edifício emblemático para a região e que respeitasse tanto o contexto histórico como o contexto bioclimático da cidade de São Paulo.

Além da consideração do clima para o conforto lumínico, será priorizada a iluminação natural nos escritórios de modo a reduzir ao máximo a dependência da iluminação artificial, o que contribuirá para o desempenho energético do edifício. Para o tratamento da radiação solar incidente, serão priorizadas estratégias passivas para que seja garantido tanto o conforto lumínico quanto térmico dos ocupantes, reduzindo também a demanda por sistemas de condicionamento do ar.

Por fim, a última diretriz é adotar conceitos da arquitetura generativa como ferramenta no processo de projeto, desde os traços iniciais até as questões de tratamento das soluções passivas. O foco principal deste trabalho é utilizar, mesmo que parcialmente, as principais ferramentas tecnológicas a disposição para elaborar um projeto de arquitetura com um bom desempenho ambiental.

## 4.5. Programa do edifício

Pontuados os principais aspectos do projeto, foi elaborado o programa do edifício, visando atender todas as premissas levantadas e desejos para este projeto.

- Escritórios: grandes lajes corporativas (padrão de tipologia típico dos edifícios comerciais da Av. Brg. Faria Lima) e possibilidade de salas de pequeno e médio porte (visando atender novas startups e pequenas empresas);
- Térreo com espaços livres incentivando a circulação de pessoas pelo terreno e priorizando os principais fluxos identificados;
- Lojas para comércio de varejo voltadas principalmente para a R. Teodoro Sampaio, mantendo as proporções dos comércios próximos;
- Equipamento cultural, retomando o projeto inicial de renovação para a área do Largo da Batata;
- Uso esportivo, incentivando a população do edifício e da região à prática de atividades físicas;
- Terraços e mirantes que deem destaque às vistas do entorno, principalmente do Largo da Batata e da Avenida Faria Lima.



# O5

PROJETO | ETAPA 1:  
ARQUITETURA GENERATIVA

## 5.1. Definições

Antes de dar início aos processos paramétricos e generativos de projeto de edifícios, é importante começar pela definição desses termos, em que contexto são utilizados e as diferenças entre ambos. O entendimento das nomenclaturas é primordial para que seja possível explicar o processo lógico de programação adotado.

O primeiro esclarecimento é que ambos os termos são utilizados neste trabalho como definição de processos de arquitetura, contudo, são derivados dos termos originais *Design Paramétrico* e *Design Generativo*. O primeiro pode ser definido como “[...] a área do design em que o produto é concebido através da definição de um conjunto de parâmetros vinculados a atributos desse produto”<sup>[27]</sup>.

Em outras palavras, para a elaboração do produto final do processo de projeto, são necessários parâmetros que descrevam ou quantifiquem, através de relações de ordem lógica ou matemática, os resultados que se esperam para este produto. Contudo, o paramétrico se limita a isso, dados de *input* gerando um produto como *output*.

Já o processo generativo parte do paramétrico e, com o auxílio de ferramentas computacionais de iteração convergente, faz uma “[...] exploração exaustiva de alternativas de projeto derivadas de alguns pressupostos e dirigidas rumo a um objetivo por um conjunto de instruções, ou algoritmos”<sup>[28]</sup>. Ou seja, além da especificação lógica dos inputs este processo exige uma ferramenta computacional de solução lógica que testará uma enorme quantidade de análises combinatórias buscando uma solução otimizada.

[27] Vieira, 2014

[28] Mello, 2017

É importante destacar que o processo generativo não diminui a importância do arquiteto já que a máquina não é capaz de processar todos os conceitos envolvidos no projeto arquitetônico. Esta é apenas mais uma ferramenta disponível, que pode alavancar a qualidade do projeto a partir de dados estatísticos da análise de infinitos cenários, o que seria inviável de ser feito por um arquiteto manualmente.

## 5.2. Estruturação dos processos

A primeira etapa deste projeto seguirá a linha da arquitetura generativa, ou seja, a partir das diretrizes traçadas inicialmente, será aplicado um processo algorítmico de otimização da forma do edifício que servirá de base para o projeto final. Aqui é possível ver claramente a distinção do papel do arquiteto e do papel da máquina neste processo, o primeiro agente é responsável por identificar todos os aspectos relevantes ao projeto e o segundo é responsável pela testagem de milhares de cenários, indicando aqueles que melhor atendem à demanda solicitada.

O primeiro ponto sobre a estruturação do processo para este projeto específico é que a arquitetura generativa normalmente é associada às formas orgânicas, porém a solução adotada aqui seguirá um método mais geométrico de elaboração da forma. Inicialmente foi elaborado um estudo manual de volumetria, considerando o Coeficiente de Aproveitamento Máximo do terreno, e aplicando a ela os principais pontos de inspiração para as linhas iniciais.

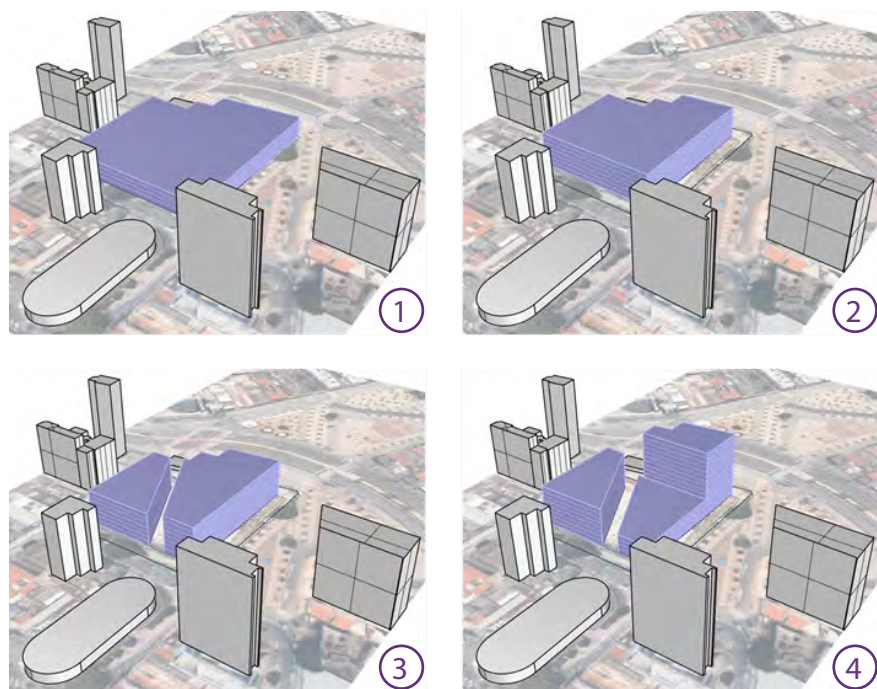


Figura 48: Primeiro ensaio de volumetria para o projeto  
Fonte: O autor

O primeiro volume apresenta o potencial construtivo em seu aspecto mais simples, ou seja, quatro pavimentos ocupando todo o terreno, totalizando 37.000 m<sup>2</sup> de área construída. O segundo volume aplica um recuo de 5m em todo o perímetro do lote e compensa a perda de área com o acréscimo de pavimentos visando manter a área o mais próximo possível do potencial máximo.

O terceiro volume apresenta a principal característica que norteará o projeto daqui em diante, foi incluído um recorte na volumetria que cria uma linha reta entre a saída do metrô Faria Lima e o Mercado de Pinheiros, abrindo o espaço e valorizando a

origem da região. Por fim, foi feito um recorte em um dos volumes, reduzindo sua altura, esta solução apresenta dois grandes benefícios que são a criação de uma grande praça elevada e o aumento da disponibilidade de luz natural para o volume vizinho.

Com isso, foi definido o primeiro esboço do projeto, que servirá de guia para a construção paramétrica do volume e, posteriormente, aplicação do processo generativo de otimização da forma sem que seja perdida a essência do traço inicial. Sendo assim, os parâmetros criados deverão estar relacionados às proporções geométricas dos diferentes volumes, além de incluir a possibilidade de átrios e recortes nos volumes pré-estabelecidos.

### 5.3. Programas computacionais

Para a elaboração da programação paramétrica de geração da volumetria foi utilizado o programa de desenho paramétrico *Grasshopper 3D*<sup>[29]</sup> em conjunto com o programa base de modelagem *Rhinceros 6*<sup>[30]</sup>. A união desses programas serve de base para a grande maioria dos processos de design paramétrico ao redor do mundo.

Por ser um programa de código aberto (*open source*) existe uma vasta quantidade de *plugins* disponíveis para o *Grasshopper* que acrescentam novas funcionalidades e ferramentas, além da possibilidade de se criar componentes personalizados em linguagens Python, C# e VB Script. Todas essas possibilidades são de ampla divulgação e fácil acesso através dos sites de ambos os programas, que mantêm fóruns com uma comunidade muito ativa e solidária, o que permite a troca de informações e soluções com pessoas de todo o mundo.

[29] Por David Rutten  
[30] Por Robert  
McNeel & Associates

Neste projeto foram utilizados os seguintes *plugins*:

- *Pupperfish*: *plugin* especializado na modelagem e alterações de formas geométricas;
- *Lunchbox*: outro *plugin* com opções de modelagem de forma e funcionalidades de tratamento da geometria entre *Grasshopper* e *Rhinoceros*;
- *Human*: mais funcionalidades essenciais para a interação da geometria entre ambos os programas;
- *TT Toolbox*: ferramentas de interação dos dados com Excel e componentes de análise iterativa;
- *Ladybug Tools*: pode ser considerado o conjunto de *plugins* mais importantes da lista, são os responsáveis por inserir no *Grasshopper* todas as funcionalidades de simulação computacional de condições climáticas, desempenho térmico, lumínico e conforto ambiental. Especificamente neste trabalho foram utilizados o *Ladybug*, *Honeybee Legacy* e *Honeybee Plus*.

Utilizando os componentes listados acima e toda a experiência adquirida ao longo dos últimos anos, foi elaborado o primeiro Canvas de programação deste trabalho. Composto por uma sequência lógica de programação ele segue as definições do Design Paramétrico, trazendo à esquerda os inputs, ao centro os processos de tratamento dos dados para fornecer, à direita, o output desejado.

Neste caso, o que se deseja é a construção dos volumes do projeto, configurados para uma visualização amigável que permita a verificação visual dos processos que ocorrem na programação. Além disso, foi incluída ainda a sessão onde são feitas as simulações computacionais para os critérios de desempenho e, por fim, a união de todas essa programação com o motor da solução generativa. Aqui foi utilizado o Galápagos, ferramenta solver que faz parte dos componentes padrões do Grasshopper.

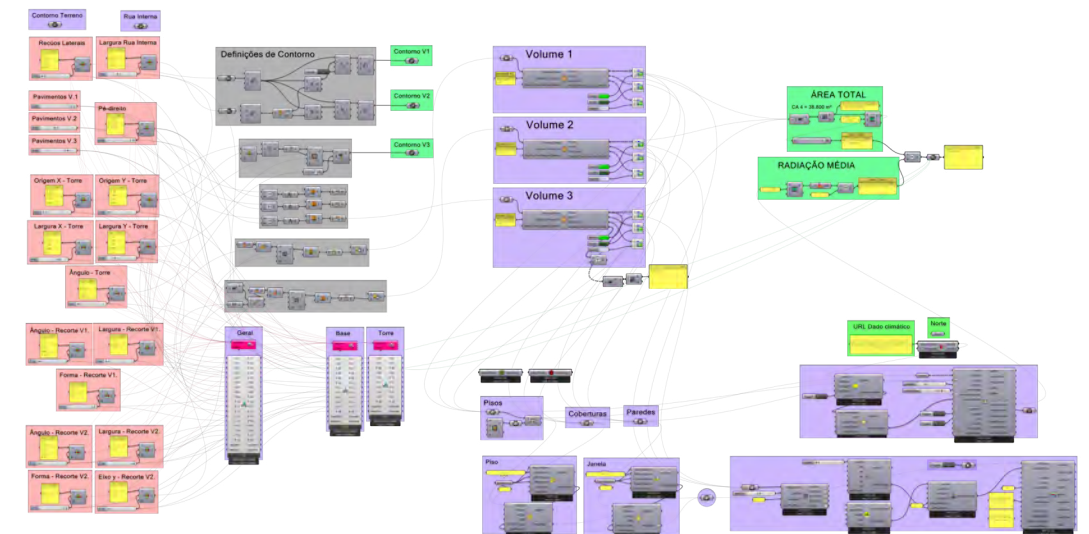
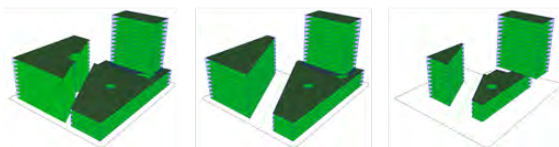
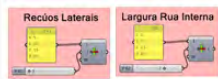


Figura 49: Lógica de programação produzida para o processo generativo de otimização da volumetria do edifício

Fonte: O autor

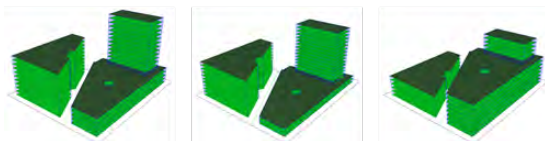
## 5.4. Parâmetros do modelo

Na construção da programação, apenas dois parâmetros de entrada foram fixados, são eles: a linha de perímetro do terreno e a linha que conecta a saída do metrô ao Mercado de Pinheiros. Todos os outros foram programados como inputs variáveis aplicados à lógica de programação. Estes fatores estão conectados ao algoritmo projetado de modo a atender os princípios de projeto estipulados inicialmente, ou seja, gerando três volumes distintos e criando o recorte central no terreno.

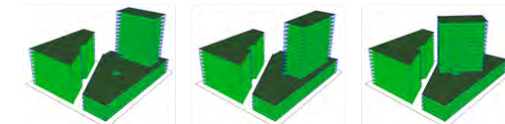
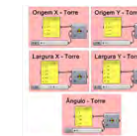


O primeiro conjunto de parâmetros parte das linhas fixas e definem os recuos que delimitam as volumetrias, tanto em relação ao perímetro do terreno como em relação à linha guia que corta o terreno ao meio. Esse conjunto de parâmetros gera 16 combinações possíveis e a relevância deste fato será destacada mais à frente.

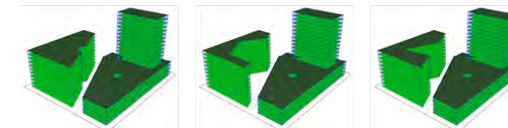
O segundo conjunto é responsável por controlar o número de pavimentos dos três volumes e o pé-direito de todo o conjunto, os valores máximos e mínimos de pavimentos por volume foi definido de modo a garantir a proporcionalidade desejada para o conjunto. Este apresenta 750 combinações possíveis.



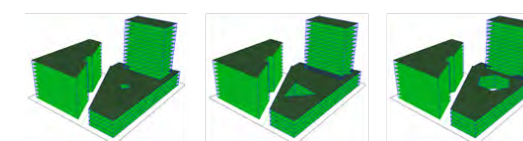
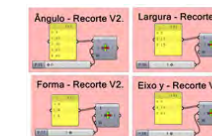
O terceiro conjunto permite o controle total da localização do volume vertical, nomeado como Torre, possibilitando deslocá-lo livremente sobre o volume do embasamento. Além desta possibilidade, há também o controle das dimensões do retângulo base para o volume e sua rotação em relação ao norte, possibilitando diferentes orientações. Aqui os parâmetros possibilitam 1.600 combinações possíveis.



O quarto conjunto de parâmetros controla o primeiro recorte de volumetria parametrizado para o projeto, ele possibilita controlar uma abertura no Volume 1, à esquerda, com diferentes dimensões, orientações ou formas. Esta solução tem dois objetivos principais, o primeiro é reduzir a profundidade da planta deste volume, para garantir a disponibilidade de luz natural em toda a planta, e o segundo objetivo é criar um espaço que servirá como uma praça anexa ao caminho de passagem entre os volumes. Este conjunto apresenta 45 combinações possíveis.



Por fim, o último conjunto é aquele responsável por criar um átrio no embasamento da Torre, o Volume 2, aqui os objetivos são semelhantes ao do conjunto anterior, possibilitar a disponibilidade de luz natural e criar um espaço interno público. Aqui são 135 combinações possíveis.



Ao todo, foram definidos 18 parâmetros variáveis com os quais são possíveis aproximadamente 185 bilhões de combinações diferentes entre si. Ou seja, uma infinidade de possibilidades que, mesmo que pudessem ser avaliadas uma a cada segundo, seriam necessários mais de 5.800 anos para que pudessem ser visualizadas integralmente.

Com este número em mente, é retomado aqui o que foi dito anteriormente sobre a relevância do processo generativo de projeto, que será de suma importância para que essa enorme quantidade de dados possa ser avaliada logicamente. A função deste processo é destacar, das milhões de possibilidades, aquelas que melhor atendam aos critérios desejados, critérios esses, definidos pelo arquiteto.

## 5.5. Critérios de avaliação

Antes de descrever quais foram os critérios avaliados, é importante destacar como opera o *solver* utilizado para o processo generativo utilizado neste trabalho, o Galápagos. Este componente possui uma interface simples que exige somente dois tipos de entrada para que possa operar. Todo o processamento interno de análise combinatória já possui uma configuração base que foi mantida nos estudos aqui descritos.

O operador exige que sejam elencados todos os *inputs* variáveis no formato *slider* ou seja, componentes que representam uma barra numérica e que podem ser variados entre um valor máximo e mínimo. Estes componentes foram apresentados acima, os quais controlam toda a volumetria do projeto. Além desses

componentes, o Galápagos exige que seja referenciado um valor numérico, resultante do processo algorítmico, o qual poderá ser maximizado ou minimizado através da variação dos parâmetros.

Em outras palavras, o Galápagos testará diversas combinações possíveis dos 18 parâmetros variáveis e registrará qual o valor resultante de entrada. Após elaborado um primeiro grupo amostral, ele avaliará quais destes cenários testados apresentaram o melhor desempenho em relação ao valor a ser maximizado. A partir das combinações que apresentaram maiores resultados, ele fará uma nova análise amostral priorizando as variáveis que tenham apresentado os melhores resultados.

Sendo assim, para que ele possa ser utilizado na otimização da volumetria, é necessário primeiro definir o algoritmo que gerará o valor resultante das variações e que deverá ser maximizado pelo processo generativo. Este valor deve condensar os objetivos da otimização, ou seja, no caso deste projeto em específico, são duas funções principais:

- Garantir o máximo potencial construtivo permitido para o terreno;
- Garantir a máxima disponibilidade de luz natural no ambiente interno.

O primeiro objetivo é facilmente mensurável, tendo a área e o número de pavimentos de cada volume basta uma multiplicação simples para que se possa obter a área total do edifício. Contudo o segundo parâmetro envolve um processo mais complexo atrelado a variabilidade paramétrica às simulações computacionais de iluminação natural, gerando não um único

resultado por combinação, mas um número enorme de resultados distribuídos ao longo dos pavimentos para cada cenário.

Não bastando o complicador do tratamento de uma grande quantidade de dados que deveriam ser condensados em um único valor, existe ainda um outro fator que poderia inviabilizar o processo generativo. Cada análise de desempenho lumínico, principalmente a análise anual, demanda uma grande quantidade de tempo para ser processada, podendo facilmente alcançar algumas horas por cenário, dependendo da complexidade do modelo e do número de pontos testados.

Sendo assim, para que fosse possível elaborar a análise de desempenho lumínico em um tempo condizente com o processo generativo, optou-se pela análise da radiação solar incidente no piso. Esta medida, além de refletir de maneira satisfatória a quantidade de luz natural que entra pelas esquadrias, é obtida através de uma simulação computacional de curta duração, em poucos segundos é possível analisar os valores resultantes.

Portanto, para este estudo, foram extraídas as faces de cada um dos pavimentos e a eles atribuídos uma malha de pontos de simulação. Estes pontos foram espaçados em 2 m e posicionados a uma altura de 75 cm, equivalente ao plano de trabalho. A quantidade de pontos da malha apresentou uma grande variabilidade conforme a configuração dos volumes era alterada, porém o valor médio das análises girou em torno de 15.000 pontos por cenário.

O resultado da radiação solar incidente em cada um desses pontos foi condensado através de uma média simples, com este valor resultante foi produzido um índice equivalente que, somado ao índice referente à área total, produzia o valor a ser maximizado pelo Galápagos. A equação final, demonstrada abaixo, é composta

por componentes matemáticos responsáveis pela produção dos índices referentes a cada uma das métricas estipuladas e tem como objetivo equilibrar a importância de cada fator no resultado da volumetria final.

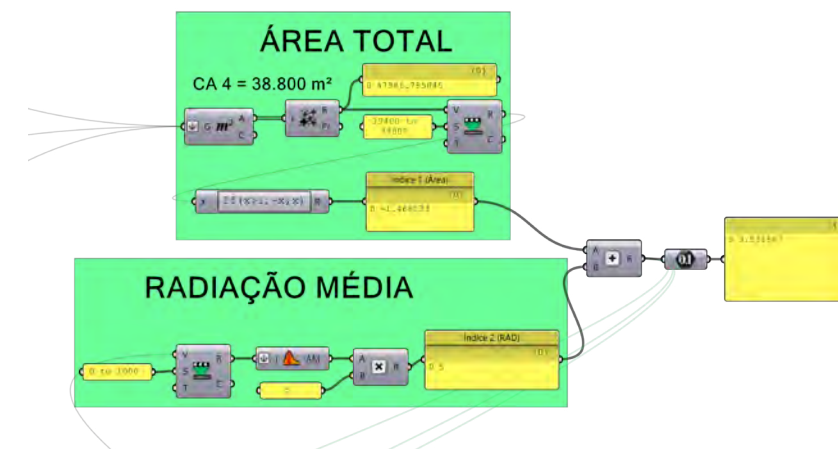


Figura 50: Processo final para a determinação dos índices de otimização  
Fonte: O autor

## 5.6. Resultados

Conforme mencionado, a fórmula demonstrada anteriormente representa a versão final do processo de cálculo. Para que se chegasse nessa conformação final, foram feitos alguns testes de volumetrias resultantes e a partir deles foi analisado como o *solver* convergiu para a melhor solução, e assim, afinar o cálculo para que a resultante fosse condizente com o desejado.

O primeiro estudo deixou claro que possibilitar os 185 bilhões de

cenários apresentava uma variabilidade tão grande de resultados que foi impossível de o Galápagos gerar um resultado otimizado. Sendo assim, a primeira modificação foi criar dois grupos distintos de parâmetros, de modo a focar a avaliação em alguns pontos específicos por vez, são eles:

- Grupo 1: concentra os componentes que controlam o Volume 1 e o embasamento da Torre. Nele podem ser variados os recuos em relação ao perímetro, a largura da via interna, número de pavimentos desses dois blocos além do recorte e átrio propostos. Totalizando pouco mais de 10 milhões de combinações possíveis.
- Grupo 2: controla todos os inputs referentes à Torre, ou seja, o número de pavimentos, larguras em ambos os sentidos, posicionamento em relação ao lote e angulação em relação ao norte. Para que fosse possível considerar a movimentação do volume vertical livremente, foram incluídos nesse grupo novamente as configurações de geração do átrio do embasamento, afinal, caso a Torre se sobrepusesse a ele, seria necessário permitir seu deslocamento para continuar provendo luz natural aos escritórios. Ao todo, são 2.3 milhões de combinações possíveis neste grupo.

A seguir foram feitas duas rodadas de análise generativa para o Grupo 1, ambos os estudos fixaram a área da torre em 9.600 m<sup>2</sup>. Foram feitos dois estudos pois, como existe um fator de aleatoriedade intrínseco ao processamento do Galápagos, é possível que cada análise obtenha soluções distintas.

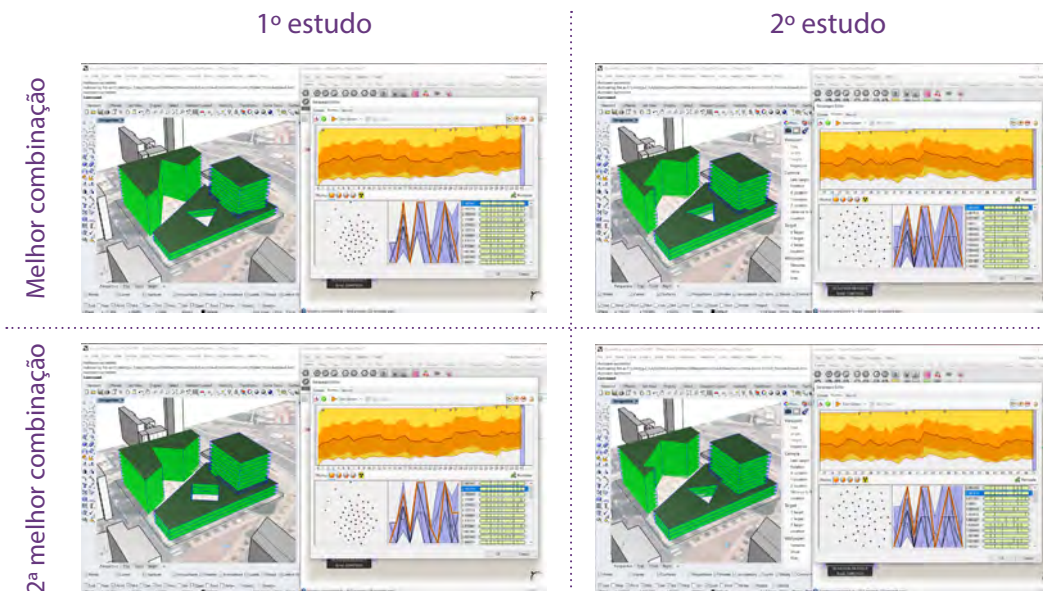


Figura 51: Melhores resultados de otimização obtidos inicialmente para o Grupo 1  
Fonte: O autor

Ainda que as soluções aparentem ser adequadas ao que se esperava dos resultados, foi feita uma análise mais aprofundada da resultante obtida e qual a interferência de cada índice na fórmula. Com isso foi possível identificar uma falha na estrutura inicial do cálculo, e o resultado numérico para aqueles cenários em que se alcançava o valor exato da área desejada apresentavam um aumento exponencial. Esse fator fez com que a solução ideal convergisse e desse somente soluções nesse sentido, desconsiderando totalmente o aspecto da iluminação natural.

Logo, após alguns testes, a fórmula foi corrigida para a sua versão final destacada anteriormente e, com ela, foram produzidos

mais dois estudos generativos para o Grupo 1. O 3º estudo analisou cerca de 3.300 possibilidades identificando estas como as que obtiveram os melhores resultados, já o 4º estudo analisou 1.900 possibilidades chegando em outras duas soluções com novos aspectos a serem considerados.

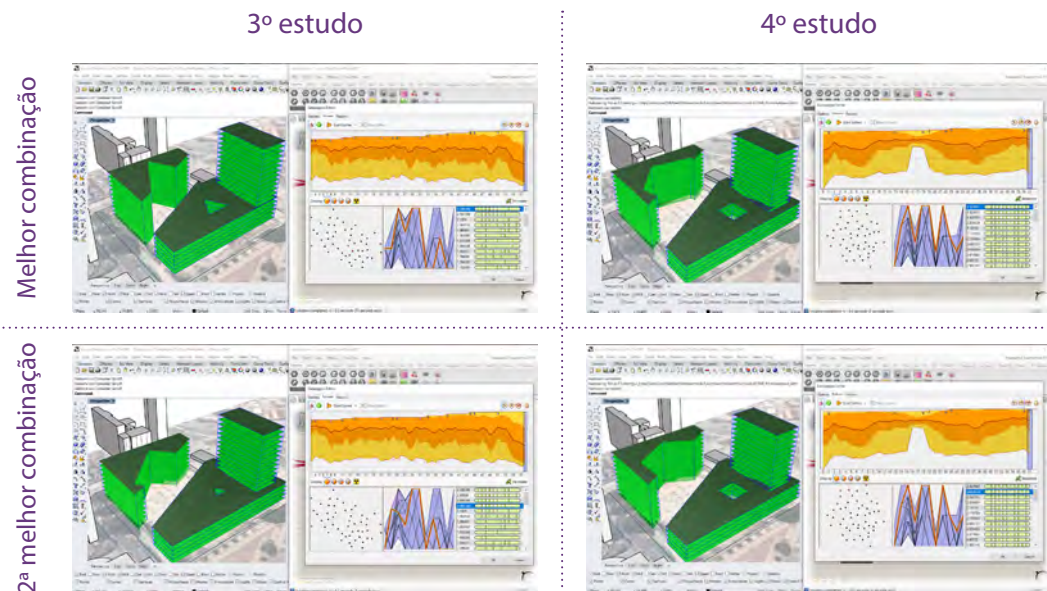


Figura 52: Melhores resultados de otimização do Grupo 1 após ajustes  
Fonte: O autor

Como é possível identificar, as propostas resultantes do processo generativo apresentam pouca lógica estética arquitetônica, apenas indicam quais os parâmetros mais adequados para que sejam alcançados os objetivos da otimização. Antes de serem tiradas as conclusões principais sobre esta etapa, foi feito um

último estudo visando a otimização da volumetria da Torre através do Grupo 2 de parâmetros, este estudo avaliou 1.900 cenários e apresentou as seguintes alternativas.

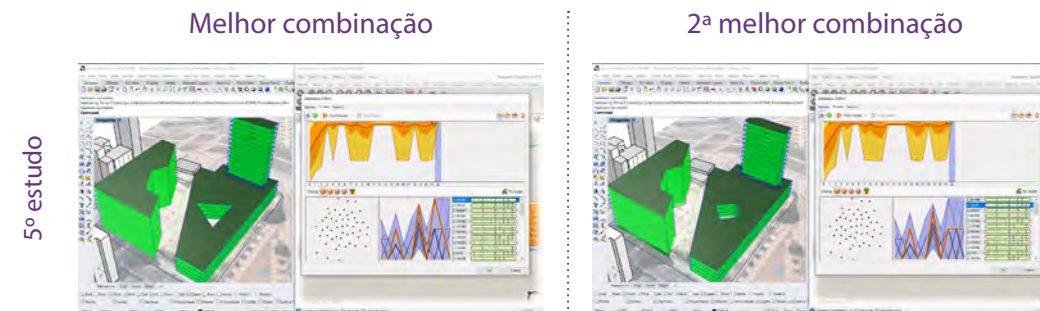


Figura 53: Melhores resultados de otimização do Grupo 2  
Fonte: O autor

Aqui, é conveniente destacar a importância da análise crítica dos resultados obtidos e não somente confiar cegamente na máquina. A diferença entre os melhores cenários destacados para o volume vertical é mínima pois difere somente na dimensão do átrio localizado no embasamento e no número de pavimentos do volume. Isso ocorre pois, ao se priorizar o máximo de radiação solar incidente, a solução convergiu para a opção de Torre com menor profundidade de planta possível e que mantivesse um equivalente de área construída.

Com isso concluiu-se que os estudos deste volume dificilmente poderiam avançar em qualquer direção além dessa já demonstrada e, portanto, não foram feitos mais testes de possibilidades para o Grupo 2. Partindo da análise de todos os cenários estudados e das melhores alternativas apresentadas pelo processo generativo,

foram produzidos os parâmetros base para a elaboração do projeto.

Os parâmetros obtidos nesta etapa serviram como diretrizes iniciais para o processo de projeto, mas é importante destacar que não foram considerados como obrigações a serem atendidas. Para a elaboração dos desenhos do edifício, estes dados serviram de base que guiou o projeto na direção de uma solução previamente estudada e validada. Com isso, espera-se que logo de início o projeto seja adequado do ponto de vista da disponibilidade de luz natural nos escritórios.

## 5.7. Parâmetros base para o projeto

Os parâmetros obtidos nesta etapa, destacados a seguir, serviram como diretrizes iniciais para o processo de projeto, mas é importante destacar que não foram considerados como obrigações a serem atendidas. Para a elaboração dos desenhos do edifício, estes dados serviram de base que guiou o projeto na direção de uma solução previamente estudada e validada. Com isso, espera-se que logo de início o projeto seja adequado do ponto de vista da disponibilidade de luz natural nos escritórios.

### Características gerais



Volumes: 3



Pé-direito: 3.50 m

### Volume 1



Pavimentos: 10



Formato do recorte: hexagono



Largura do recorte: 10m

### Volume 2



Pavimentos: 4



Formato do recorte: quadrado



Largura do recorte: 10m

### Relação com o entorno



Recuos laterais: 5.00 m



Largura da rua interna: 15 m

### Volume 3



Pavimentos: 13



Largura: 30m



Profundidade: 10m



Localização: Sudeste do V. 2



Orientação: Nordeste



**06**

**PROJETO | ETAPA 2:  
ARQUITETURA CRIATIVA**

## 6.1. Evolução do projeto

Conforme definido anteriormente, arquitetura generativa é aquela em que há uma análise algorítmica de otimização como ferramenta para o processo de projeto. Contudo, não foi encontrado um termo que definisse um contraponto a este método, algo que equivalesse à maneira clássica de se fazer a arquitetura, na qual o arquiteto faz experimentações e projeta seguindo sua intuição. Sendo assim, neste trabalho, foi definido o termo “arquitetura criativa” para esta etapa do projeto, que consiste na interpretação da arquitetura generativa e, a partir dela, cria um projeto de fato.

É importante destacar que, mesmo nesta fase de maior liberdade de criação, as ferramentas tecnológicas a disposição não foram abandonadas. Para que o projeto evoluísse de modo fluido e sem perder os conceitos programados para ele, foram utilizadas as simulações computacionais de iluminação natural para as principais tomadas de decisão no projeto.

A primeira etapa foi analisar os parâmetros base levantados na fase anterior e, a partir deles, desenhar a volumetria inicial dos edifícios que compõem o projeto. Partindo do perímetro do terreno, foram traçadas as linhas que delimitam a volumetria, tal qual feito anteriormente. Contudo, aqui foram aplicadas mudanças referentes à dimensão da via interna, esta foi ampliada para propiciar um espaço mais agradável aos pedestres, com maior área de circulação livre.

Na figura 54 é apresentada a nomenclatura dos volumes que será adotada daqui em diante, nela também é possível identificar a grande mudança feita no átrio do Volume 2. O novo formato tem a intenção de propiciar ventilação cruzada em todos os pavimentos da base, além de criar um plano alinhado à Torre (Volume 3),

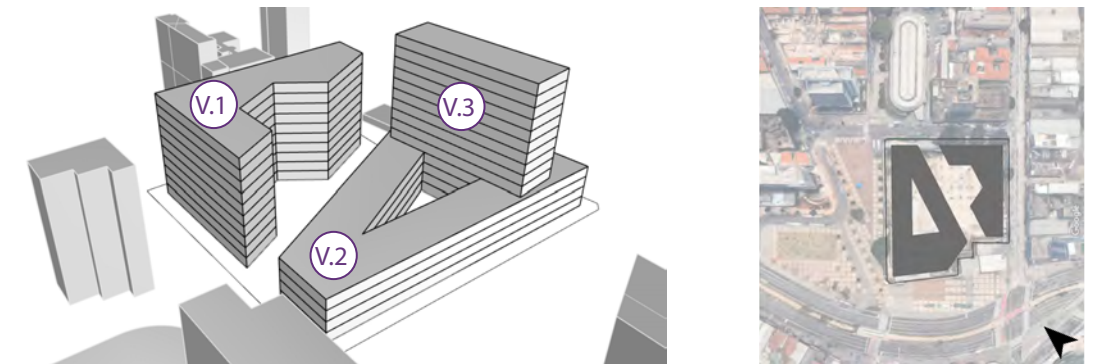


Figura 54: Nomenclatura dos volumes no modelo inicial e implantação do projeto no terreno

Fonte: O autor

delimitando uma das praças internas do projeto.

A segunda etapa foi a lapidação da volumetria criada. Primeiramente, todos os contornos foram redesenhados para seguir ângulos retos e dimensões proporcionais entre os três volumes. Foi adotada a profundidade de planta de 15m para a Torre e, posteriormente, aplicada essa mesma dimensão para definir a profundidade das alas do Volume 2 e do recorte hexagonal do Volume 1.

Foram incluídas duas travessias que conectam o 4º pavimento dos edifícios, estendendo a praça elevada para ambos os volumes. Vazios no térreo compõem os acessos à pedestres, permitindo a livre circulação nos diversos eixos de interesse identificados anteriormente e, atendendo à vontade de criar um mirante urbano, foi incluído o volume no topo da Torre indicando o acesso público a este pavimento.

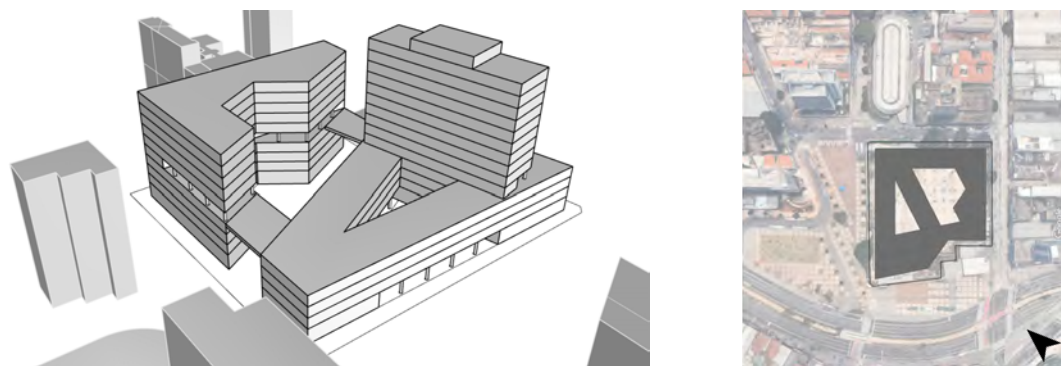


Figura 55: Evolução da volumetria e implantação  
Fonte: O autor

A seguir, foram feitos os estudos iniciais de nível de acesso e usos planejados para cada setor do projeto. Esta etapa visa destacar principalmente os fluxos que definiriam a relação das circulações horizontas e verticais do edifício e a relação delas com o terreno.

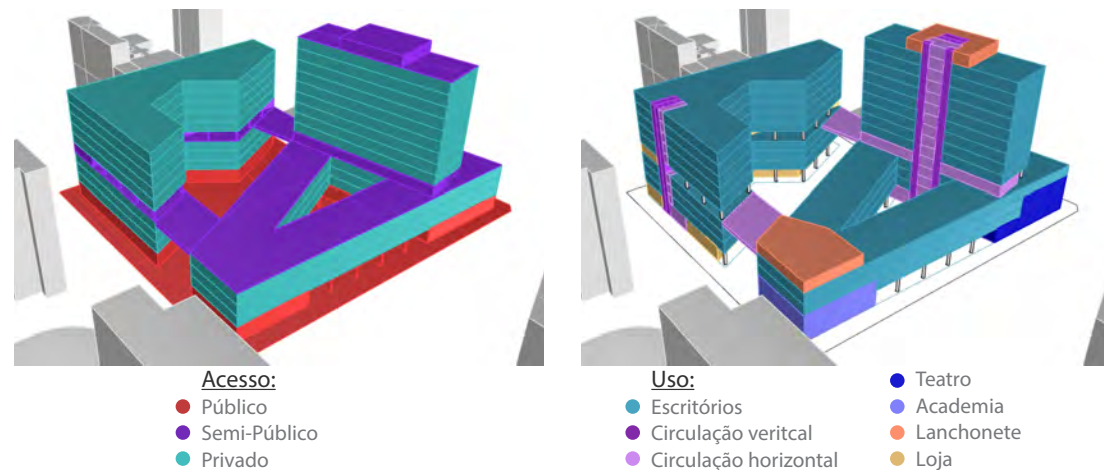


Figura 56: Plano de níveis de acesso à esquerda e mapeamento de usos à direita  
Fonte: O autor

Definidos os fluxos, foram projetadas as circulações verticais dos edifícios de modo a atender a demanda prevista para os diferentes usos. Foi projetada também a estrutura dos edifícios, com pilares de concreto armado e lajes grelha para os três volumes.

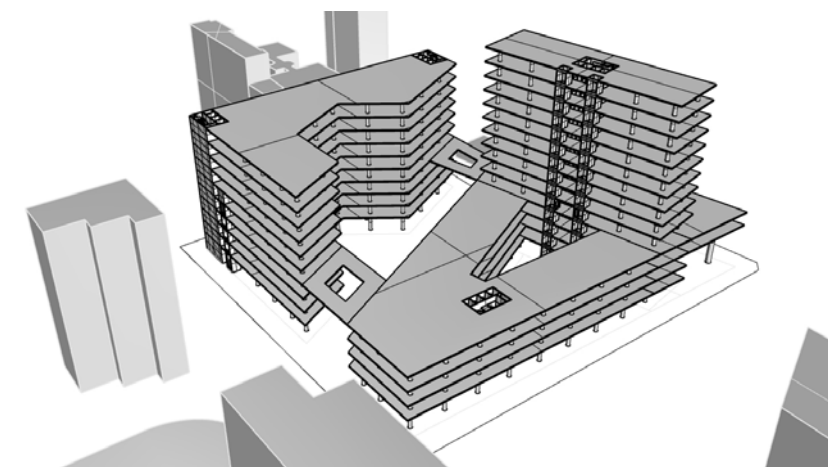


Figura 57: Modelo volumétrico da estrutura projetada  
Fonte: O autor

Dadas as dimensões das lajes dos Volumes 1 e 2, foi necessária a inclusão de dois eixos de circulação vertical para cada volume. O acesso aos pavimentos de escritório foi projetado para ser utilizado independentemente do acesso à praça e ao mirante. Sendo assim, além dos quatro eixos de circulação principal, foram criados 3 elevadores panorâmicos: 2 na Torre com acesso separado no térreo e paradas no 4º pavimento e cobertura; e 1 no Volume 1, conectando o térreo à praça elevada e gerando um fluxo de circulação de pessoas nesse pavimento entre ambos os edifícios.

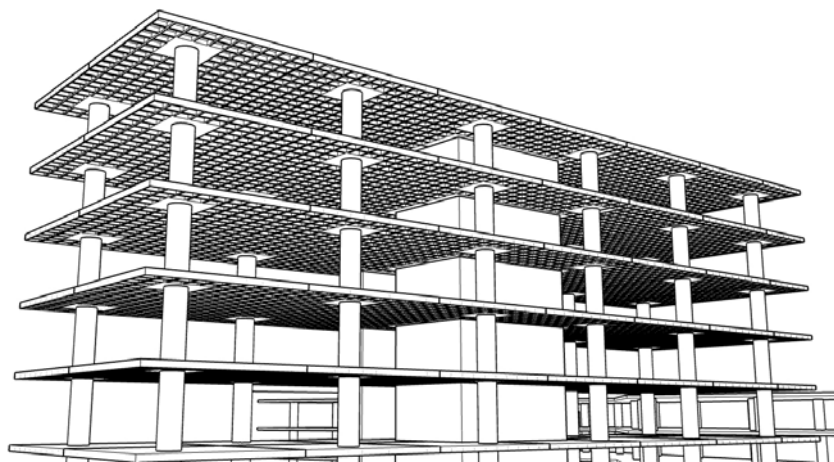
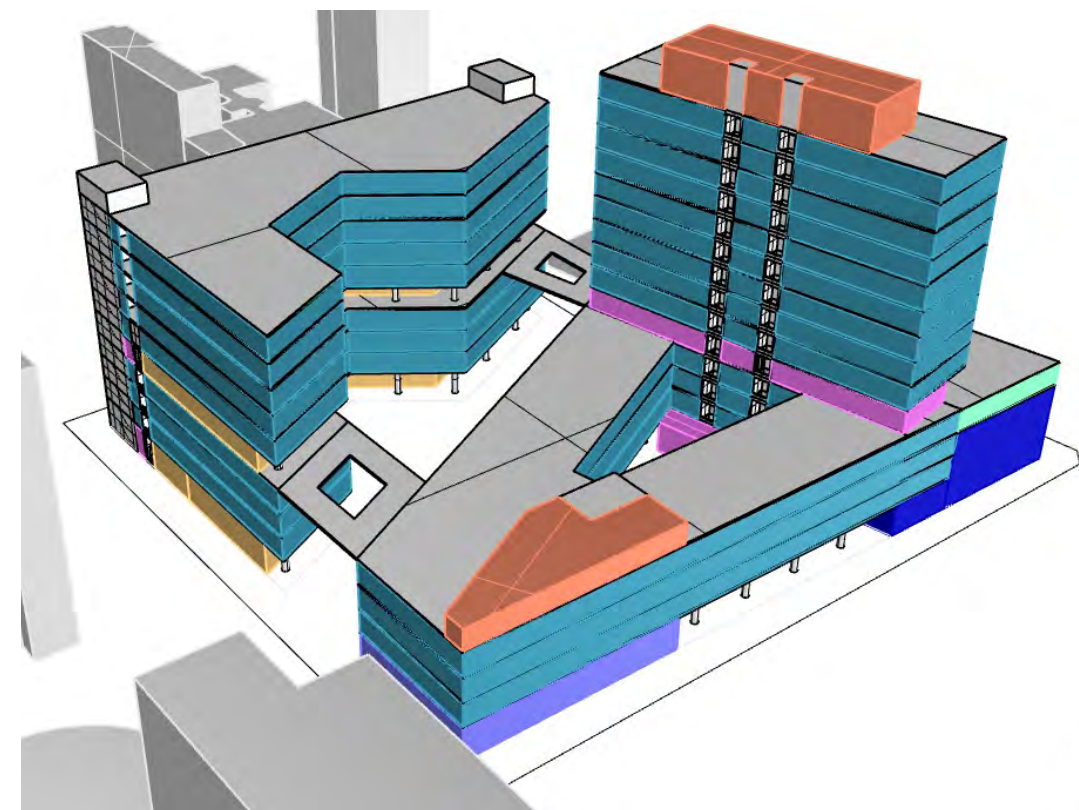


Figura 58: Aproximação da laje grelha no Volume 3  
Fonte: O autor

Ainda sobre a estrutura, vale destacar a atenção especial dada ao vão necessário para criar o espaço do teatro, localizado no térreo do Volume 2.

A localização do teatro foi planejada para criar uma grande empena cega para o Largo da Batata no nível do pedestre. Esta decisão tem dupla função, a primeira é afastar escritórios próximos ao térreo dessa área para evitar condições de desconforto acústico dos ocupantes por conta do tráfego de veículos e a grande circulação de pessoas na área. A segunda função é que a empena cega seja utilizada para atividades culturais, tais como mostras de cinema ao ar livre e projeções comemorativas.

Com a estrutura projetada, foram traçados os usos finais do edifício:



- Uso:
- Escritórios
  - Hall
  - Salão de eventos
  - Academia
  - Teatro
  - Loja
  - Lanchonete

Figura 59: Volumetria final com indicação dos usos  
Fonte: O autor

O fim desta etapa do projeto deu-se com a definição de fachadas genéricas envidraçadas, tal qual o padrão identificado na arquitetura contemporânea. Aqui, todos os pavimentos de escritório foram projetados com janelas de 2.80m de altura, equivalente a um *Window Wall Ratio* (WWR), ou seja, a proporção entre área de vidro e área de fachada por pavimento, de 80%.

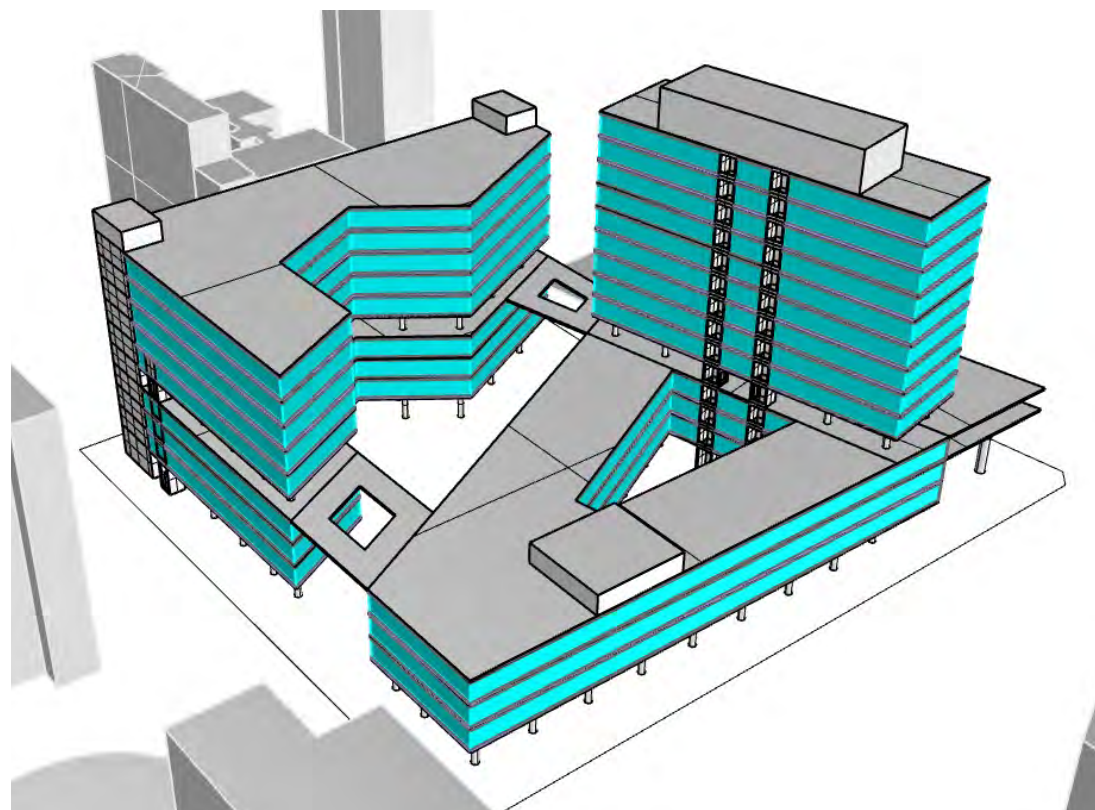


Figura 60: Volumetria do edifício com fachada genérica de WWR 80%  
Fonte: O autor

## 6.2. Projeto de fachada

A seguir, como o foco deste trabalho é utilizar a avaliação do conforto lumínico em todas as etapas de projeto como um dos fatores para as decisões adotadas, foram elaborados diversos estudos analíticos dedicados ao projeto das fachadas, visando propiciar um melhor ambiente interno com estratégias passivas de sombreamento.

Para identificar quais as fachadas com maior necessidade de tratamento, foi feito o estudo de radiação solar no projeto. Como é possível ver na figura 61, todas as fachadas que não estão voltadas para o centro do lote recebem quantidades consideráveis de radiação solar, sendo que a condição crítica ocorre nas fachadas NE e NO da Torre.

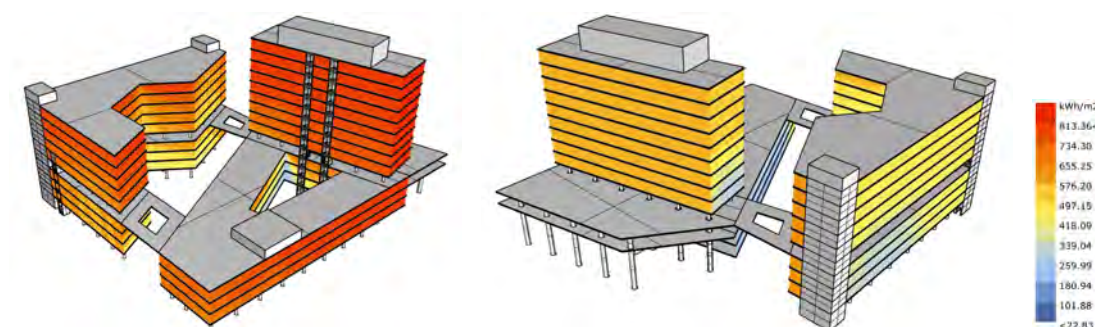


Figura 61: Estudo de radiação nas fachadas do empreendimento, à esquerda as fachadas NE e NO, à direita as fachadas SE e SO  
Fonte: O autor

Contudo, esta análise não é suficiente para identificar quais são as condições críticas em cada pavimento e onde se concentram. Sendo assim, neste trabalho será adotado o método de simulação de iluminâncias anuais. O critério de conforto e parâmetro de avaliação escolhido para estas avaliações é o UDI (*Useful Daylight Illuminance*)<sup>[31]</sup>.

Mardaljevic (2012), define que iluminâncias úteis são aquelas com as quais o ocupante consegue exercer suas tarefas, principalmente atividades de escritório, sem prejuízos por ausência ou excesso de luz. São traçadas três faixas de avaliação para a iluminação natural no plano de trabalho:

- Menor que 300 lux: há necessidade de complementação da iluminação artificial para a execução das tarefas;
- Entre 300 e 3.000 lux: faixa na qual as atividades podem ser executadas plenamente sem a necessidade da iluminação artificial;
- Acima de 3.000 lux: há excesso de iluminação natural, com potencial para gerar desconforto no ocupante por ofuscamento no plano de trabalho.

Para a avaliação deste critério, são simulados os índices de iluminância em lux para todas as 8.760h no ano em cada ponto da malha de avaliação. A partir desta análise, são filtradas as horas ocupadas, para que seja feito o cálculo de porcentagem de horas no ano em cada uma das três faixas definidas acima.

Como é de se esperar, este tipo de análise consome uma grande quantidade de tempo caso seja adotado o método padrão do

[31] Mardaljevic, 2012

[32] Subramanian, 2017

*Radiance* (principal ferramenta de análise de iluminação, motor de cálculo do *Ladybug* para simulações lumínicas). Exemplo disto é que, para o modelo com fachadas genéricas, foi produzida uma malha com distanciamento de 1m entre os pontos de análise para um estudo inicial, totalizando aproximadamente 30.000 pontos, que levaram cerca de 55h para serem simulados em um computador com características específicas para este tipo de atividade.

Dado que o fator tempo é primordial para a sequência e conclusão deste projeto, foi feito um teste de verificação, testando um método alternativo de análise de iluminâncias anual. O *Two Phase Method* é um dos meios de avaliação possibilitados pelo *Radiance* e que se encontra disponível no *plugin Ladybug Tools*, aqui ele será testado considerando diferentes parâmetros de qualidade e precisão de simulação<sup>[32]</sup>.

Na figura 62 são apresentados os resultados de análise do último pavimento do Volume 1, adotando o critério de UDI

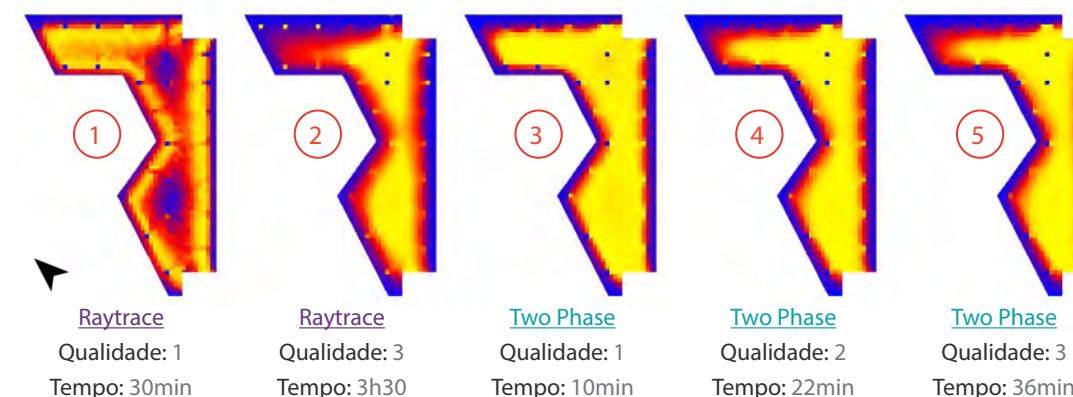


Figura 62: Comparativo das diferentes configurações de simulação anual possibilitadas pelo Radiance  
Fonte: O autor

avaliado pelos dois métodos considerados, aplicando diferentes índices de qualidade da simulação. Além disso, foram registrados também o tempo decorrido para a obtenção destes resultados e, como é evidente, o *Two Phase Method* apresenta uma redução considerável no tempo e uma proximidade considerável com o método padrão do *Radiance*.

Sendo assim, partindo do método 2 como referencial, foi analisada a relação entre tempo de análise versus a precisão dos resultados e, por fim, adotado o *Two Phase Method* (parâmetro de qualidade: 1) como o procedimento padrão de análise daqui em diante. Outro ponto importante para a elaboração dessas simulações é a definição dos materiais de revestimento para as superfícies do modelo. A materialidade é especificada através dos parâmetros: refletância, para materiais opacos, que define a porção da luz incidente que reflete deste material; e transmitância, para materiais translúcidos, que explicita a porcentagem da luminosidade que passa pelo material. Os materiais adotados nos estudos apresentados a seguir são:

COMPONENTE	DEFINIÇÃO	REFLETÂNCIA
Piso e forro	Cor clara	0,70
Parede interna	Branco	0,80
Fachada	Cor média	0,50
Brise	Cor clara	0,70

COMPONENTE	DEFINIÇÃO	TRANSMITÂNCIA
Vidro	Simplex incolor	0,80

Com esse método, foi avaliado todo o empreendimento para o índice UDI e extraídos os resultados graficamente, adotando uma escala colorida para demonstrar a faixa entre 300 e 3.000 lux, uma escala em tons de cinza para destacar pontos em que os índices estão abaixo de 300 lux e, por fim, uma escala em tons de rosa para demonstrar a porcentagem de horas no ano nas quais os índices de iluminância ultrapassam os 3.000 lux.

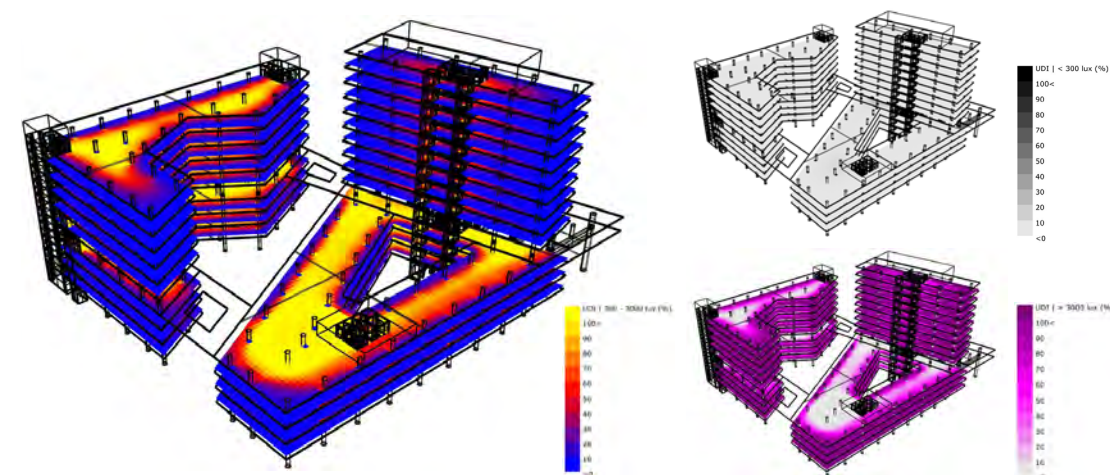


Figura 63: Análise das três faixas de UDI para todos os pavimentos do empreendimento  
Fonte: O autor

Como é possível visualizar nos resultados, o ponto crítico neste projeto inicial é o excesso de luz natural, indicando grandes faixas próximas às fachadas onde há um desconforto em praticamente todas as horas ocupadas. Isso demonstra que, para o contexto climático de São Paulo, grandes planos de vidros representam um ponto crítico ao conforto do ocupante tanto do ponto de vista lumínico, quanto do ponto de vista térmico já que, além da luz natural, há a radiação solar superaquecendo os ambientes.

Logo, no contexto paulistano, faz-se necessário o projeto de fachadas que leve em consideração esse excedente, tratando-a de forma a minimizar o desconforto interno. Neste projeto, optou-se por seguir a estratégia de soluções passivas de sombreamento, ou seja, brises e recuos na fachada que evitem o excesso da luz natural.

Aqui vale ressaltar que, todo o processo generativo de otimização da forma, sempre buscou maximizar a disponibilidade de luz natural no ambiente interno e, conseqüentemente, já era esperado que existiriam faixas nas quais haveria excesso de luz. Contudo, como é possível notar na análise de índices abaixo de 300 lux, quase não existem pontos no projeto em que ocorre uma demanda por iluminação artificial.

Somente os pavimentos do Volume 2 apresentaram algumas horas do ano em que é necessário algum complemento da iluminação artificial, esses pontos se localizam exclusivamente abaixo do volume vertical, já que o teatro representa um limitante no acesso ao meio externo.

O projeto de fachadas teve início na Torre, que apresentou a condição mais crítica em todo o empreendimento, dados os resultados extremos, tomou-se como partido inicial que as fachadas NO e SE seriam empenas cegas, limitando assim a entrada de luz somente pelas fachadas NE e SO. Dado todo o conhecimento paramétrico desenvolvido neste trabalho, foi feito um primeiro estudo variando os parâmetros de fachada e o impacto deles no desempenho da planta tipo.

Para essa análise de cenários, foram escolhidos 2 parâmetros com 3 possibilidades cada, totalizando 9 combinações possíveis. O primeiro parâmetro é a altura da janela, variando entre 2,80m (WWR = 80%), 2,10m (WWR = 60%) e 1,60m (WWR = 45%); o

segundo parâmetro é o recuo da fachada em relação ao limite da laje variando entre 0, 1,00 e 2,00m. Na figura 64 são apresentados os resultados de UDI para cada um dos cenários possíveis.

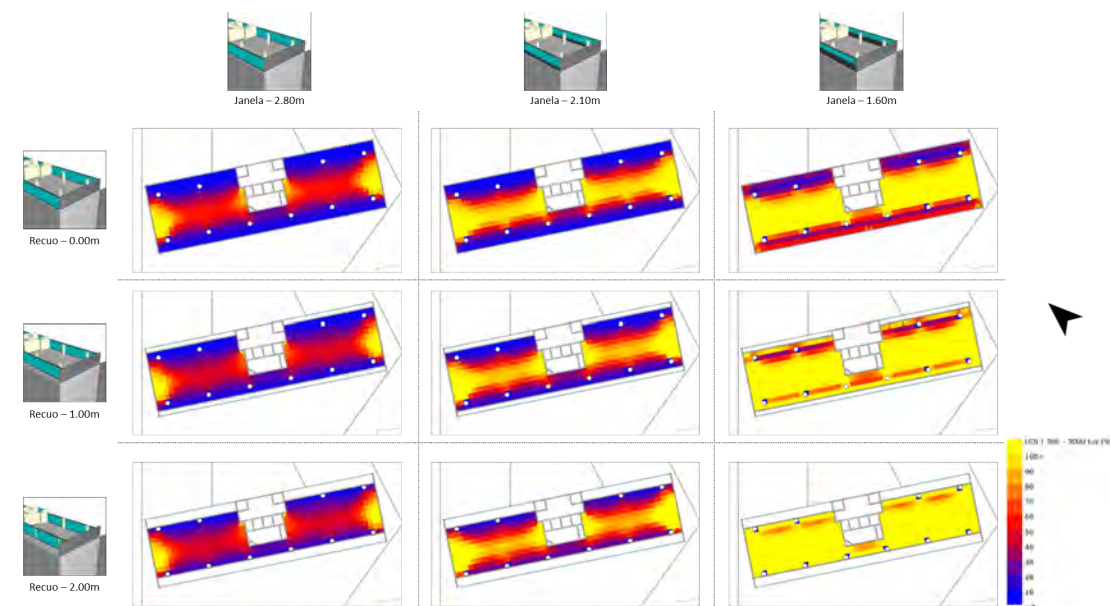


Figura 64: Comparativo de cenários pelo critério de UDI variando parâmetros geométricos  
Fonte: O autor

Dados estes resultados, optou-se por adotar a menor dimensão de janela por ser aquela em que foram encontrados os melhores índices em planta. Sobre o recuo, ainda que o maior afastamento apresente resultados ideais, a perda de área útil equivalente não compensaria os resultados, logo, a decisão foi adotar um afastamento de 1,00m na fachada mais crítica (NE) e não adotar recuo na fachada SO.

Com essa condição de fachada, restaram ainda faixas nas quais havia um excesso de luz natural por mais da metade do ano, sendo

assim, seguiu-se para a proposição de brises. O primeiro estudo paramétrico considerou duas possibilidades para cada fachada, a análise dos 4 cenários possíveis é demonstrada na figura 65.

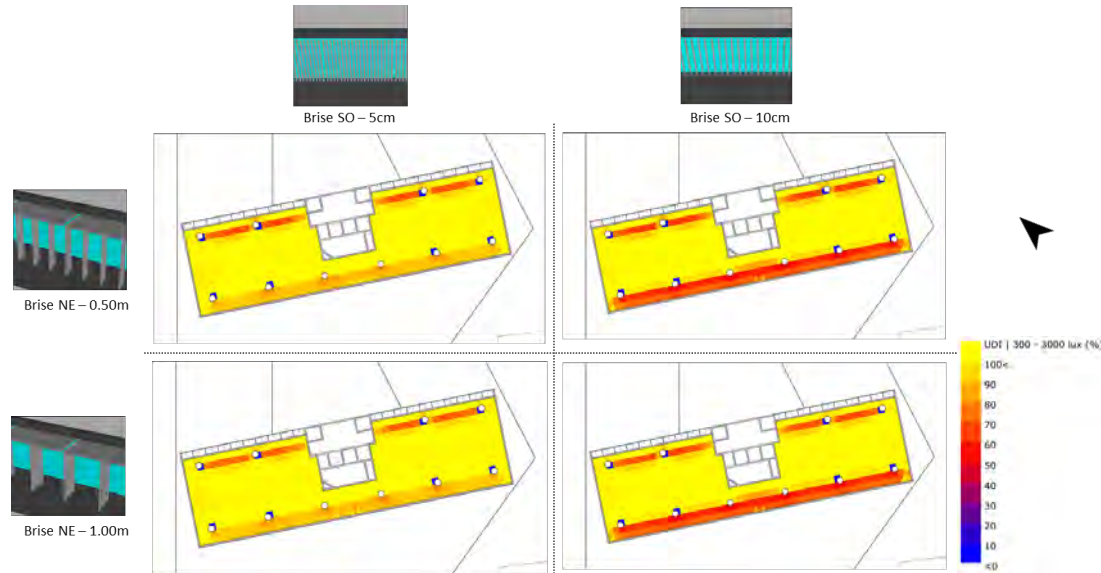


Figura 65: Comparativo de cenários pelo critério de UDI variando brises em ambas as fachadas  
Fonte: O autor

A partir dos resultados preliminares, foram feitos mais testes para o projeto dos brises considerando, além da eficiência de sombreamento, os aspectos estéticos deles para a composição da fachada do edifício. Principalmente na fachada SO na qual foi estudada uma composição com cheios e vazios criados por módulos de brises verticais e horizontais, a inspiração para esta composição se deu a partir do padrão do próprio Largo da Batata, que apresenta uma malha xadrez como principal aspecto paisagístico.

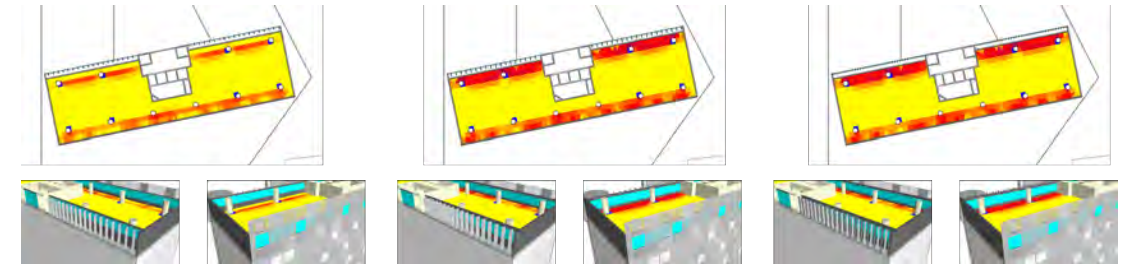


Figura 66: bla bla  
Fonte: O autor

Após os ensaios, chegou-se à escolha final da composição de brises para a Torre que integra o desempenho lumínico, o aspecto estético e sem bloquear totalmente a vista dos ocupantes, permitindo apreciar a paisagem da região. Considerando todos os pontos de análise, foi alcançada uma média de 89% das horas no ano que atendem a faixa estabelecida pelo UDI, sendo que alguns pontos apresentam índices inferiores por excesso de luz natural.

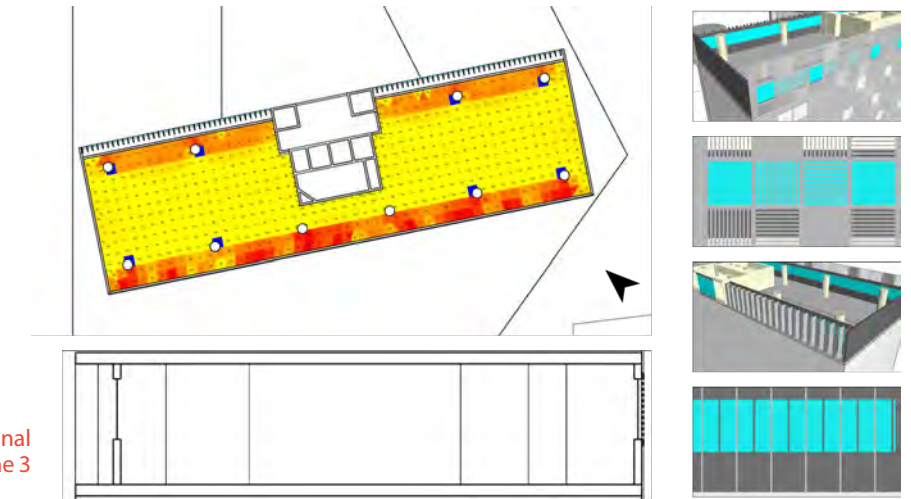


Figura 67: Projeto final dos brises do Volume 3  
Fonte: O autor

Considerando estes pontos em que há o potencial de ofuscamento no plano de trabalho e dada a questão do conforto adaptativo em que cada usuário tem uma percepção individual do ambiente que ocupa, foi considerada a possibilidade de persianas de rolo translúcidas que seriam operadas individualmente pelos ocupantes, garantindo uma maior margem de conforto. Para estudar esse cenário, foi considerada uma persiana barrando 50% da luz que entra pelas janelas.

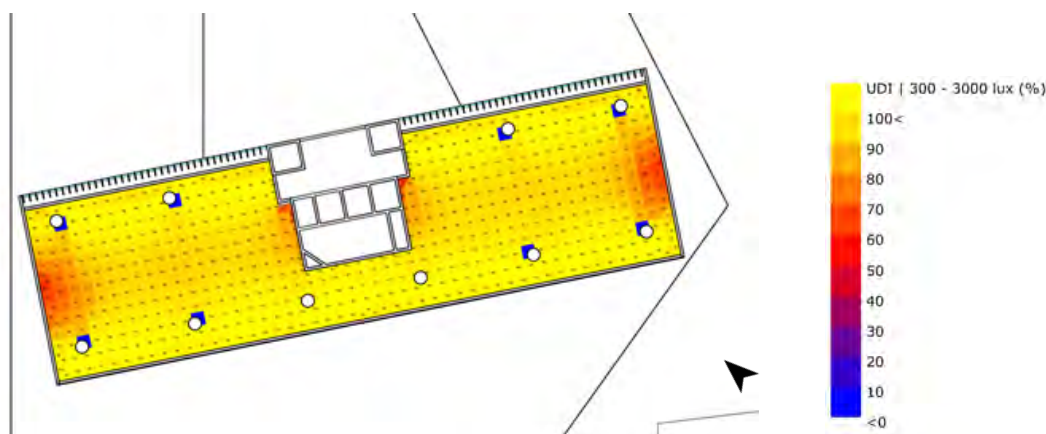


Figura 68: Desempenho lumínico do pavimento considerando persiana de 50% de transmitância  
Fonte: O autor

Com este cenário, é garantido em média 90% das horas no ano na faixa de conforto em toda a planta, sendo que os pontos com menor desempenho representam regiões próximas às empenas cegas em que há a falta de luz natural em algumas horas no ano. Logo, é possível concluir que uma composição dinâmica entre ambos os cenários, apresenta grandes chances de se obter índices acima de 95% das horas no ano em que há a autonomia das atividades exclusivamente por iluminação natural.

O mesmo processo foi replicado ao Volume 1 que, por apresentar cinco orientações distintas, seguiu um processo que já considerava toda a discussão referente ao Volume 3. Novamente, após alguns testes, optou-se por manter o recuo e dimensões de janela conforme o estudo anterior, essa decisão, além de pautada nos resultados das simulações, tem como objetivo manter uma conexão estética entre ambos os volumes.



Figura 69: Comparativo de cenários pelo critério de UDI variando parâmetros geométricos e brises  
Fonte: O autor

A proposição final para este volume apresenta cinco composições de fachadas distintas, porém somente a fachada SE se destaca das demais, nela foi adotada uma composição de brises verticais com aletas horizontais. Além dela, destaca-se o trecho da fachada oeste que foi adotada outra empena cega para a limitação de entrada de luz na planta, todas as outras fachadas são derivadas dos brises verticais adotados na Torre. A variação dá-se pelo espaçamento das aletas que é proporcional à quanto se quer limitar o excesso de luz na faixa próxima a fachada.

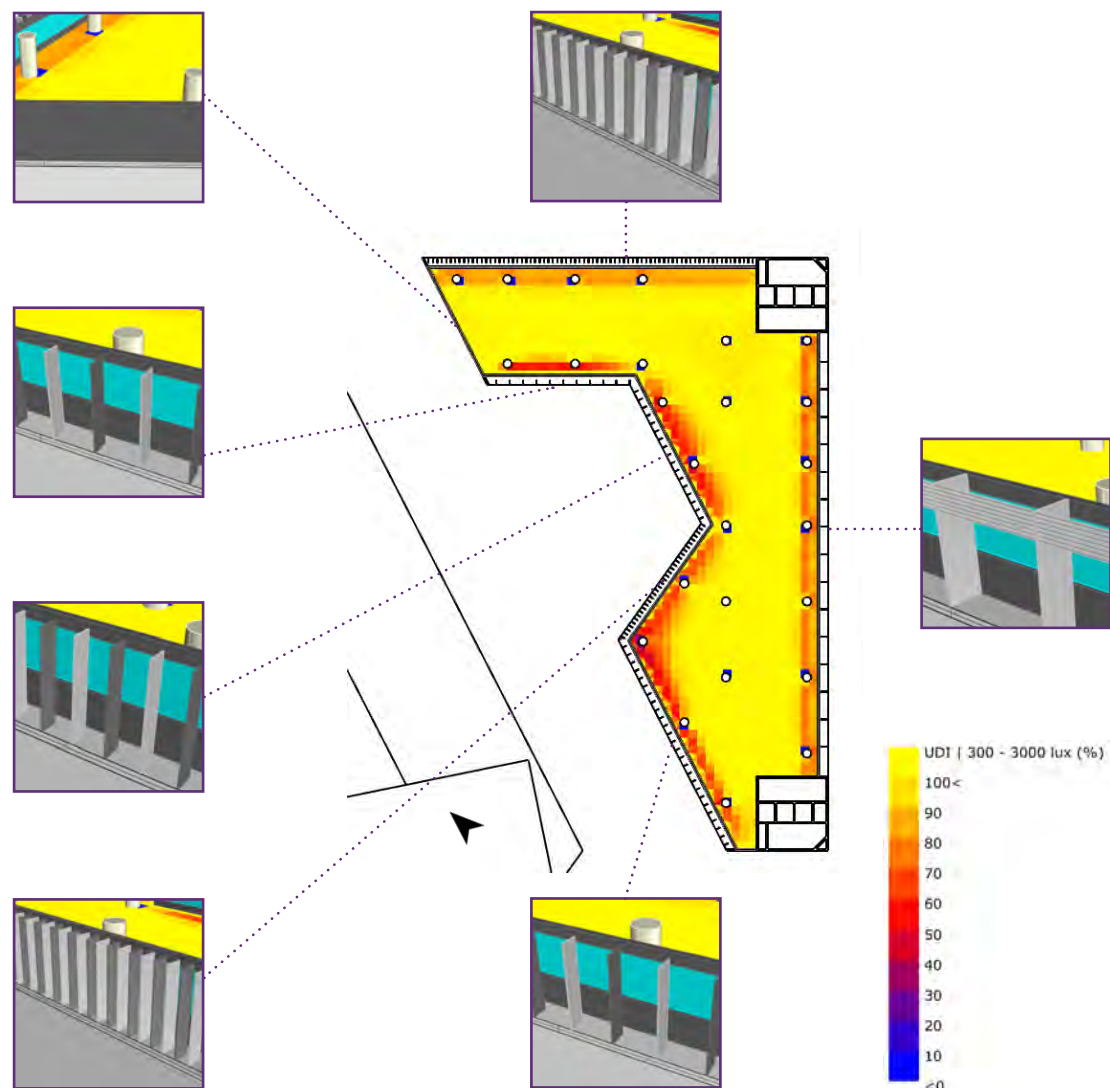


Figura 70: Projeto final dos brises do Volume 1  
Fonte: O autor

Novamente, foi alcançado com essa solução uma média de 89% de horas no ano dentro da faixa do UDI na planta, sendo identificados trechos em que há excesso de luz. Tal qual foi feito no Volume 3, estudou-se a inclusão de persianas com 50% de transmitância luminosa e obteve-se uma média de 88% de UDI com pontos em que há ausência de luz.

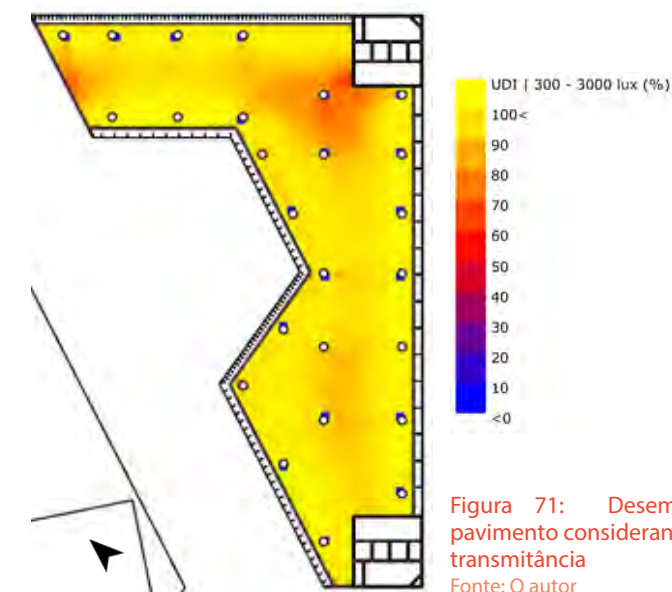


Figura 71: Desempenho lumínico do pavimento considerando persiana de 50% de transmitância  
Fonte: O autor

Com isso, conclui-se que para este volume, é possível alcançar altos índices de independência da iluminação em toda a planta, sendo o controle dos extremos feitos pelos próprios usuários, que definirão os índices de iluminância confortáveis para realizarem suas atividades adequadamente.

Por fim, foi feito o projeto de fachada para o Volume 2 que seguiu o mesmo procedimento de análise dos anteriores.

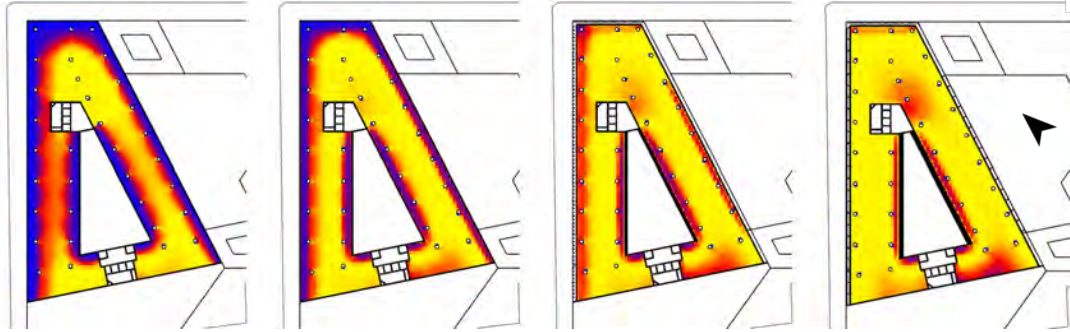


Figura 72: Comparativo de cenários pelo critério de UDI variando parâmetros geométricos e brises  
 Fonte: O autor

Novamente, foram adotadas diferentes estratégias de tratamento para cada fachada, incluindo as fachadas internas voltadas para o átrio. Deste volume, o diferencial que vale ser destacado é que ele está localizado abaixo das passarelas que conectam ambos os prédios. Sendo assim, os brises aplicados à fachada leste são interrompidos nos trechos em que as travessias fazem a função de um grande brise horizontal.

Neste caso, o índice médio do cenário base se deu com 86% das horas no ano atendendo ao critério do UDI, e destaca-se a região inferior da planta, que é limitada pelas paredes da circulação vertical e do teatro, criando uma região que, mesmo próximo à janela voltada para o átrio, não apresenta bons índices. Como o restante da planta apresentou ótimos índices, entende-se que esta área poderia ser destinada a usos que não impliquem em postos de trabalho fixos, pois caso existam, o conforto dos ocupantes deverá ser garantido com o uso de iluminação artificial em cerca de 40% das horas do ano.

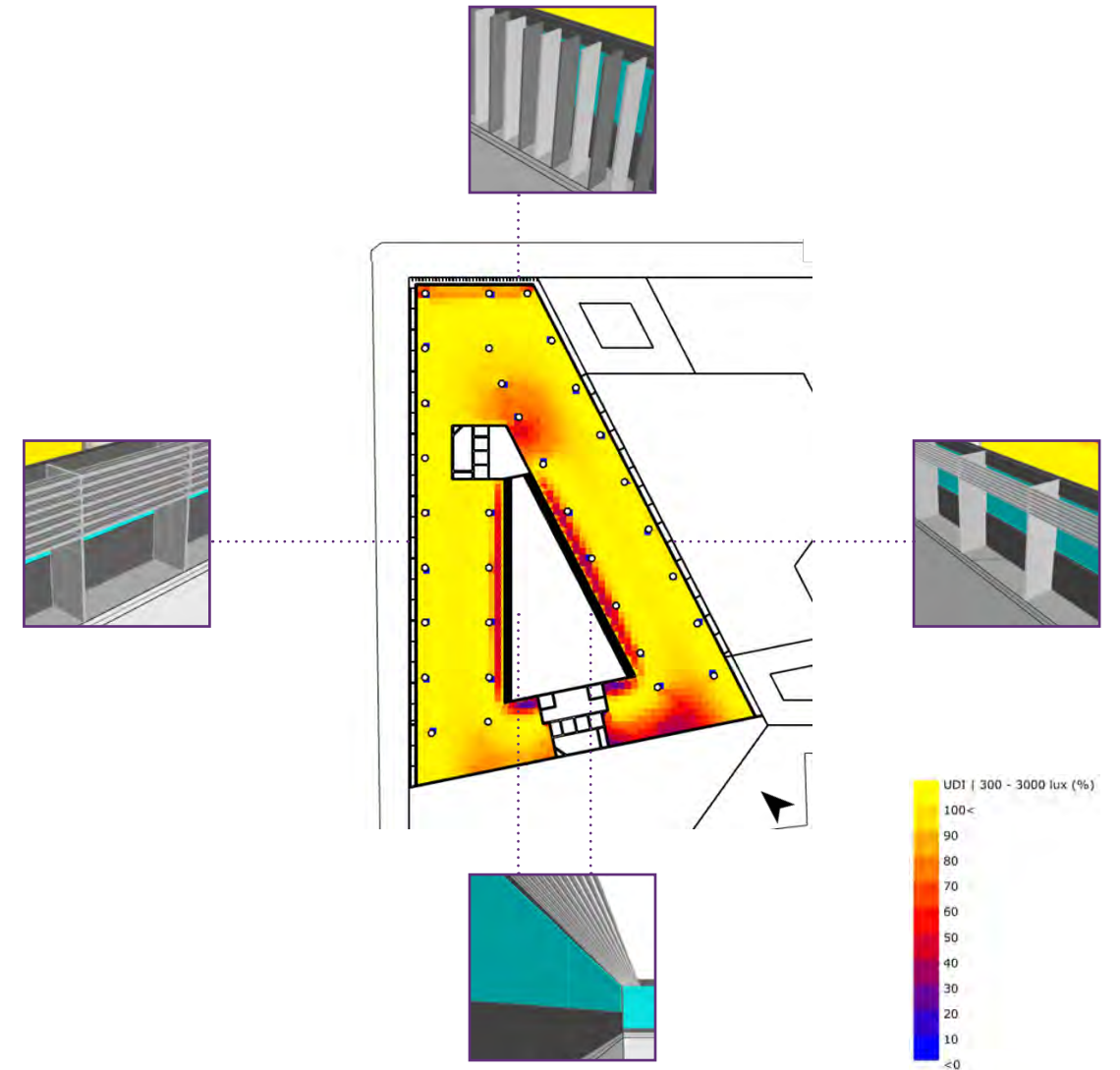


Figura 73: Projeto final dos brises do Volume 1  
 Fonte: O autor

Como o estudo com persianas foi realizado para os volumes anteriores, ele foi replicado neste volume, mesmo os indícios apontando que não seriam necessárias persianas. Conforme o esperado, com elas o desempenho médio na planta cai para 65% e as regiões com pouca luz natural se destacam.

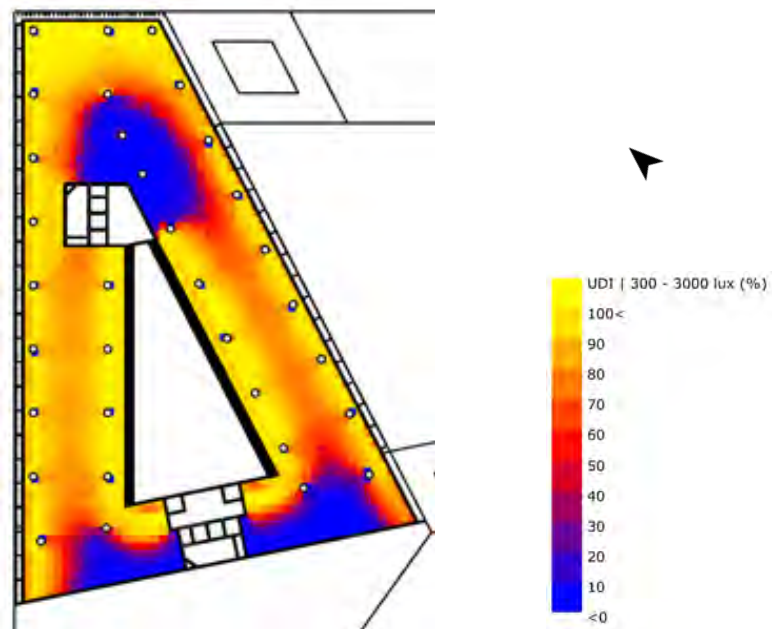
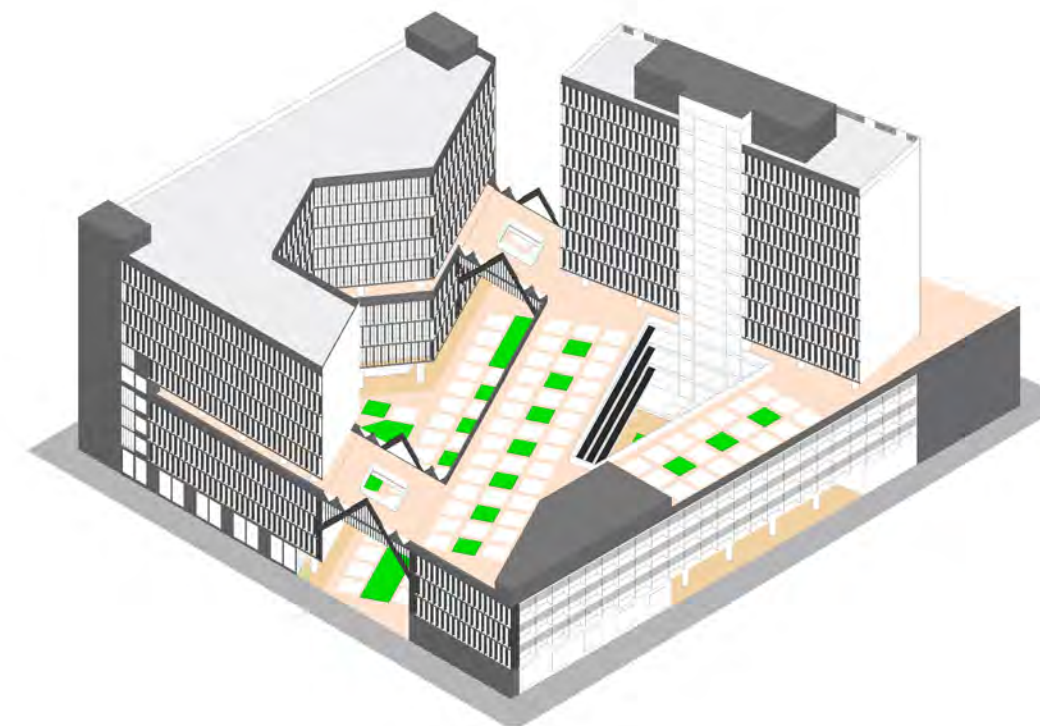


Figura 74: Desempenho luminoso do pavimento considerando persiana de 50% de transmitância  
Fonte: O autor

### 6.3. Desenhos

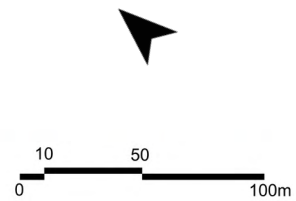
Após a finalização do projeto de tratamento de fachada, foram elaborados os desenhos e imagens finais de apresentação do projeto, aplicando não só as questões técnicas envolvidas mas também todo o aspecto estético e de inserção do projeto no contexto do Largo da Batata.



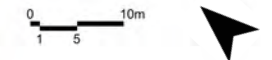
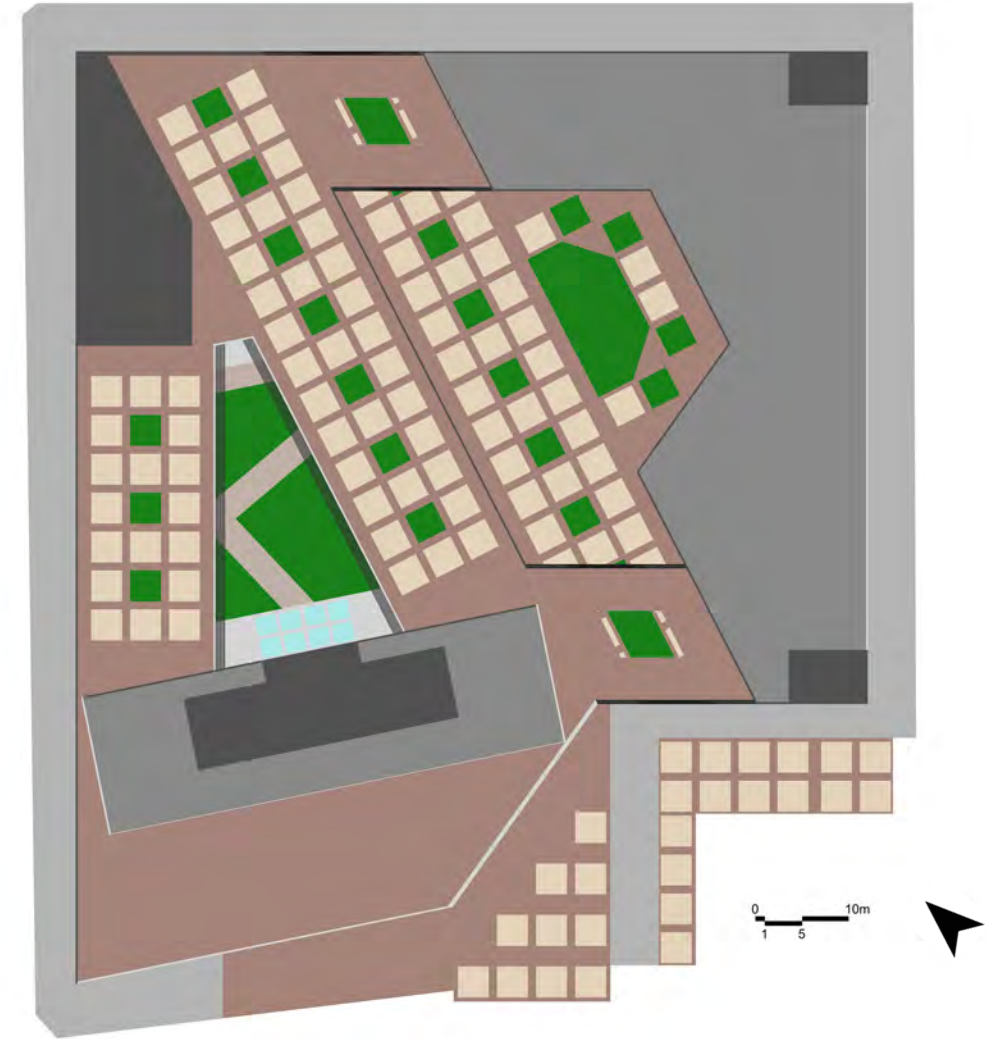
Perspectiva isométrica



O projeto do térreo e da praça elevada teve como objetivo replicar a padronização da malha no piso do Largo da Batata, inserindo o edifício em seu contexto



Situação



Implantação

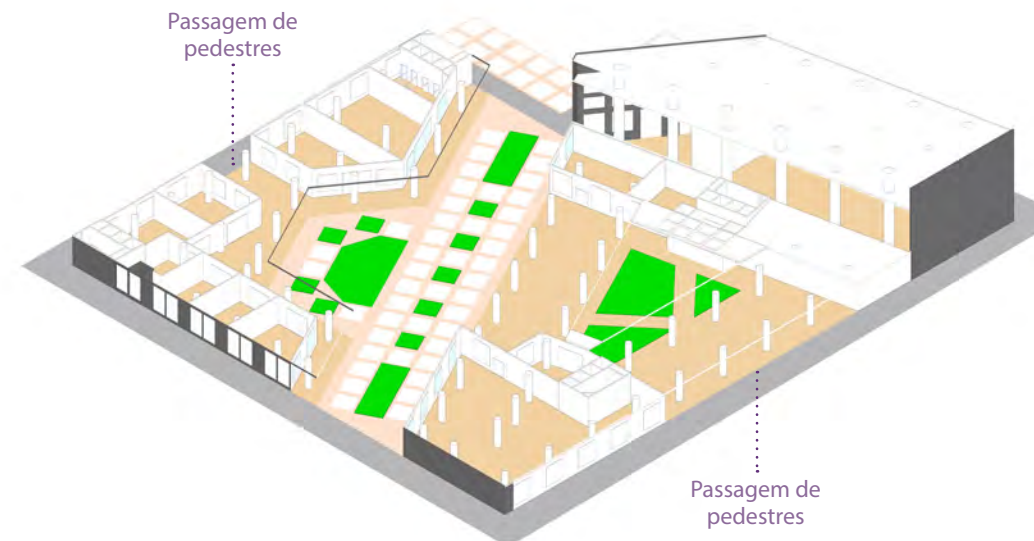


Hall<sub>1</sub> = acesso à Praça Elevada  
 Hall<sub>2</sub> = acesso aos escritórios

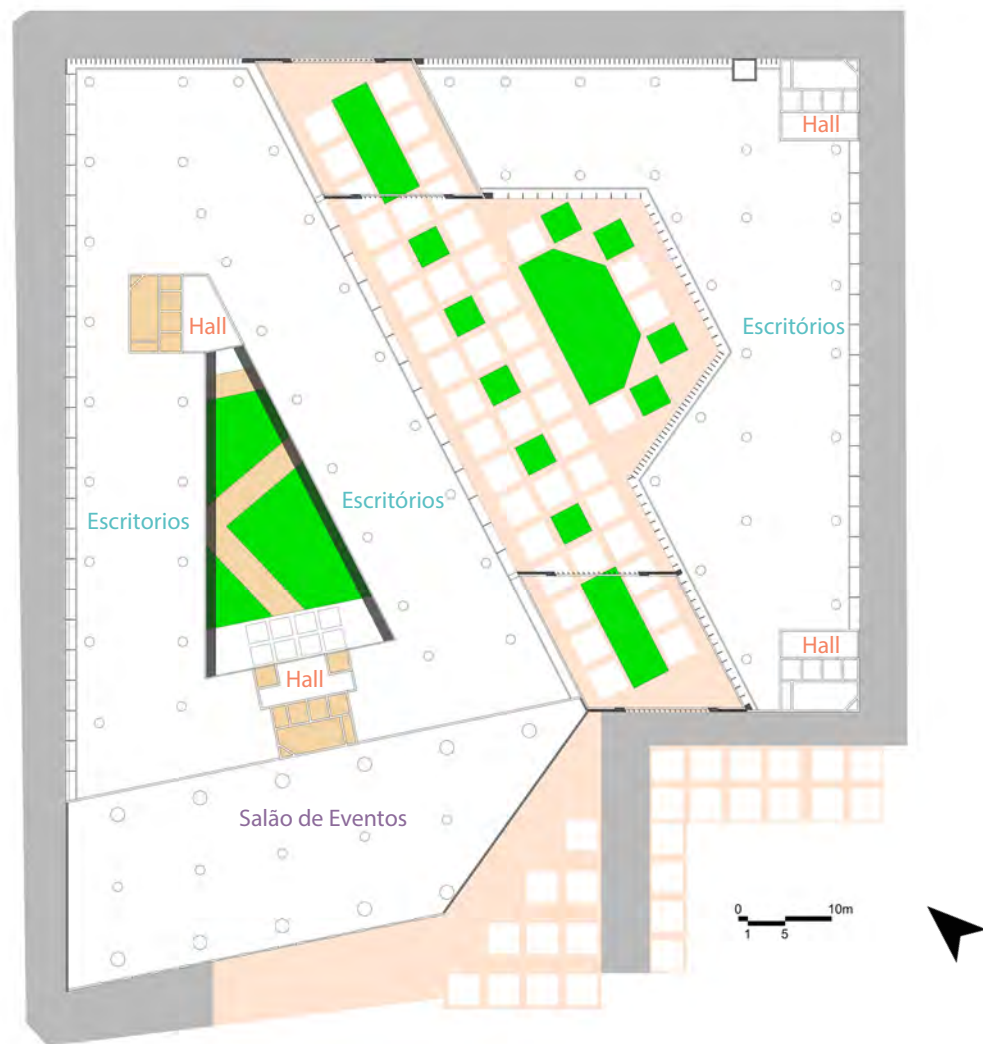
Planta Térreo

O projeto apresenta duas praças internas no Térreo com acesso público aos pedestres através das diversas passagens que cruzam o terreno. Halls exclusivos para acessar a praça elevada separam os fluxos dedicando circulações verticais exclusivas às torres de escritórios

As fachadas das lojas no Volume 2 possuem um recuo para proteger a circulação de pedestres em dias de chuva, permitindo percorrer o lote de ponta a ponta em áreas cobertas

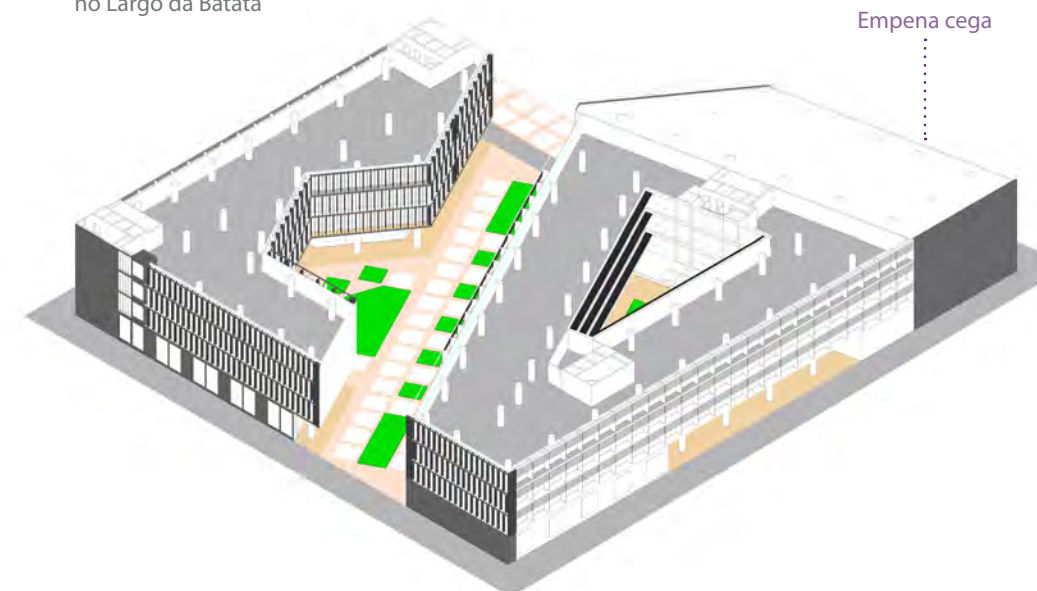


Isométrica Térreo



Planta 3º pavimento

A localização do teatro e do salão de eventos foi projetada de modo a afastar os escritórios mais baixos do ruído no Largo da Batata e Av. Brg. Faria Lima. Com isso, foi criada uma grande empena cega que permite intervenções artísticas e culturais conectadas a atividades que ocorram no Largo da Batata

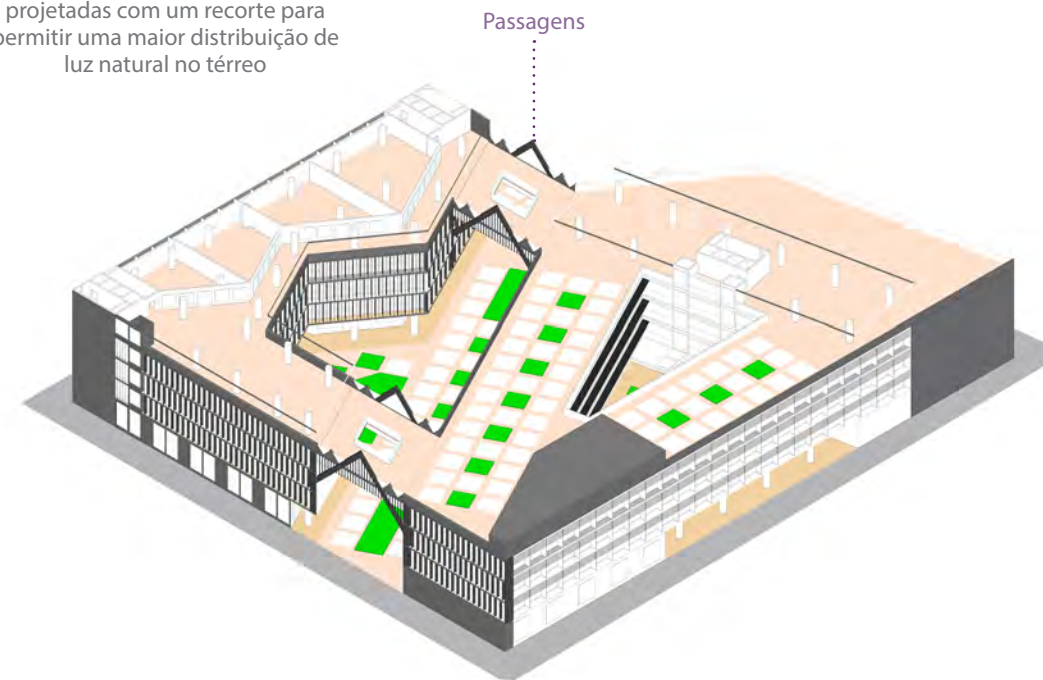


Isométrica 3º pavimento

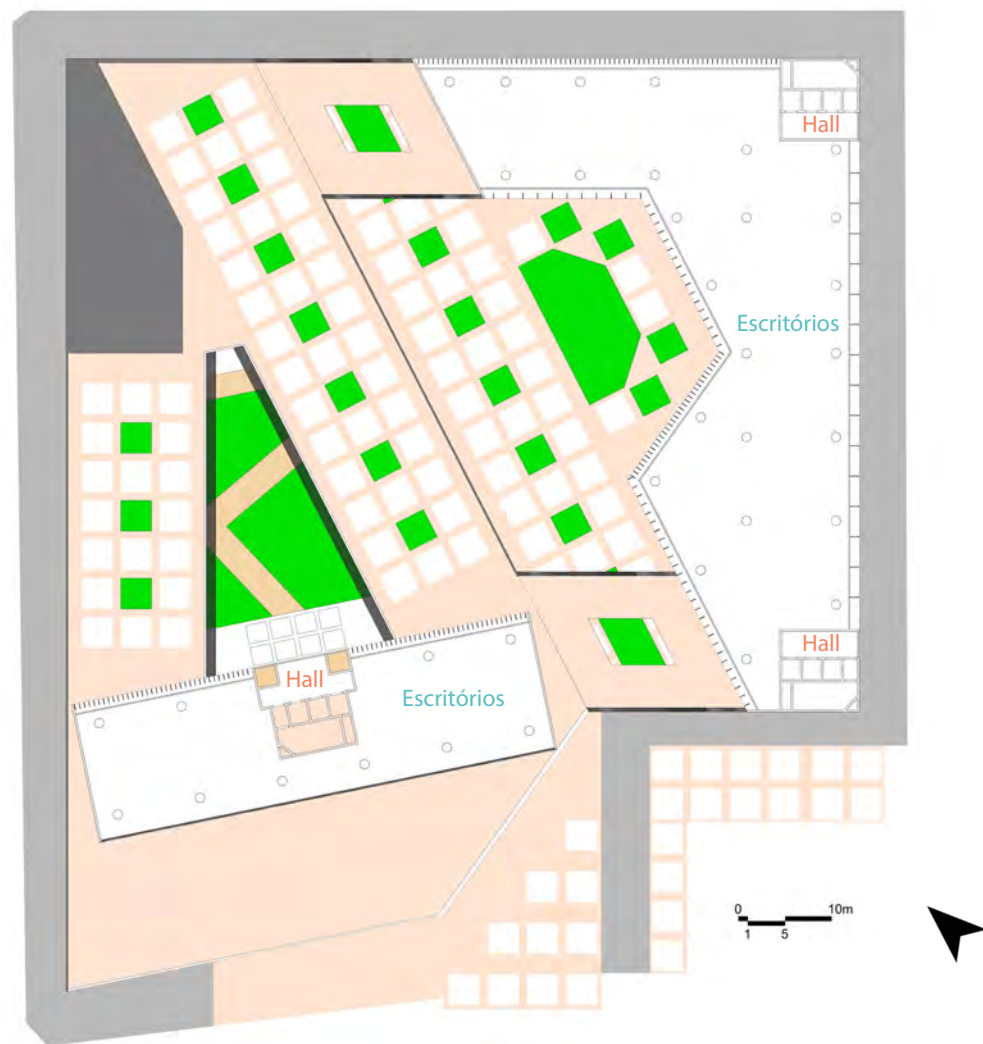


Planta 4º pavimento

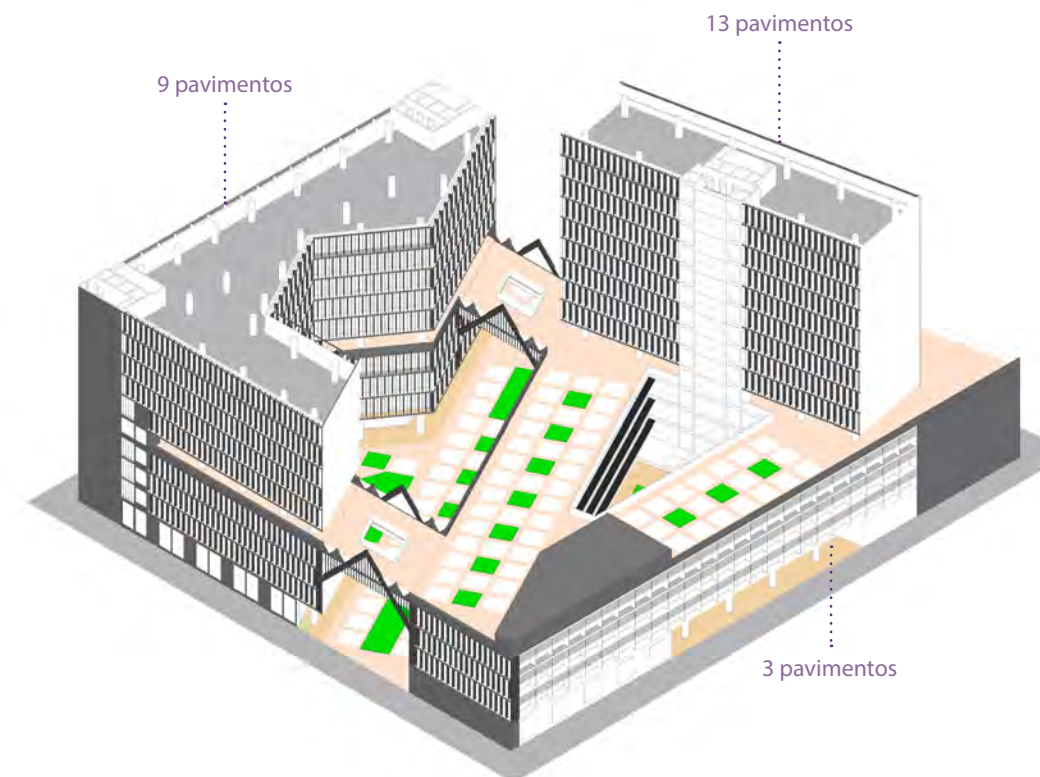
O Design das passagens foi inspirado na imagem da Cooperativa Cotia que residia no terreno, a estrutura triangular é referência aos lanternins do antigo galpão. Elas foram projetadas com um recorte para permitir uma maior distribuição de luz natural no térreo



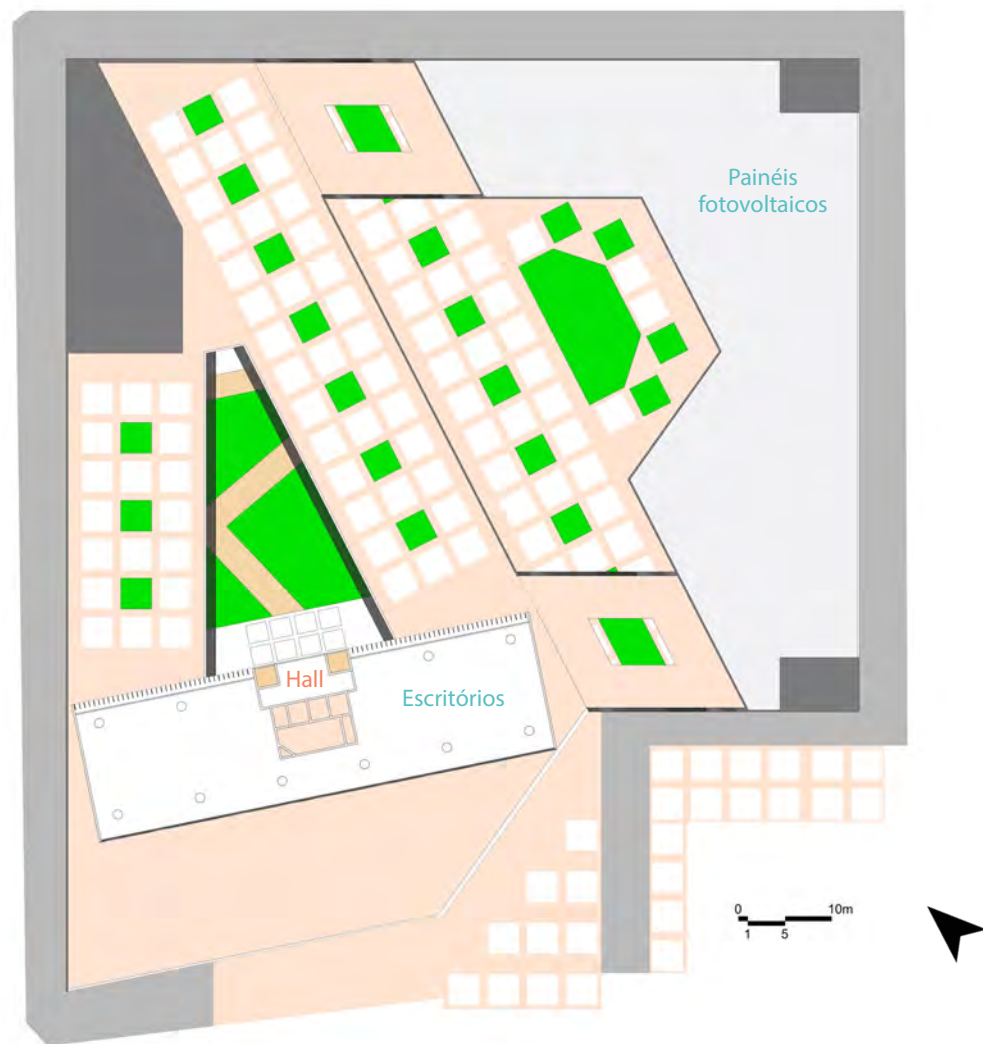
Isométrica 4º pavimento



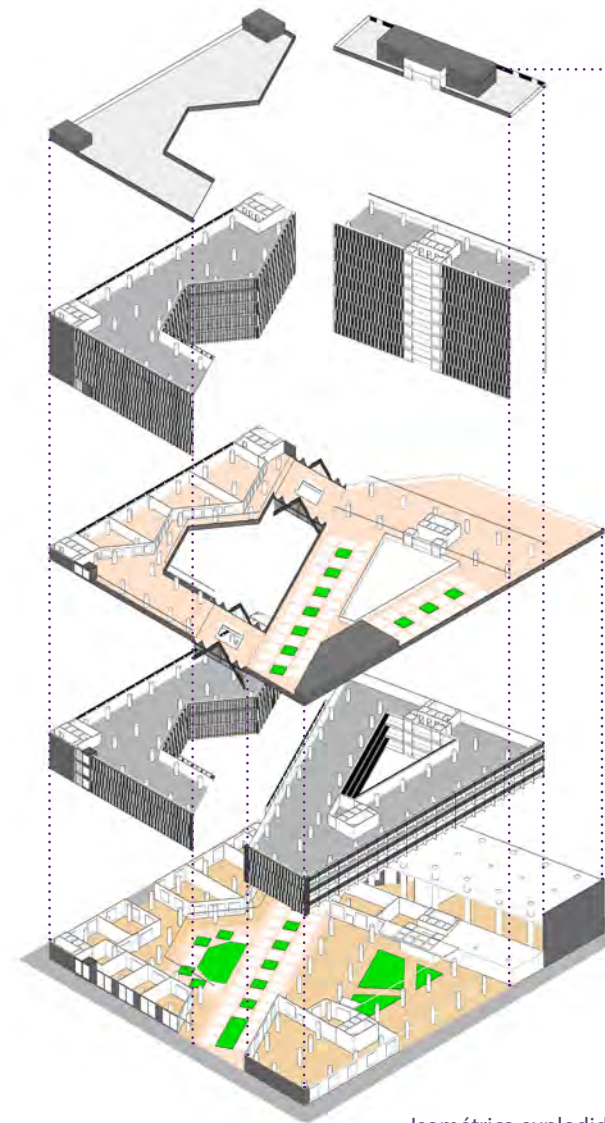
Planta 9º pavimento



Isométrica dos últimos pavimentos de escritórios



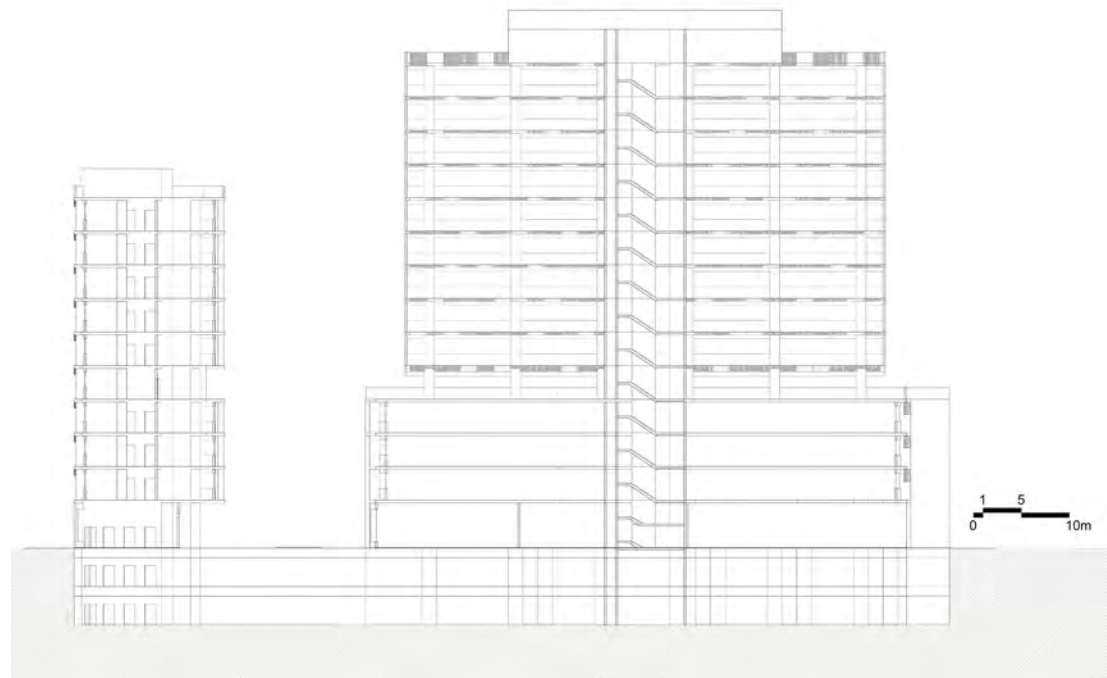
Planta 13º pavimento



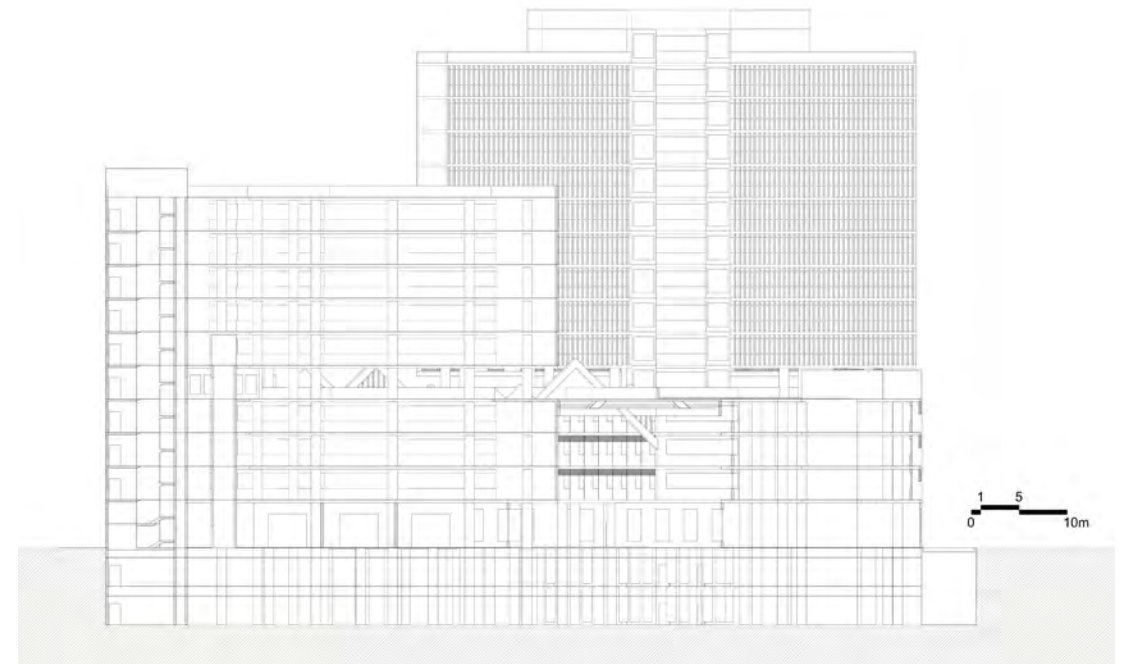
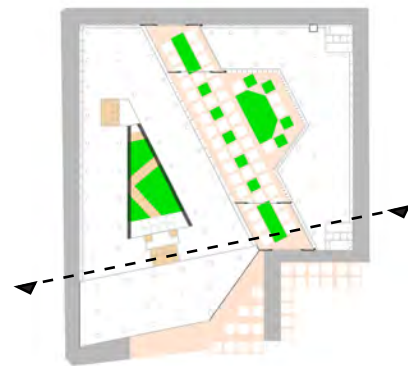
Mirante e restaurante

Amboas as circulações verticais para a Praça Elvada são compostas por elevadores panorâmicos sendo que o principal, no Volume 2, conecta o Térreo, o 4º pavimento e a Cobertura, onde estará localizado o restaurante com mirante para a região

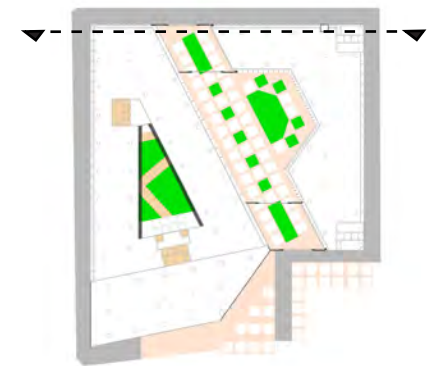
Isométrica explodida

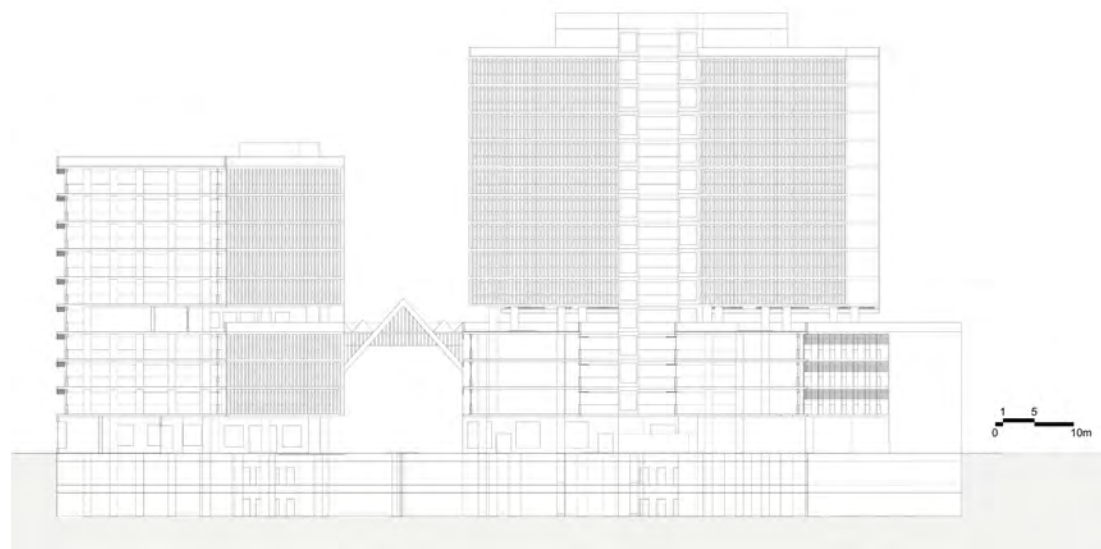


Corte AA

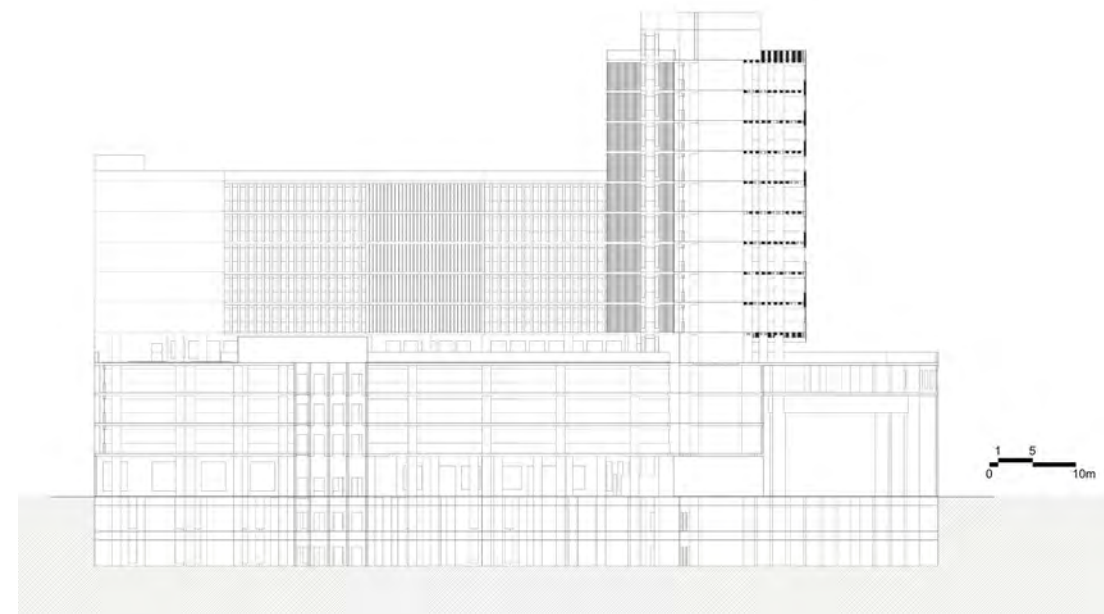


Corte BB

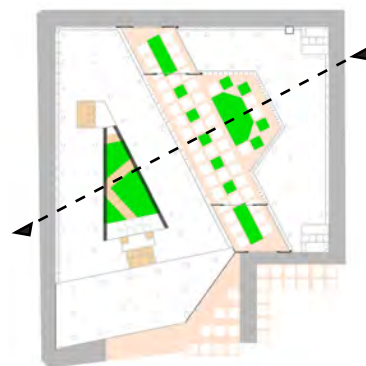


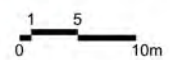
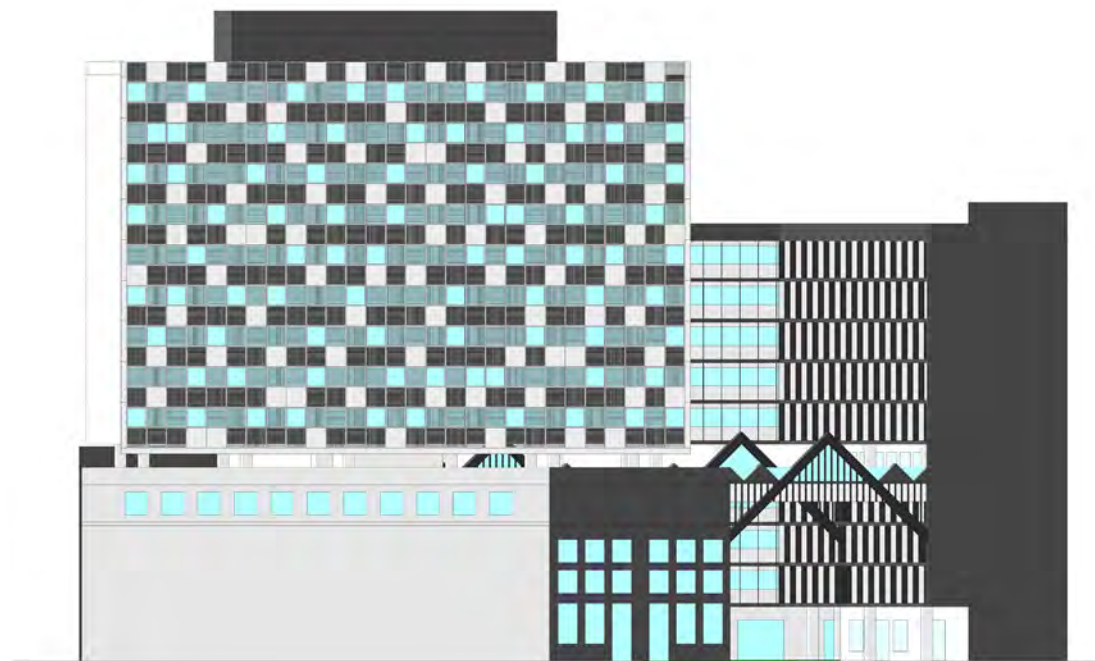


Corte CC

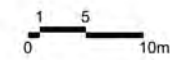
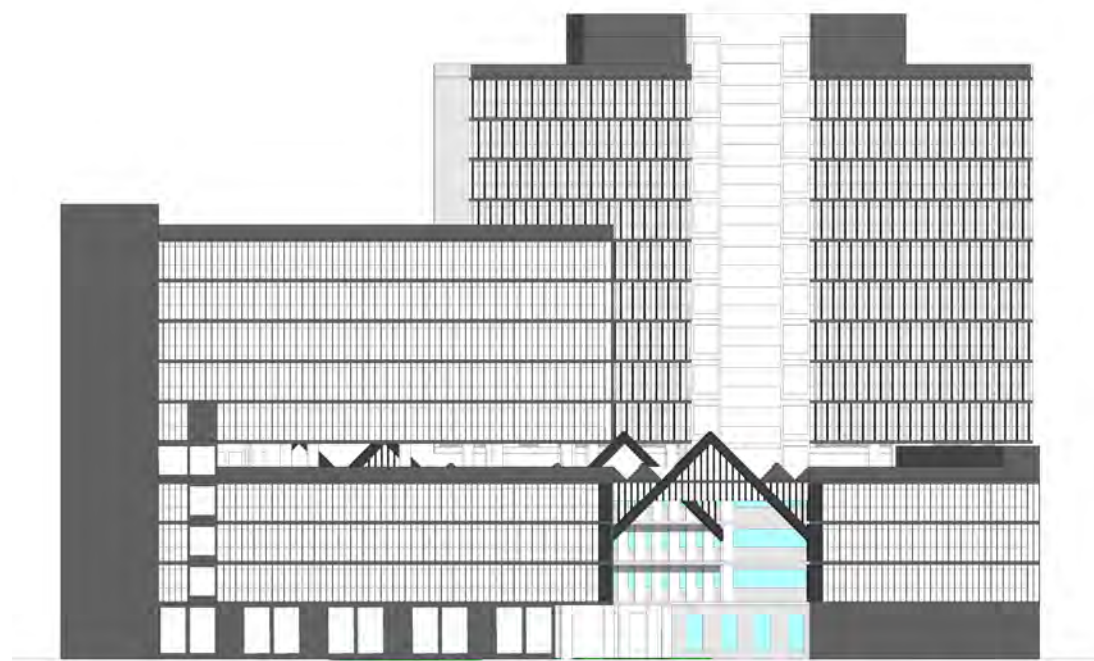


Corte DD

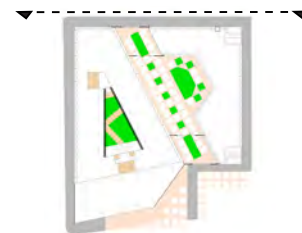


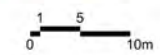
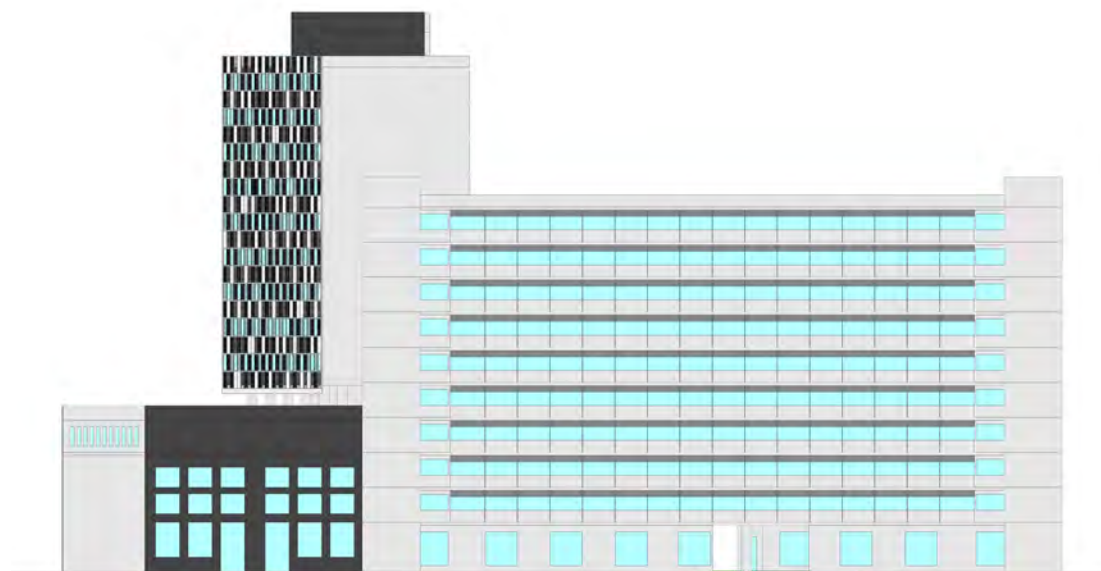


Elevação frontal

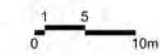
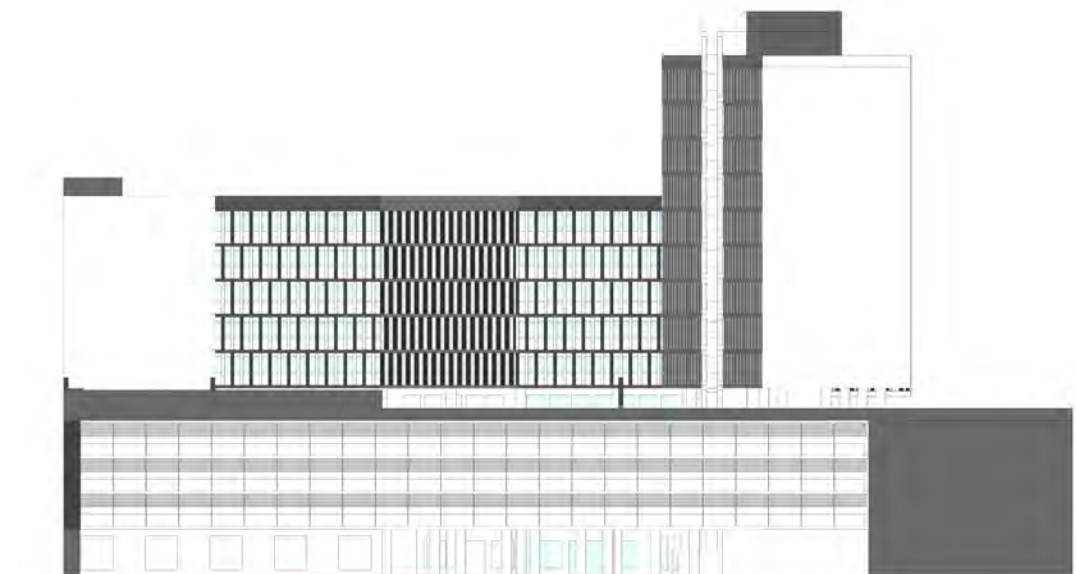
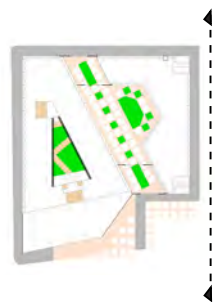


Elevação posterior





Elevação direita



Elevação esquerda





Vista norte



Vista oeste



Vista sul



Vista leste



Acesso nordeste



Acesso sudeste



Acesso sudoeste



Acesso noroeste



Térreo | Rua interna



Térreo | Rua interna



Praça elevada | Volume 2



Praça elevada | Volume 1



Estudo de layout interno 1



Estudo de layout interno 2



Estudo de layout interno 3





Vista noturna | Fachada principal



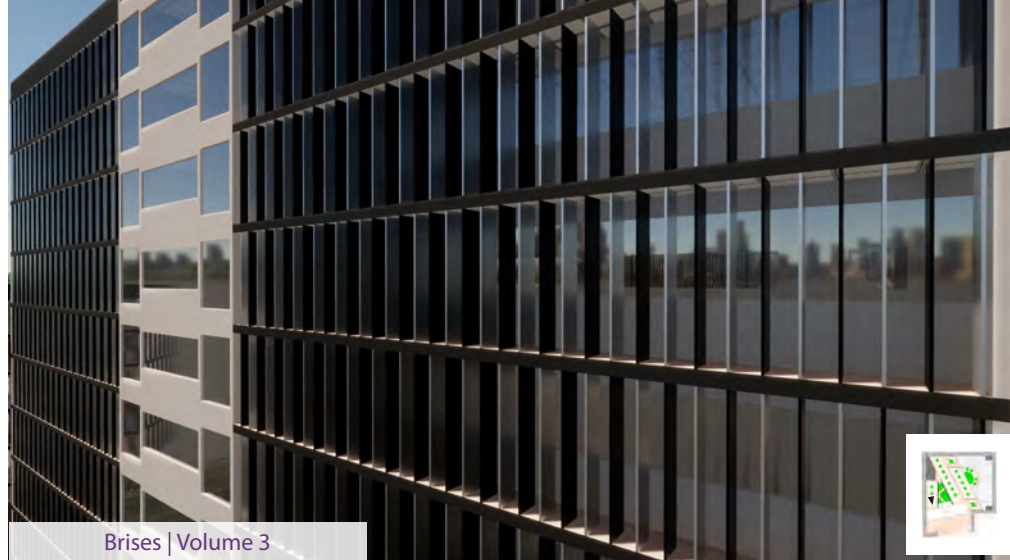
Vista noturna | Mirante da torre



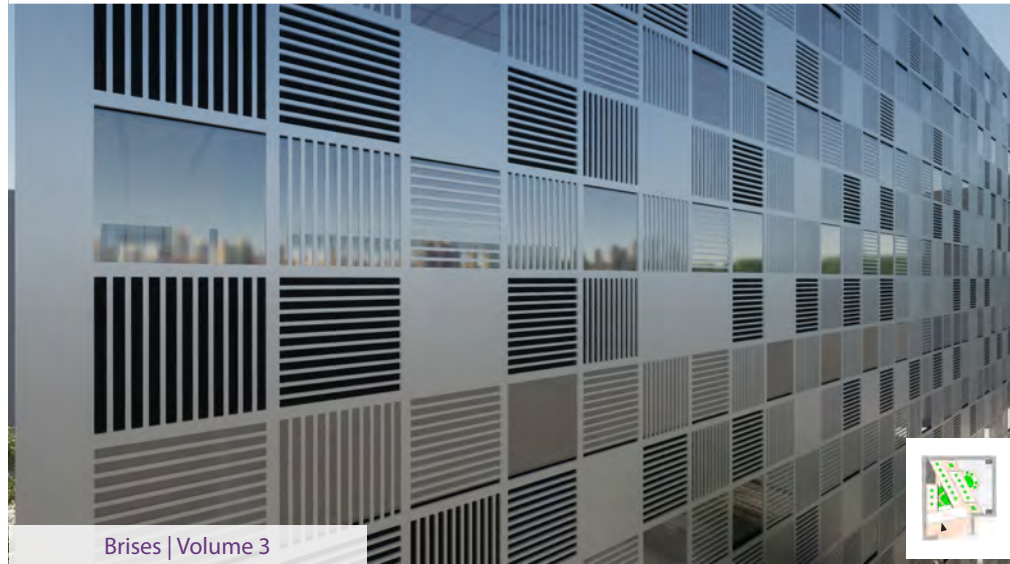
Vista noturna | Praça Interna



Vista noturna | Praça elevada



Brises | Volume 3



Brises | Volume 3



Brises | Volume 2

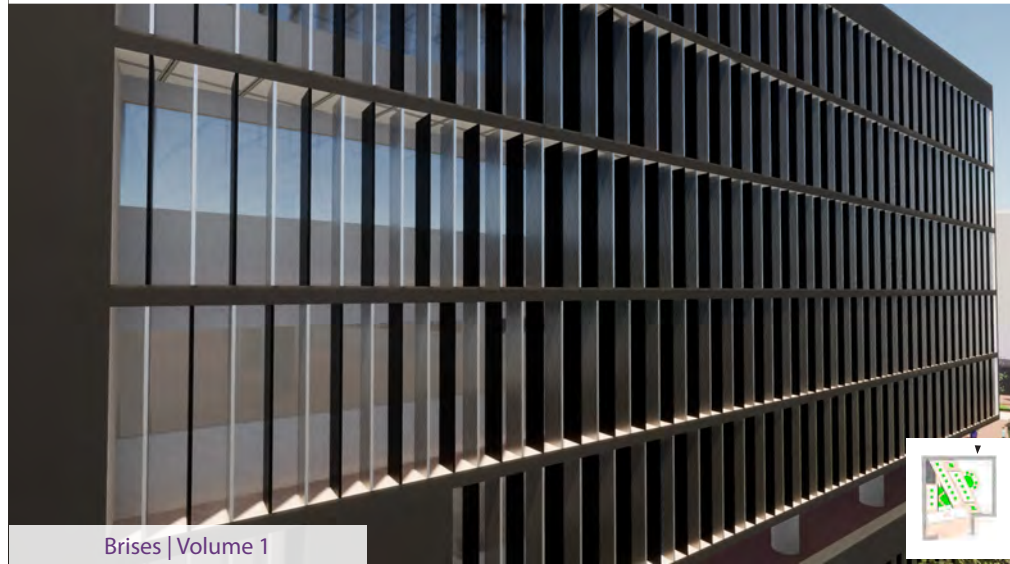


Brises | Volume 2

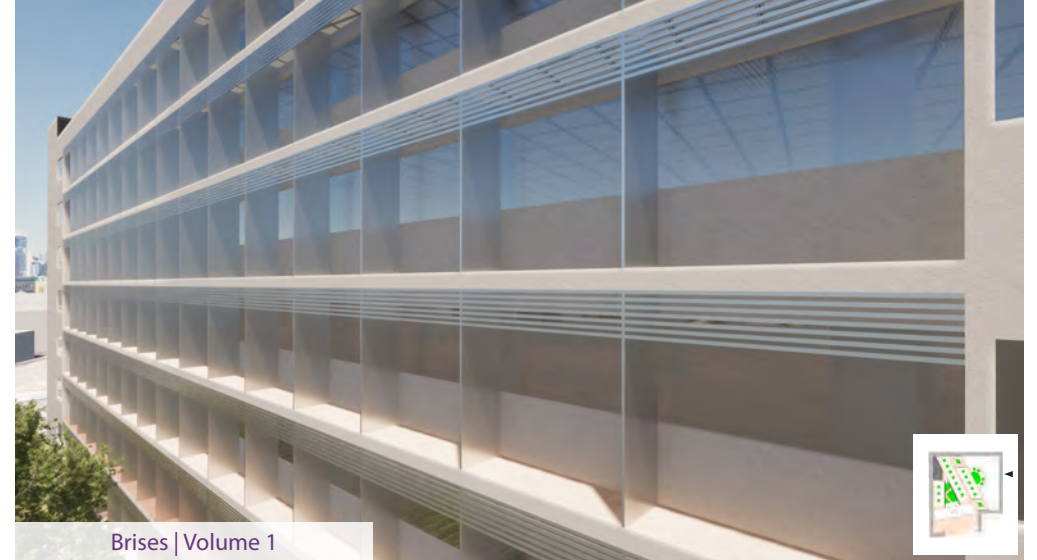




Brises | Volume 2



Brises | Volume 1



Brises | Volume 1



Brises | Volume 1



21/06 | 08h



21/06 | 10h



21/06 | 12h



21/06 | 14h



21/06 | 16h



21/12 | 08h



21/12 | 10h



21/12 | 12h



21/12 | 14h



21/12 | 16h

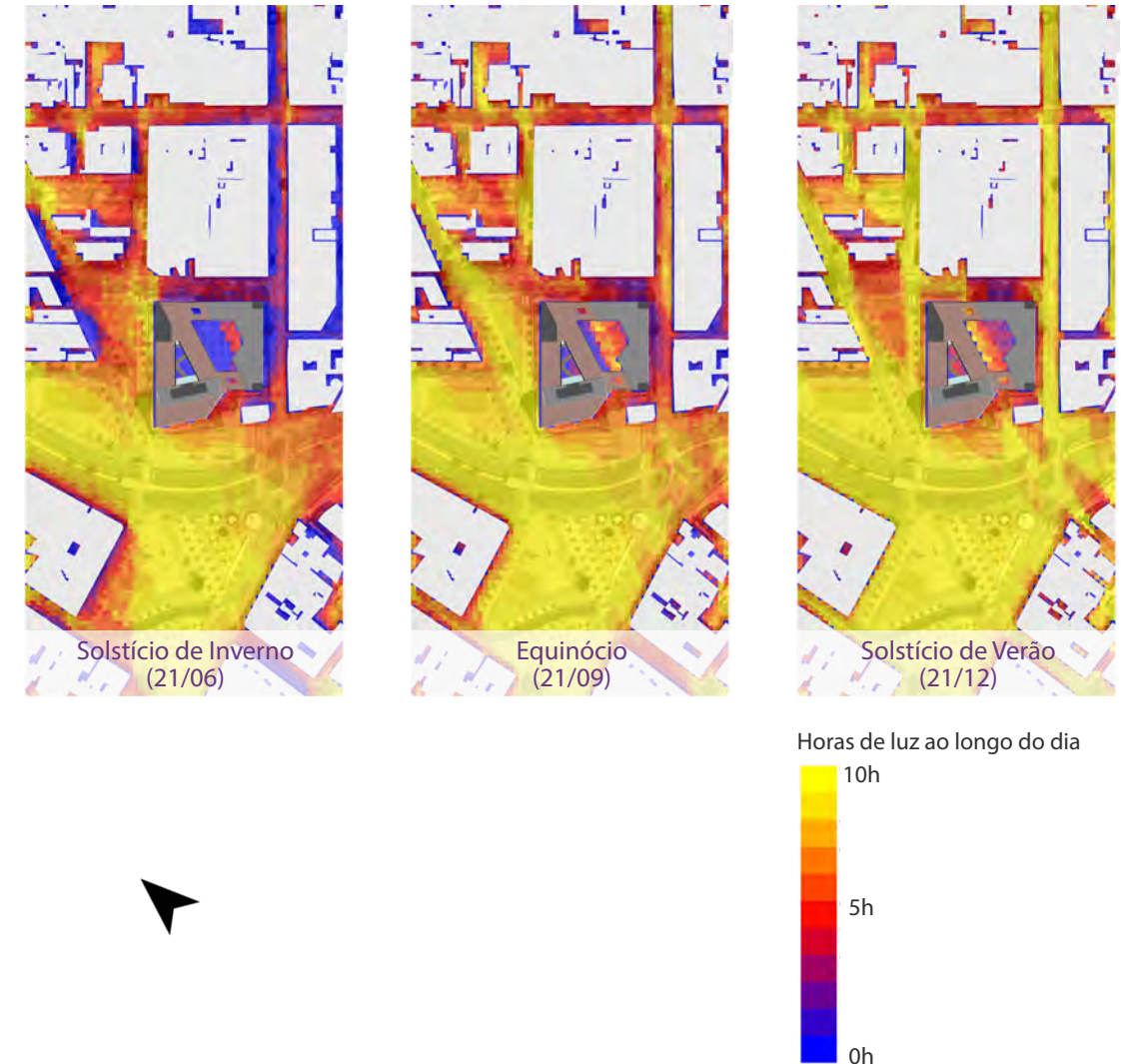
## 6.4. Avaliação de Conforto Lumínico

Concluído o projeto, foram elaboradas as análises finais de conforto lumínico e interação do edifício com a luz natural. Estes estudos visam avaliar se houve grandes impactos nos ambientes após as alterações no aspecto estético da arquitetura, como por exemplo mudanças nas cores dos pisos e brises, e após o design das travessias entre volumes. Para essa avaliação, foram realizados 3 estudos distintos em diferentes condições:

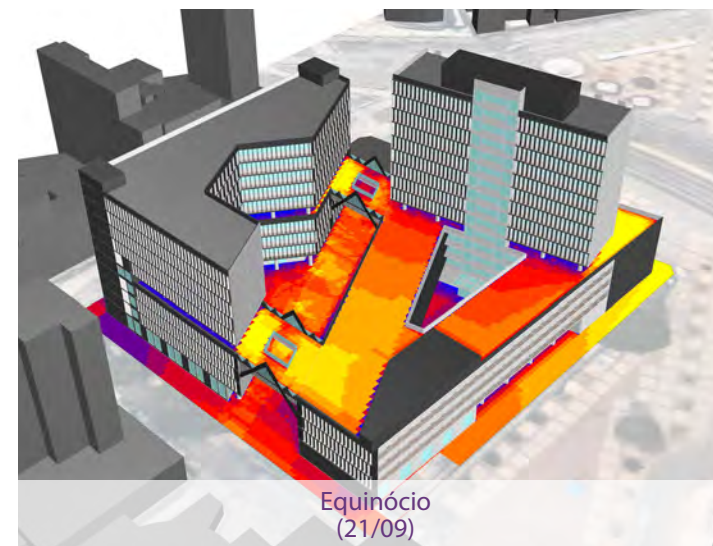
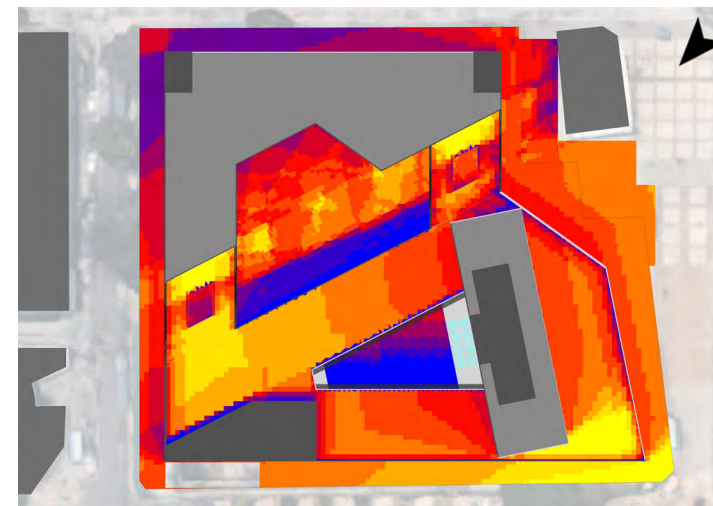
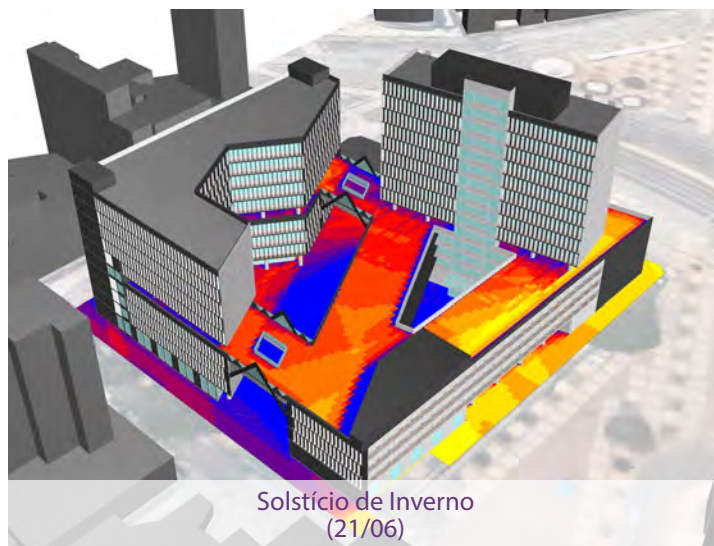
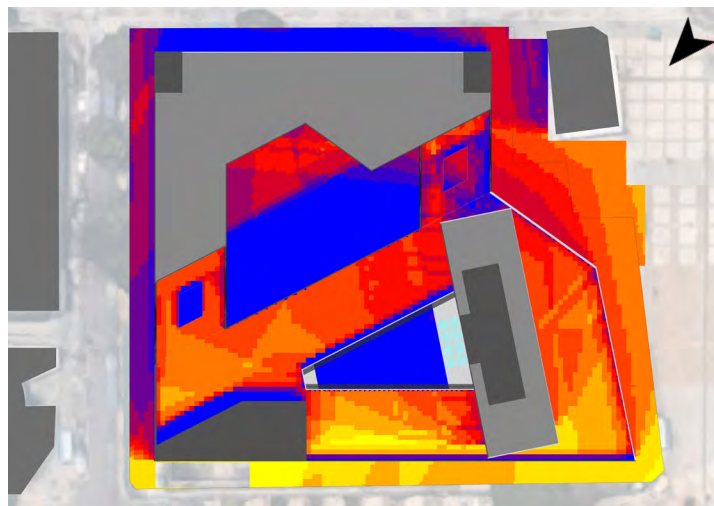
1. Análise de horas de sol nas ruas do entorno, para avaliar as condições após a execução do projeto;
2. Análise de horas de sol nos pavimentos Térreo e Praça Elevada, para avaliar o impacto dos recuos e átrios adotados;
3. Análises anuais de desempenho lumínico no primeiro e último pavimentos de cada volume, para este estudo, foram adotados 3 métodos distintos:
  - I. O primeiro visa avaliar o desempenho do edifício conforme a normativa brasileira NBR 8995:2013 que exige no mínimo 500 lux no plano de trabalho, para isto será utilizado o método  $DA_{500lux}$  que indicará a porcentagem de horas no ano em que a norma é atendida exclusivamente com a luz natural;
  - II. O segundo é a avaliação de UDI verificando a porcentagem de horas no ano em cada uma das faixas de avaliação, ou seja, abaixo de 300 lux; entre 300 e 3.000 lux e acima de 3.000 lux;
  - III. Por fim, o método  $sDA_{300lux/50\%}$  que representa a porcentagem de área em planta que possui índices de iluminância acima de 300 lux por mais de 50% das horas do ano.

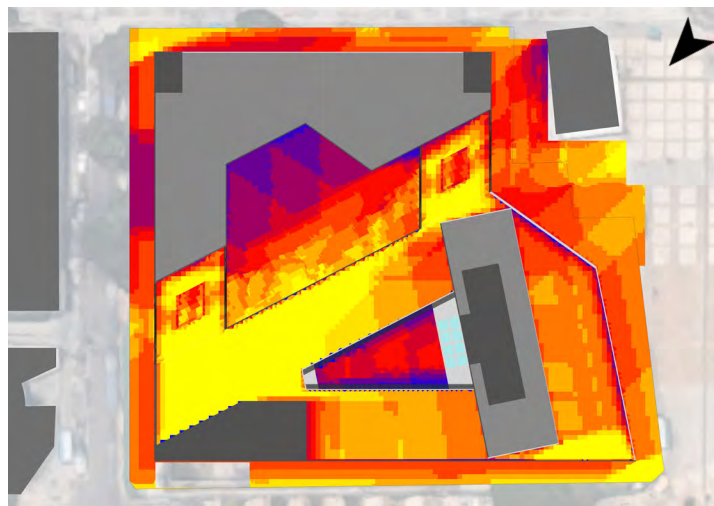
Com isso, será possível aferir todos os âmbitos de desempenho lumínico priorizados desde o princípio para este projeto.

- Horas de luz do sol no nível do pedestre em três dias típicos do ano



- Horas de luz do sol nos pavimentos públicos em três dias típicos do ano





- **Análises anuais de desempenho lumínico nos pavimentos do edifício**

As análises de horas de sol tenham comprovado que os recuos e afastamentos, principalmente entre os volumes 1 e 2, permitiram que o térreo possuísse uma quantidade considerável de luz direta, principalmente no verão. Além disso, a praça elevada apresenta uma diversidade de espaços que possibilitam o pedestre escolher entre pontos mais ou menos expostos, incentivando a permanência deles neste pavimento.

Contudo, esta análise não é suficiente para avaliar o desempenho lumínico dos escritórios, que são o foco deste projeto, sendo assim, os estudos a seguir foram elaborados não só pela verificação do desempenho nos pavimentos, mas para concluir todo o processo de projeto e desenvolvimento deste trabalho.

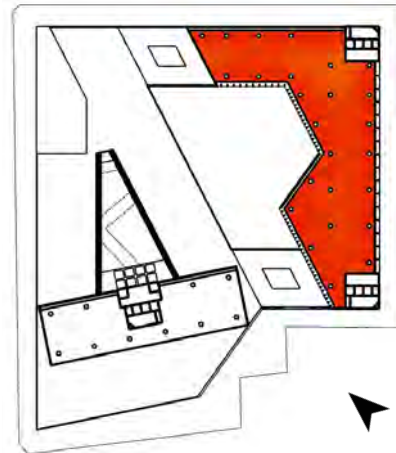
Para os estudos a seguir, foram adotadas as seguintes características dos materiais:

COMPONENTE	DEFINIÇÃO	REFLETÂNCIA
Fachada	Cor clara	0,70
	Cor escura	0,30
Parede interna	Branco	0,80
	Cor clara	0,70
Piso	Cor clara	0,70
	Cor média	0,50
Brise	Cor clara	0,70
	Cor escura	0,30
Forro	Cor branca	0,80

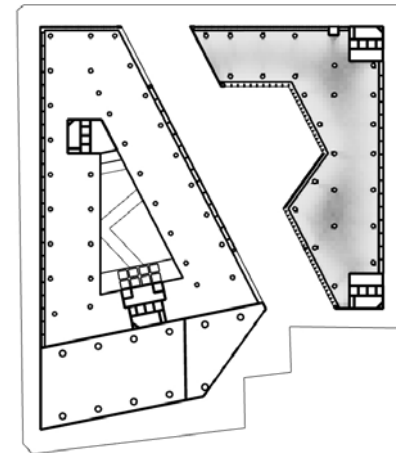
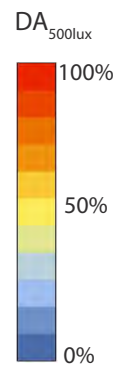
COMPONENTE	DEFINIÇÃO	TRANSMITÂNCIA
Janela	Vidro simples	0,80



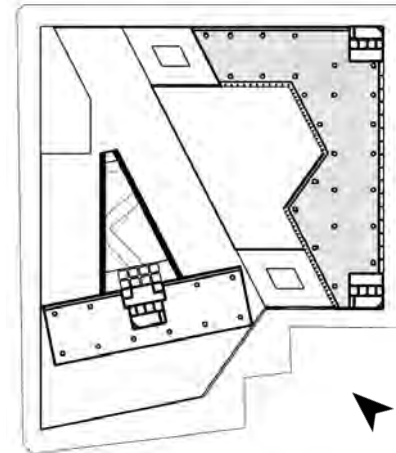
Volume 1 | 1º pavimento



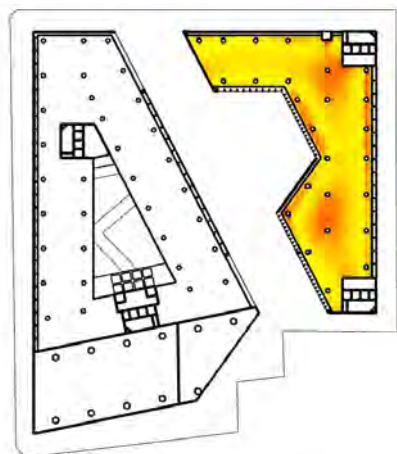
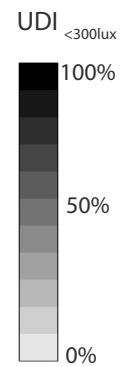
Volume 1 | 9º pavimento



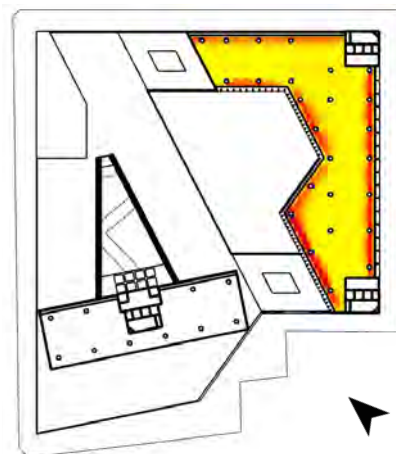
Volume 1 | 1º pavimento



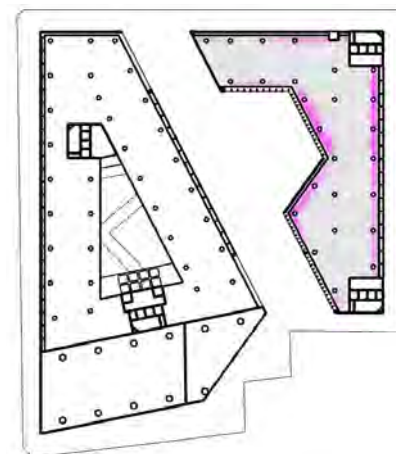
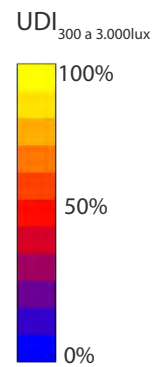
Volume 1 | 9º pavimento



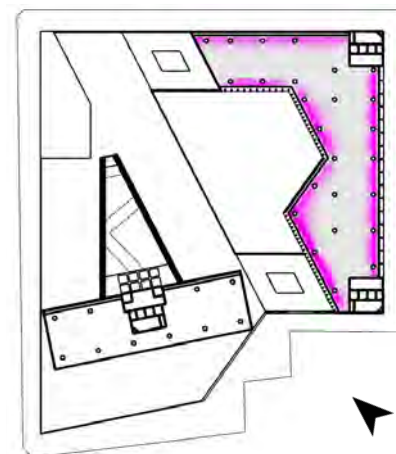
Volume 1 | 1º pavimento



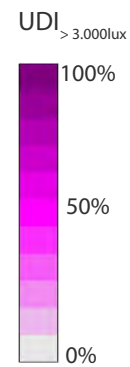
Volume 1 | 9º pavimento

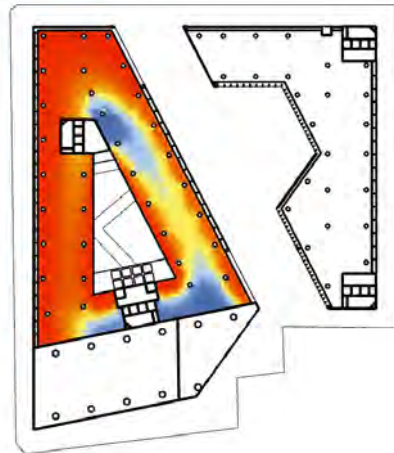


Volume 1 | 1º pavimento

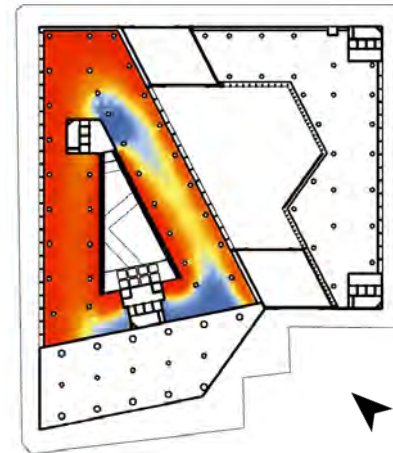


Volume 1 | 9º pavimento

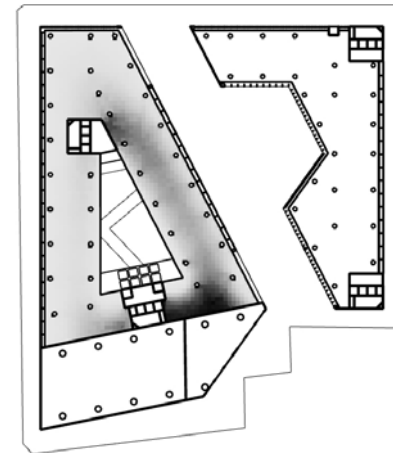
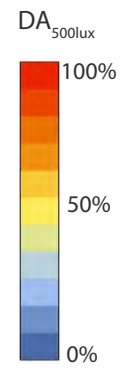




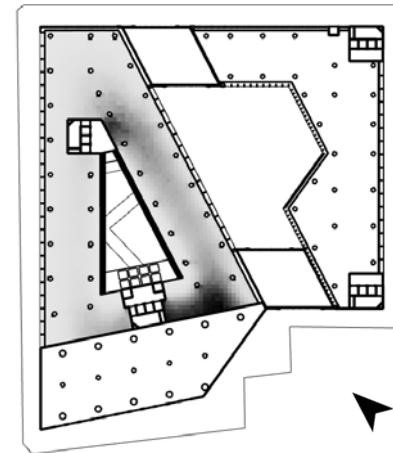
Volume 2 | 1° pavimento



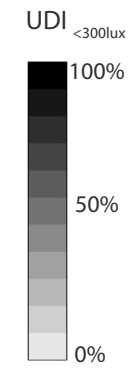
Volume 2 | 3° pavimento



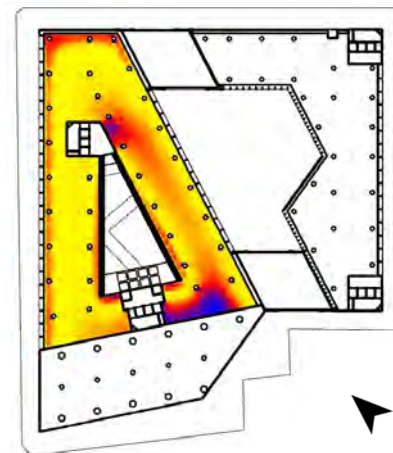
Volume 2 | 1° pavimento



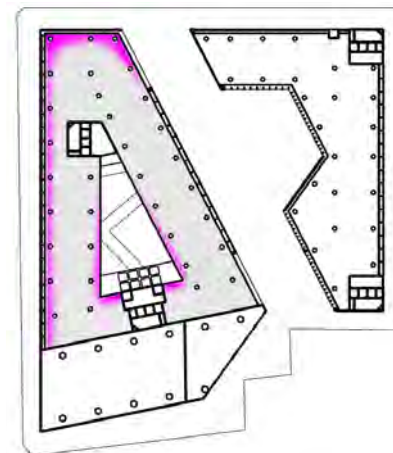
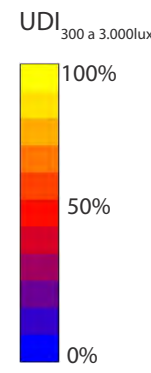
Volume 2 | 3° pavimento



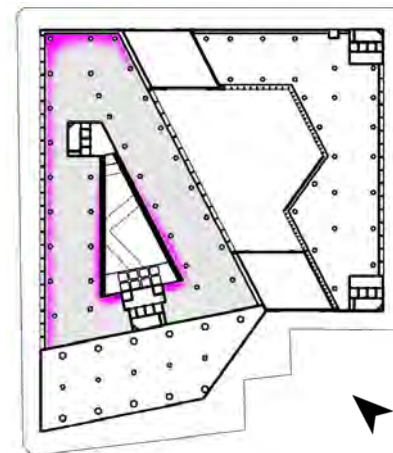
Volume 2 | 1° pavimento



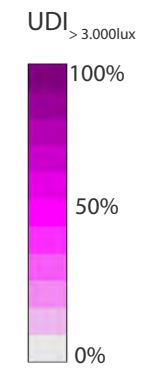
Volume 2 | 3° pavimento

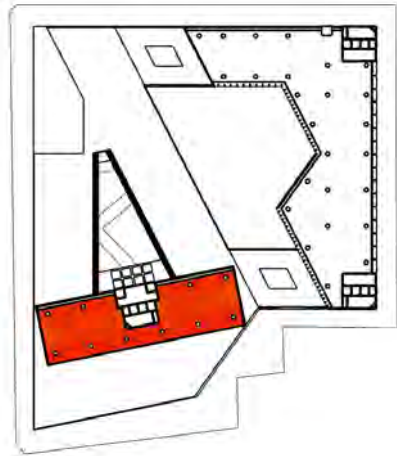


Volume 2 | 1° pavimento

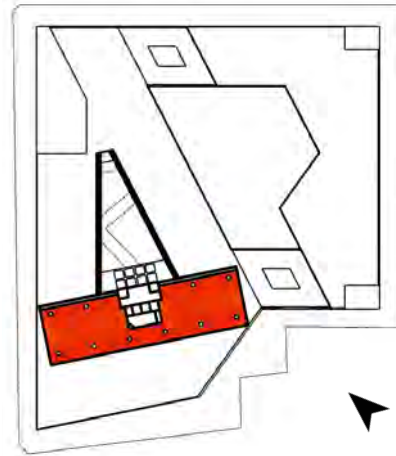


Volume 2 | 3° pavimento

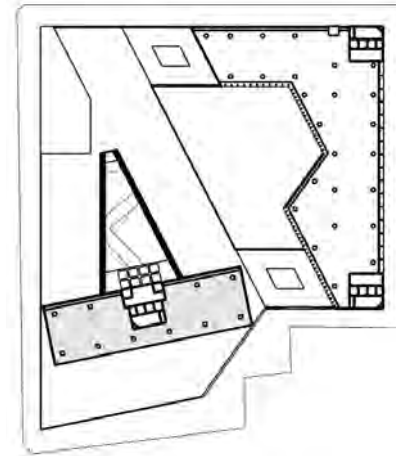
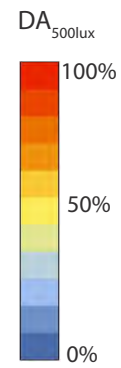




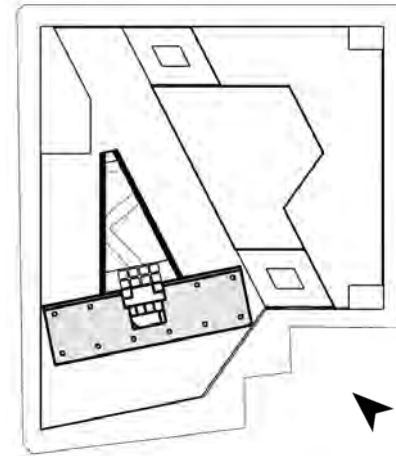
Volume 3 | 5° pavimento



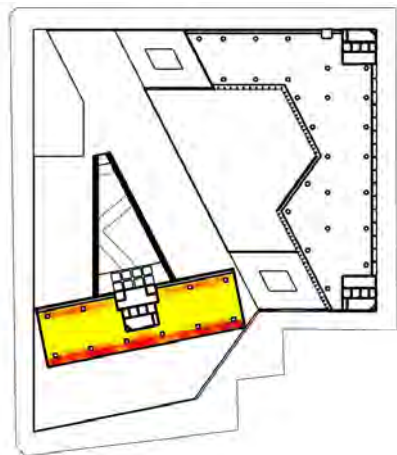
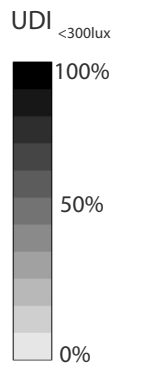
Volume 3 | 13° pavimento



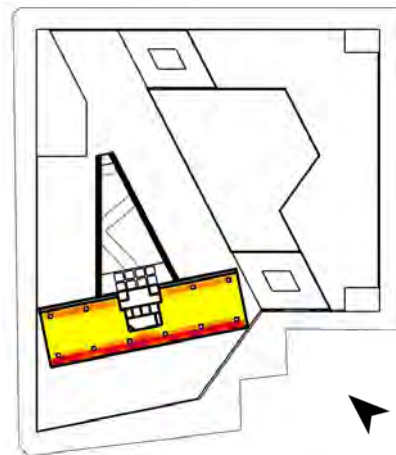
Volume 3 | 5° pavimento



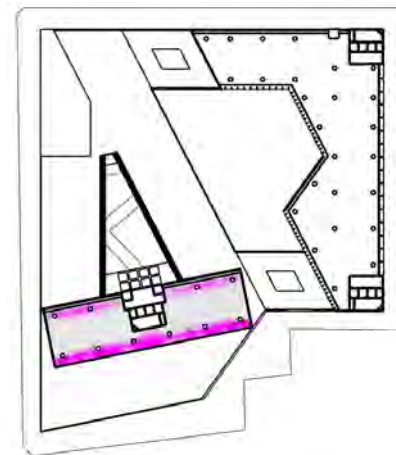
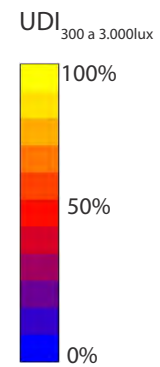
Volume 3 | 13° pavimento



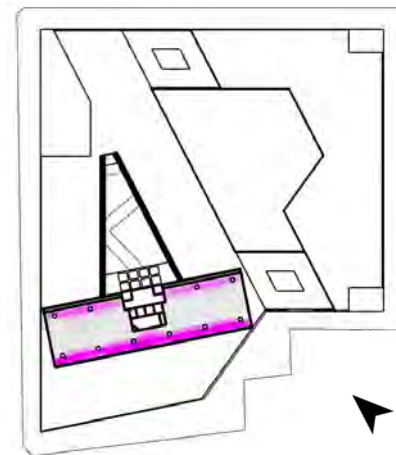
Volume 3 | 5° pavimento



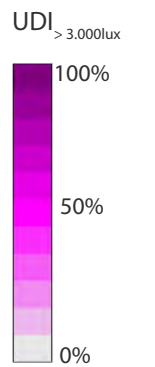
Volume 3 | 13° pavimento



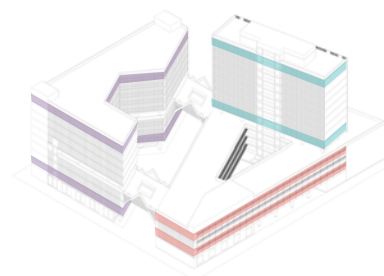
Volume 3 | 5° pavimento



Volume 3 | 13° pavimento



VOLUME	PAVIMENTO	sDA <sub>300lux/50%</sub>
V.1	1º pav	98,35%
	9º pav	98,41%
V.2	1º pav	92,07%
	3º pav	92,24%
V.3	5º pav	98,40%
	13º pav	98,55%



O primeiro ponto a ser analisado dos resultados é a comparação entre ambos os métodos, conforme mencionado anteriormente, o método  $DA_{500lux}$  parte do mínimo exigido para ambientes de escritório pela normativa brasileira para avaliar a distribuição da luz natural no pavimento. Contudo, este método não abrange pontos onde há excesso de luz indicando um potencial ofuscamento do ocupante, sendo assim, é evidente a distinção dele para com o método do UDI, que destaca que, mesmo após os projetos de brise, ainda ocorrem horas no ano em que há mais de 3.000 lux próximos às fachadas.

A comparação entre pavimentos é importante principalmente no Volume 1 em que a mudança no entorno é evidente e gera uma variação de 20% no desempenho dos pontos mais ao fundo na planta. Porém, por haver a entrada de luz por ambas as fachadas, o desempenho permanece acima dos 50% de horas no ano acima de 300 lux, indicando que o complemento da iluminação artificial não será necessário durante todo o período de trabalho.

Para o Volume 2 o principal ponto de destaque são as partes escuras da planta que já haviam sido identificadas anteriormente

e que, por estarem próximas à divisa com o teatro e o salão de eventos, apresentariam um índice inferior. Contudo, vale ressaltar que, por estar próximo à circulação vertical e aos shafts, esta área poderia ser destinada aos sanitários, priorizando assim a área com melhor desempenho lumínico para as áreas que efetivamente serão de escritórios.

Por fim, o Volume 3 apresenta poucas diferenças entre os pavimentos pois a condição de obstrução é pouco variável, o afastamento deste volume em relação aos vizinhos garante uma condição uniforme de luz natural em todos os pavimentos. Nele é possível nota que a condição de brises da fachada SO ainda gera um excesso de luz por cerca de 40% das horas no ano, contudo, conforme avaliado na etapa de projeto dos brises, a adoção de persianas internas operadas pelos ocupantes tende a garantir a grande maioria das horas em condições de conforto.

O índice  $sDA_{300lux/50\%}$  utilizado internacionalmente para esta verificação comprova um ótimo desempenho do edifício como um todo, apresentando uma média global de 97% da área acima dos 300lux por mais de 50% das horas ocupadas. Com isso, conclui-se que o projeto foi bem sucedido do ponto de vista das condições de iluminação natural no ambiente interno e apresenta um grande potencial para o bem estar nas áreas externas. Tudo isto só foi possível ao priorizar a relação do edifício com o contexto urbano e bioclimático no qual ele se encontra, utilizando as principais ferramentas computacionais disponíveis para garantir o conforto.

## 6.5. Considerações finais

Este trabalho, como o próprio título descreve, foi direcionado ao estudo da luz natural como um dos fatores determinantes para o projeto de um edifício comercial. Contudo, ele está inserido em um movimento maior que busca retomar a consciência bioclimática na arquitetura de grandes torres.

O histórico aqui levantado demonstra que já houve um período no qual esses preceitos de conforto e qualidade do ambiente construído eram primordiais para a arquitetura. Porém, com a evolução da tecnologia e internacionalização do conceito de edifício comercial como monumento de poder econômico, este conceito ficou em segundo plano.

Esse desenvolvimento não se restringe somente às técnicas construtivas, ele ocorre também na tecnologia de avaliação dos projetos, com *softwares* e métodos cada vez mais avançados para a previsão do comportamento do edifício em relação ao contexto no qual ele está inserido. Sendo assim, já há um caminho traçado em direção a união das novas ferramentas e da arquitetura.

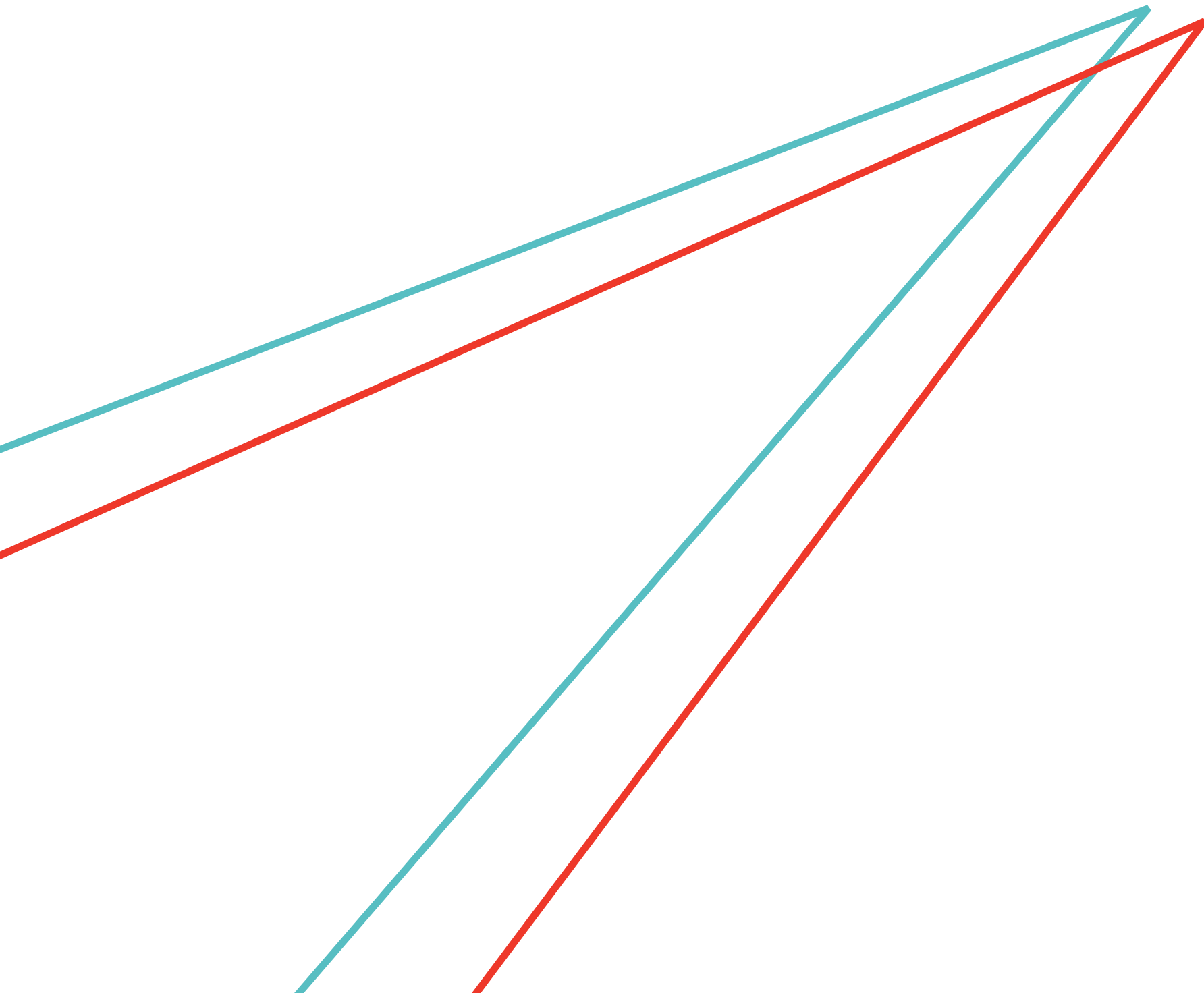
Exemplo desta união é o que foi estudado aqui através do processo generativo de definição de volumetria, esta etapa de otimização só é possível a partir do momento em que se tem objetivos claros em relação ao que se quer priorizar. Ou seja, só será possível a adoção deste método, quando os conceitos em relação ao conforto do usuário e desempenho energético estiverem efetivamente atrelados ao projeto desde seus traços iniciais.

O projeto aqui demonstrado é um exemplo de que um embasamento técnico computacional pode produzir uma arquitetura que não está fora do caráter funcional do edifício.

Isso se aplica tanto para o uso de escritórios propriamente dito, quanto para o aspecto monumental e representativo deste tipo de construção nas cidades contemporâneas.

As estratégias adotadas foram testadas de modo a comprovar sua importância na melhoria da eficiência energética do empreendimento, demonstrando que ele não está descolado do que se almeja com as certificações ambientais. Contudo, ao se comparar com a edificação que de fato será erguida no terreno, é evidente que a proposta deste trabalho é uma quebra de paradigma no mercado imobiliário e no próprio consciente popular sobre o que é um edifício comercial.

Com isso, conclui-se que ainda há um caminho a ser seguido até que obras efetivamente bioclimáticas sejam o ponto de destaque na cidade de São Paulo. Felizmente já há um movimento inicial neste sentido, mesmo que ainda desajeito e um pouco falho, é um caminho e cabe aos atuais e futuros arquitetos, defender e incentivar este desejo.



**REFERÊNCIAS**

ANDERSEN, M. Unweaving the human response in daylighting design. *Building and Environment*. (91) 101-117, 2015.

ANDRADE, C. M. Avaliação de desempenho em edifícios de escritório: o ambiente de trabalho como meio para o bem-estar produtivo. 2005. Tese de Doutorado. Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo. São Paulo, 2005.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR ISO CIE 8995:2013. Iluminação de ambientes de trabalho Parte 1 – interior. Rio de Janeiro: ABNT, 2013.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR 9077:2001. Saídas de emergência em edifícios. Rio de Janeiro: ABNT, 2001.

BODE, K. O Projeto do Edifício de Melhor Desempenho Ambiental e o Papel dos Estudos Analíticos. Palestra proferida no XIII Encontro Nacional e IX Encontro Latino-americano de Conforto no Ambiente Construído. Campinas, 2015.

BOLLNOW, O. F. O homem e o Espaço – Tradução de Aloísio Leoni Schmid, Editora UFPR. Curitiba, 2019.

CALDEIRA, D. A. O comércio em três tempos: breve história do Largo da Batata. IV Colóquio Internacional sobre o comércio e cidade: uma relação de origem - CINCCI. Uberlândia, 2013.

CONRADT, L. Arquitetura Generativa: Parâmetros e Algoritmos. Trabalho de Conclusão de Curso. Departamento de Arquitetura e Urbanismo. Universidade de Vila Velha, 2017.

COTTA, J. O. Fieldwork and Environmental Assessment: Study of the indoor and

outdoor environmental quality and energy performance of the Central St. Giles. AA Graduate School MA Environment & Energy Studies. Londres, 2012.

COTTA, J. O. Mixed use development on 21 New Oxford Street, London. AA Graduate School MA Environment & Energy Studies. Londres, 2012.

CUNHA, G. R. M. O Desempenho Luminoso de Edifícios de Escritório: Levantamento Arquitetônico e Simulação Computacional, com Referência à Cidade de São Paulo. Projeto de Pesquisa FAPESP. Concluído em 2018. Acesso restrito.

CUNHA, G. R. M. O Desempenho Térmico de Edifícios Comerciais Ícones da Arquitetura Modernista Brasileira em São Paulo, produzida entre 1930 e 1964: O caso da antiga sede do Banco Sul-Americano e das Torres de escritório do Conjunto Nacional. Projeto de Pesquisa CNPQ. Concluído em 2019. Acesso restrito.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA - EPE. Balanço Energético Nacional 2019. EPE, Rio de Janeiro, 2020.

FIALHO, R. N. Edifícios de Escritório na cidade de São Paulo. Tese de Doutorado. Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo. São Paulo, 2007.

FRASCINO, T. L.; WAISMAN, J.; FERIANCIC, G. Renovação Urbana e Mobilidade: O projeto do Largo da Batata. 19º Congresso Brasileiro de Transporte e Trânsito. Brasília, 2013.

GHOSN, A. A. B. Análise Comparativa de Layouts de Espaços de Trabalho em Ambientes Acadêmicos. Tese de Mestrado. Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo. São Paulo, 2019.

GONÇALVES, J. C. S., BODE, K. (org.) Edifício Ambiental. São Paulo: Oficina de textos, 2015.

GONÇALVES, J. C. S. O Desempenho Térmico e Luminoso de Edifícios Ícones da Arquitetura Modernista Brasileira, produzida entre 1930 e 1964, em São Paulo. Projeto de Pesquisa FAPESP. Concluído em 2016. Acesso restrito.

GONÇALVES, J. C. S., UMAKOSHI, E. The Environmental Performance of Tall Buildings. London: Earthscan, 2010.

GONÇALVES, J. C. S. O Novo Ambiente de Trabalho: diversidade ambiental e flexibilidade do espaço. Revista Programa Pós-Graduação Arquitetura e Urbanismo FAU USP, v. 26, n. 49. São Paulo, 2019.

LIMA, L. L. Qualidade do Ambiente Interno em Edifícios de Escritórios: desafios para a requalificação. Trabalho de Conclusão de Curso. Faculdade de Arquitetura e Urbanismo. Universidade de São Paulo, 2019.

MAEBUCHI, T. A Cooperativa de Cotia e seu importante papel na expansão agrícola no Brasil. 2017. Disponível em <<http://www.discovernikkei.org/pt/journal/2017/4/10/cooperativa-de-cotia/>> Acessado em jun/2020.

MARCONDES, M. P. Double-Skin façades in high-rise office buildings in São Paulo. A possible environmental efficient solution? 2004. Dissertação de Mestrado. AA Graduate School MA Environment & Energy Studies. Londres, 2004.

MARCONDES, M. P. Soluções projetuais de fachadas para edifícios de escritórios com ventilação natural em São Paulo. Tese de Doutorado. Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo. São Paulo, 2010.

MARCONDES, M. P., CUNHA, G. R. M., GONÇALVES, J. C. S. Iluminação Natural em Edifícios de Escritórios: Avaliação Dinâmica de Desempenho para São Paulo. PARC – Pesquisa em Arquitetura e Construção, v. 9, n. 1, p. 19-34. Campinas, 2018.

MARDALJEVIC, J. Ambient Calculation: Crash Course. Institute of Energy and Sustainable Development, De Montfort University. Leicester, UK, 2011.

MARDALJEVIC, J., ANDERSEN, M., ROY, N., CHRISTOFFERSEN, J. Daylighting Metrics: Is there a relation between useful daylight illuminance and daylight glare probability? First Building Simulation and Optimization Conference. Loughborough, UK, 2012.

MARDALJEVIC, J. Climate-Based Daylight Modelling and Its Discontents. CIBSE Technical Symposium, Londres, 2015.

MONROY, M. A. G. Edifício Banco Sul-Americano – Proposta de requalificação ambiental para a torre de escritórios. Trabalho de Conclusão de Curso. Faculdade de Arquitetura e Urbanismo. Universidade de São Paulo, 2017.

NABIL, A., MARDALJEVIC, J. Useful daylight illuminances: A replacement for Fator de Luz Diurnas. Energy and Buildings. Vol.38, 905-913, 2006.

PEREIRA, D. C. L. Iluminação Natural em Edifícios de Escritório: metodologia para a avaliação do desempenho luminoso. Tese de Doutorado. Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo. São Paulo, 2017.

PEREIRA, F. O. R., DIDONÉ, E. L. Simulação computacional integrada para a consideração da luz natural na avaliação do desempenho energético de edificações. Ambiente Construído. Porto Alegre, v. 10, n. 4, p. 139-154, out./dez. 2010.

PEREIRA, F. O. R., MORAES, L. N. Um método simplificado para avaliação do desempenho dinâmico da iluminação natural. Anais do XI Encontro Nacional e VII Encontro Latino-americano de Conforto no Ambiente Construído, ENCAC 2011. Búzios, 2011.

PEREIRA, F. O. R., ROCHA, A. A. Avaliação do consumo de energia de edificações considerando a luz natural e sistemas de controle através de simulação computacional integrada. Anais do XI Encontro Nacional e VII Encontro Latino-americano de Conforto no Ambiente Construído – ENCAC 2011. Búzios, 2011.

REINHART, C., WIENOLD, J. The daylighting dashboard - A simulation-based design analysis for daylit spaces. Building and Environment, 2011.

REINHART, C. F.; MARDALJEVIC, J.; ROGERS, Z. Dynamic Daylight Performance Metrics for Sustainable Building Design. Leukos, v. 3, n. 1, 2006.

SARRA, S. R. Desempenho de Edifícios Comerciais Representativos da Arquitetura Modernista em São Paulo: Avaliação do Edifício Itália com Enfoque em Ergonomia. Tese de Mestrado. Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo. São Paulo, 2018.

SUBRAMANIAM, S. Daylight Simulations with Radiance using Matrix-based Methods. Berkley Lab, University of California. Califórnia, 2017.

UMAKOSHI, E. Avaliação de Desempenho Ambiental e Arquitetura Paramétrica Generativa para o Projeto do Edifício Alto. Tese de Doutorado. Faculdade de Arquitetura e Urbanismo. Universidade de São Paulo, 2014.

UMAKOSHI, E. Avaliação de Desempenho Ambiental e Arquitetura Paramétrica Generativa para o Projeto do Edifício Alto. Tese de Doutorado. Faculdade de

Arquitetura e Urbanismo. Universidade de São Paulo, 2014.

UMAKOSHI, E. Uma Visão Crítica do Edifício Alto Sob a Ótica da Sustentabilidade. Tese de Mestrado. Faculdade de Arquitetura e Urbanismo. Universidade de São Paulo, 2008.

VIEIRA, A. K. Design Generativo – Estudo exploratório sobre o uso de programação no design. Trabalho de Conclusão de Curso. Faculdade de Arquitetura e Urbanismo. Universidade de São Paulo, 2014.

