

ORIENTAÇÃO:
PROFA. DRA. RANNY LOUREIRO
XAVIER NASCIMENTO MICHALSKI

EQUILÍBRIO ENTRE DESEMPENHO
TÉRMICO E ACÚSTICO NO PROJETO
DE UM EDIFÍCIO DE ESCRITÓRIOS

BEATRIZ NASCIMENTO E SOUZA

EQUILÍBRIO ENTRE DESEMPENHO TÉRMICO E ACÚSTICO NO PROJETO DE UM EDIFÍCIO DE ESCRITÓRIOS

BEATRIZ NASCIMENTO E SOUZA
ORIENTADORA PROF^A DR^A RANNY LOUREIRO XAVIER NASCIMENTO MICHALSKI

TRABALHO FINAL DE GRADUAÇÃO
FACULDADE DE ARQUITETURA E URBANISMO
UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

JULHO | 2020
SÃO PAULO - SP

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente aos meus pais, Antônio Sérgio e Claudia, por todo o amor, incentivo e suporte que sempre me deram para realizar meus sonhos. Vocês são a minha base, meu porto seguro.

Ao meu irmão Vinícius, que vivendo suas próprias aventuras também me dava forças para viver as minhas.

À minha avó Virgínia e à minha avó Elza, que mesmo não entendendo e não aceitando a distância, sempre confirmaram que o caminho que escolhi trilhar está na direção certa.

À Ranny e à Roberta, por todo carinho, orientação e conhecimento compartilhado.

À Joana, por me apresentar ao mundo da pesquisa, pelas oportunidades únicas e por sempre acreditar no meu potencial.

Ao Marcelo pelas dicas e ensinamentos. À Erika pela inspiração a sempre buscar um trabalho mais bem feito.

À Dinha, Lari, Lu, Syl, Du, Renatinha, Gabi, Bubu e amigas de Itapeçerica, amigos da dança, que de perto ou de longe me apoiaram e tornaram esses anos de FAU mais divertidos e os de POLI menos sofridos.

Ao Gui, um dos presentes que a FAU me deu, por todas as parcerias nos trabalhos, por todas as risadas, surtos, questionamentos, conversas no caminho do bandeirão. Você foi essencial para tornar essa jornada FAU-POLI mais leve e prazerosa.

À Ka, que me acompanha desde o cursinho, amiga dos trabalhos, das festinhas, dos papos na lavanderia da kit. Agradeço pela grande ajuda com a revisão e diagramação, mas principalmente pela amizade.

Ao Everton, meu companheiro, por não me deixar desistir, por estar ao meu lado sempre, acolhendo nas fases do desespero, ou dançando nas comemorações. E ao Link, esse nosso serzinho de luz que me acompanhou nas madrugadas de insônia (ou de estudos).

Muito Obrigada!

RESUMO

Um espaço de trabalho bem projetado é fundamental para a qualidade de vida das pessoas, afinal de contas, grande parte do dia é gasta nesse ambiente. O presente trabalho teve como proposta o projeto de um edifício de escritórios na cidade de São Paulo com o objetivo de criar um espaço de trabalho com conforto térmico e acústico. Foram premissas de projeto: estratégias passivas para o desenvolvimento ambiental, cuidado com a forma e orientação, distribuição de espaços internos, espaços de transição, tratamento de fachadas, preocupação com o clima e suas particularidades, envolvimento com o entorno, aproveitamento da luz e ventilação naturais e suas limitações, sombreamento, massa térmica, isolamento sonoro, aberturas e áreas envidraçadas, materiais de revestimento e absorção sonora. O desenvolvimento foi realizado em quatro capítulos, sendo eles: o histórico dos edifícios de escritório no contexto mundial e brasileiro, uma base teórica sobre conforto ambiental e eficiência energética, referências projetuais e inspirações, e, por fim, o projeto de arquitetura que reúne os conhecimentos em forma de edifício.

PALAVRAS-CHAVE: Edifícios Comerciais, Conforto Térmico, Conforto Acústico.

ABSTRACT

A well-designed workspace is fundamental to people's quality of life, after all, much of the day is spent in this environment. The present work proposed the design of an office building in the city of São Paulo intending to create a workspace with thermal and acoustic comfort. The project premises were: passive strategies for environmental development, care with form and orientation, distribution of internal spaces, transitional spaces, facade treatment, concern for the climate and its particularities, involvement with the surroundings, use of natural light, natural ventilation and its limitations, shading, thermal mass, sound insulation, openings and glazed areas, coating materials, and sound absorption. The development was carried out in four chapters, which were: the history of office buildings in the global and Brazilian context, a theoretical basis on environmental comfort and energy efficiency, design references and inspirations, and finally, the architectural project that brings together the knowledge in the form of a building.

KEY-WORDS: Commercial Buildings, Thermal Comfort, Acoustic Comfort.

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO 12

CAPÍTULO 2

CONFORTO AMBIENTAL E EFICIÊNCIA ENERGÉTICA 64

- 2.1 Conforto Térmico 70
- 2.2 Conforto Acústico 86
- 2.3 Compatibilidade entre Térmica e Acústica 95

CAPÍTULO 3

REFERÊNCIAS PROJETUAIS 100

- 3.1 Edifícios Modernistas 100
- 3.2 Edifícios Atuais 109

CONSIDERAÇÕES FINAIS 252

CAPÍTULO 1

HISTÓRICO E CONTEXTUALIZAÇÃO 16

- 1.1 Evolução dos edifícios de escritório no contexto mundial 16
- 1.2 Evolução dos edifícios de escritório no contexto brasileiro 26
- 1.3 O ambiente interno 34
- 1.4 O ambiente interno no contexto brasileiro 48
- 1.5 Perspectivas para o futuro dos ambientes de escritório 53

CAPÍTULO 4

PROJETO 124

- 4.1 Terreno e Clima 124
- 4.2 Programa 130
- 4.3 Partido 131
- 4.4 Análises de Desempenho Pré-Projeto 137
 - 4.4.1 Análises de desempenho térmico 137
 - 4.4.2 Análises de desempenho lumínico 168
 - 4.4.3 Análises de desempenho acústico 177
- 4.5 Projeto de Arquitetura 194

REFERÊNCIAS 254

INTRODUÇÃO

“Não existe trabalho de arquitetura sem considerar as questões ambientais”

João Filgueiras Lima (Lelé)

Os edifícios de escritório fazem parte da paisagem urbana, alguns monumentais, outros menos marcantes, e podem ser pontos de referência e até marcos na história das cidades. O que eles têm em comum é mais do que apenas sua função, são os seus usuários, que passam neles muitas horas, às vezes mais de um terço do dia, e por isso o projeto deles exige tanto cuidado quanto o projeto de um edifício residencial.

Além da preocupação com o usuário do espaço e em como ele pode usufruir dele da melhor forma, há a questão ambiental e o impacto que o uso e a operação dos edifícios geram com sua demanda energética. Os edifícios altos envidraçados produzidos nas últimas décadas do século XX consomem uma imensa quantidade de energia e são dependentes de sistemas de ar-condicionado e iluminação artificial. É importante também não esquecer que os edifícios não estão isolados da cidade, e a forma como são construídos afeta seu entorno.

O presente trabalho teve como ponto de partida essas questões, aliadas a outras criadas durante a graduação na FAU-USP. As pesquisas realizadas no Labaut (Laboratório de Conforto Ambiental e Eficiência Energética) envolvendo desempenho térmico deixaram uma lacuna a preencher, foi constatada a necessidade e o potencial da ventilação natural, porém, como utilizá-la sem comprometer o conforto acústico?

A proposta desse trabalho consistiu então em um projeto de edifício de escritórios focado no desempenho ambiental e no conforto do usuário. O objetivo foi unir os conhecimentos no âmbito histórico e técnico para produzir um projeto que demonstre o potencial da arquitetura bioclimática numa cidade como São Paulo.

O primeiro capítulo é um estudo do histórico e evolução dos ambientes de escritório no decorrer do século XX e início do século XXI, para entender as mudanças das tipologias corporativas e as problemáticas desses espaços. O segundo capítulo discorre separadamente sobre o conforto térmico, o conforto acústico e em seguida a compatibilidade entre eles, envolvendo estratégias passivas para o desempenho ambiental. O terceiro capítulo mostra algumas das principais referências projetuais utilizadas como inspirações. E por fim, o capítulo quatro é o projeto de arquitetura em si, que contou com o auxílio de ferramentas de simulação computacional no processo e buscou atingir um equilíbrio entre o desempenho térmico e o desempenho acústico do ambiente construído.

CAPÍTULO 1

HISTÓRICO E CONTEXTUALIZAÇÃO

1.1. EVOLUÇÃO DOS EDIFÍCIOS DE ESCRITÓRIO NO CONTEXTO MUNDIAL

Os edifícios de escritório, representados pelos seus diversos ícones, moldam a paisagem urbana que foi totalmente transformada ao longo do século XX, principalmente nas grandes metrópoles mundiais, como Londres, Nova York, Hong Kong e São Paulo. A arquitetura dessa categoria de trabalho foi ganhando importância no final do século XIX, em que o crescimento da indústria demandava cada vez mais atividades administrativas de suporte e foi necessária a criação de espaços e os ambientes de escritório foram evoluindo até a configuração que conhecemos hoje.

Os métodos construtivos tiveram uma grande relevância para o surgimento de edifícios altos, uma vez que o uso de alvenaria limitava a altura e o número de pavimentos. O uso do concreto armado e da estrutura metálica possibilitou mudanças significativas, juntamente com a invenção de elevadores para transporte vertical das pessoas dentro do prédio. O primeiro exemplo de edifício definido por um esqueleto estrutural com fachadas em cortina de vidro foi o Leiter¹ (Figura 1), de 1889, em que o ferro fundido possibilitou grandes vãos de vidro e que, além disso, já se preocupava com a proteção ao fogo.

Com a evolução dos sistemas estruturais e elevadores seguros, os edifícios de escritório do século XX foram sendo projetados com um espaço aberto único e janelas moduladas de maneira uniforme, utilizando iluminação e ventilação naturais. Edifícios exemplos dessa fase são o Metropolitan Life Insurance Company Tower² (Figura 2), de 1909, e o Woolworth³, de 1913, com esquadrias modulares e profundidade de planta de 15 a 20 metros. A partir do desenvolvimento da iluminação artificial e da ventilação mecânica, a profundidade deixou de ser uma questão restritiva do projeto e os forros acústicos também deram mais flexibilidade para construir espaços

1 Edifício Leiter é um projeto do arquiteto William Le Baron Jenney, construído em Chicago em 1889.

2 Edifício Metropolitan Life Insurance Company Tower é um projeto do arquiteto Napoleon Le Brun, construído em Nova Iorque em 1909.

3 Edifício Woolworth é um projeto do arquiteto Cass Gilbert, construído em Nova Iorque em 1913.



◀ Figura 1: Edifício Leiter.

Fonte: <https://coisasdaarquitectura.wordpress.com/2010/06/16/escola-de-chicago/>



Figura 2: Edifício Metropolitan Life Insurance Company Tower. ▶

Fonte: Library of Congress Prints and Photographs Division Washington

internos, daí começam a surgir os arranha-céus. A economia favorável foi outro fator que impulsionou a verticalização nos centros das grandes cidades norte-americanas nas duas primeiras décadas do século XX.

Até 1930 as características dos edifícios se mantiveram aumentando apenas em altura, porém em 1932 surge o Empire State⁴ (Figura 3), que com 380 metros se colocava como o mais alto do mundo. Ele possui o *core* central como característica marcante e presente até hoje em muitos edifícios. A arquitetura padrão dos edifícios de escritórios por volta das décadas de 50 e 60 na América do Norte envolvia fachada

4 Edifício Empire State é um projeto dos arquitetos Shreve, Lamb e Harmon, construído em Nova Iorque em 1930.

com pele de vidro, estrutura em concreto e planta livre com várias possibilidades de *layout*, e como exemplo temos o Edifício Seagram⁵ (Figura 4). Já no final da década de 60 surgem exemplos que retomam o uso do átrio como elemento importante para iluminação natural, como o Edifício Ford Foundation do arquiteto Kevin Roche. Nessa época importantes arquitetos modernistas implantavam conceitos próprios, como Le Corbusier utilizando malhas estruturais, Alvar Aalto buscando a humanização dos espaços e Walter Gropius projetando plantas diferentes em cada pavimento, que apesar de usarem técnicas diferentes, continuavam com o princípio de planta livre.



Figura 3: Edifício Empire State.
Fonte: <https://www.flickr.com/photos/132084522@N05/17339180506>



Figura 4: Edifício Seagram.
Foto: Hunt

⁵ Edifício Seagram é um projeto do arquiteto Mies Van der Rohe e Philip Johnson, construído em Nova Iorque em 1958.



Figura 5: Edifício AT & T.
Foto: David Shankbone

O contexto europeu de verticalização se deu de forma diferente do norte-americano, uma vez que a mentalidade corporativa e a cultura são distintas. Diferentemente dos Estados Unidos, em que a especulação imobiliária dominava o mercado de imóveis comerciais, a maioria das grandes empresas europeias preferiam construir um prédio específico de acordo com seus interesses, o que gerava maior diferenciação entre os edifícios. Na Europa os edifícios tendiam a ser mais baixos e, no subúrbio, possuíam plantas mais estreitas com maior vista para o exterior e mais recortadas para permitir mais salas individuais. Já a Alemanha se aproximou mais do estilo arquitetônico norte-americano, uma vez que precisava construir de forma rápida após a Segunda Guerra. Nesse contexto, surge o escritório panorâmico, com maior liberdade de *layout*, que foi possível com os sistemas de ar-condicionado que permitiam plantas mais profundas. Via-se por parte dos edifícios europeus uma preocupação maior com a usabilidade e com as pessoas no espaço interno do que com as fachadas.

Inovações tecnológicas começaram a surgir na década de 1970 voltadas para os sistemas prediais, para monitorar as condições ambientais, principalmente em relação ao ar-condicionado. A regulagem de temperatura, pressão estática, fumaça, entre outras, começou a ser feita por um computador central, e a partir de 1980 toda essa tecnologia levou a denominação desses edifícios como “inteligentes”. Esse nome vem do inglês *intelligence*, relacionado aos serviços de informação segundo Reingantz (1997), e foi usado



Figura 6: Edifício Lloyds Bank.
Fonte: <https://www.dezeen.com/2013/08/04/movie-richard-rogers-lloyds-building-high-tech-architecture/>

como estratégia de marketing pelos incorporadores, mesmo quando os edifícios não cumpriam requisitos suficientes para tal. O primeiro exemplo desse tipo era o AT&T⁶ (Figura 5), de 1984, que se tornou um ponto de referência em Nova York, com um estilo pós-moderno, oposto àqueles em formato de caixa de vidro.

Apesar dos modismos e marketing envolvendo a ideia de edifício inteligente, a denominação adequada seria: *“Edifícios inteligentes são aqueles altamente capacitados para receber novas tecnologias, envolvendo hardwares, sistemas de telefonia e rede de computadores. Devem dispor de sistemas de gerenciamento não somente para manutenção e operação predial, mas principalmente para garantir o conforto ambiental, seja através de controles automatizados por setor e/ou pavimentos, seja por controles de acionamento individual, permitindo aos usuários o ajuste das condições de conforto que atenda às suas necessidades básicas.”* (ANDRADE, 2007). Ainda deve-se ter a preocupação, na fase inicial do projeto, com

⁶ Edifício AT&T é um projeto do arquiteto Phillip Johnson, construído em Nova Iorque em 1984.

as condições de ocupação como qualidade térmica, acústica, visual, ergonômica e de saúde, além da capacidade de adaptação do espaço.

Exemplos de edifícios classificados como sendo dessa natureza se encontram ao redor do mundo, como o Lloyds Bank⁷ (Figura 6) de 1986 em Londres, com tubulações aparentes, grandes espaços internos e átrio central; o Edifício Hong Kong e Shanghai Bank⁸ (Figura 7) de 1986 em Hong Kong; o Birmman 21⁹ de 1996 em São Paulo, com fachadas diferenciadas de acordo com a insolação e planta livre.

À medida que essa noção de edifício tecnológico foi sendo incorporada e enraizada na cultura arquitetônica, os sistemas automatizados foram sendo inseridos nas edificações e elas ficaram mais distantes dos recursos naturais possíveis de serem usados, como a iluminação proveniente do sol. Não podemos negar que os sistemas de controle melhoraram a segurança, a flexibilidade e o desempenho dos edifícios, porém eles demandam grande investimento financeiro e pessoal, uma vez que se não forem operados e mantidos adequadamente geram inclusive problemas de saúde aos usuários. No lugar de uma arquitetura inteligente, vemos muito valor sendo dado apenas aos sistemas de automação.

O termo “Síndrome do Edifício Doente¹⁰” surge na década de 1980, quando se veem inúmeros edifícios de escritórios sendo construídos no modelo de caixa selada em condições ambientais artificiais, e começam a aparecer queixas de usuários relacionadas a sintomas que diminuem quando deixam de estar dentro desses espaços. Segundo os médicos Dick Menzies e Jean Bourbeau (1997), as doenças relacionadas aos edifícios estão ligadas a agentes encontrados nos sistemas de ar-condicionado, carpetes, entre outros.

Na década de 1990 aparecem, em contrapartida, os edifícios saudáveis ou ecológicos.

⁷ Edifício Lloyds Bank é um projeto do arquiteto Richard Rogers, construído em Londres em 1986.

⁸ Edifício Hong Kong e Shanghai Bank é um projeto dos arquitetos Norman e Wendy Foster, construído em Hong Kong em 1986.

⁹ Edifício Birmman 21 é um projeto de Skidmore, Owings and Merrill, Kogan Arquitetos Associados, construído em São Paulo em 1996.

¹⁰ O termo “Sick Building Syndrome” se refere a Síndrome do Edifício Doente (SED), reconhecida pela Organização Mundial da Saúde (OMS) em 1982 como um conjunto de doenças desencadeadas pela proliferação de microorganismos infecciosos e partículas químicas em prédios fechados. Geralmente, a enfermidade está relacionada a falhas no sistema de climatização.



Figura 7: Edifício Hong Kong e Shanghai Bank.
Fonte: <https://en.wikiarquitectura.com/building/hong-kong-shanghai-bank/>

As condições ambientais alheias às naturais, possibilitadas pela tecnologia, permitem certos benefícios, como grandes plantas e vãos, porém demandam excessivo uso de recursos, como água e energia. Diferentemente de se projetar tomando como ponto de partida as condições proporcionadas pelos sistemas artificiais, vemos a retomada do projeto a favor do meio ambiente, buscando qualidade do espaço com preservação de recursos e conservação de energia. As estratégias desse modo de projetar envolvem o uso de iluminação natural, aproveitamento de energia desperdiçada para o aquecimento de água e interface entre ventilação mecânica e operabilidade de janelas para uso de ventilação natural. Um exemplo é o edifício-sede do CommerzBank¹¹ (Figura 8) de 1997 em Frankfurt, que possui fachada de vidro com sensores climáticos para informar o momento propício para se abrir as janelas sem prejuízo de conforto. Há também jardins que auxiliam no controle de insolação e iluminação. As normas europeias de direito a luz natural e vista para o exterior influenciaram as tipologias dos edifícios, que tiveram que manter plantas menos profundas. Então, no final do século XX e início do XXI vemos que a iluminação e ventilação naturais tendem a ser exploradas ao máximo pela arquitetura, e a busca pela eficiência energética e baixos impactos

¹¹ Edifício CommerzBank é um projeto do arquiteto Norman Foster, construído em Frankfurt em 1997.

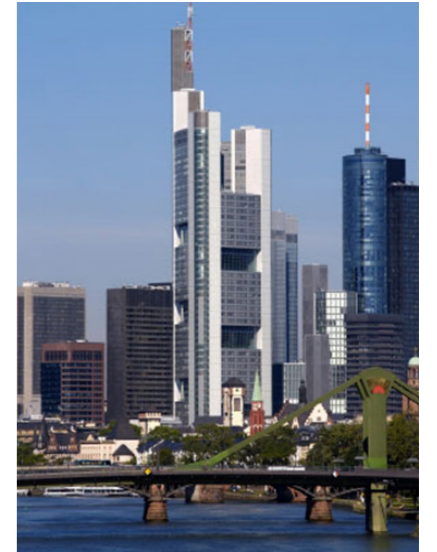


Figura 8: Edifício Commerzbank.
Fonte: <http://www.fosterandpartners.com/>

ambientais é cada vez maior. No contexto europeu privilegia-se o conforto ambiental, enquanto nos Estados Unidos o objetivo é a eficiência e a minimização dos custos.

Segundo Daniels (1997), os requisitos que o edifício ecológico deve buscar são:

- Análise das condições meteorológicas do local como parâmetro de desenho do edifício;
- Compatibilidade entre clima e forma da edificação;
- Definição de zonas de conforto térmicas, visuais e higiênicas;
- Preocupação com a ventilação, janelas operáveis, renovação de ar, revestimentos naturais, umidificação adequada, uso de plantas;
- Utilização de energias renováveis.

As enormes torres de escritório representam crescimento econômico e tecnológico, porém elas impactam no trânsito, no sombreamento do entorno e geram grandes concentrações de população e tempos de deslocamento dentro das cidades. *“Se a tecnologia permite que a sociedade viva em rede, a cidade também deve se*

constituir dessa maneira, tornando-se um elemento facilitador da vida de seus cidadãos, e nesse sentido o edifício de escritórios tende a se tornar de menor porte, descentralizado, ecologicamente correto, energeticamente eficiente e com espaços híbridos e orgânicos.”(ANDRADE, 2007).

Segundo Umakoshi (2008), embora a prática norte-americana tenha apresentado edifícios ícones de sustentabilidade, com foco na eficiência dos sistemas prediais, a arquitetura segue os mesmos padrões do pós-guerra, marcada por torres de vidro com climatização artificial. As questões de sustentabilidade se desenvolvem mais com a criação do LEED¹² em 1994, com um sistema de avaliação de sustentabilidade e comercialização de selos “verdes”. É importante lembrar que esses sistemas de certificação possuem caráter voluntário e não estão atrelados a nenhuma legislação. Entretanto, esses selos têm sido usados em diversos países, inclusive no Brasil, como um instrumento de mercado e marketing, o que pode levantar questionamentos em relação ao rigor relacionado ao desempenho ambiental do edifício em operação, principalmente quando utilizado fora do contexto norte-americano (UMAKOSHI, 2008).

Na Europa pode-se ver mais mudanças da arquitetura de edifícios altos voltadas para o desenvolvimento ambiental a partir dos anos 90,



Figura 9: Edifício Leadenhall.
Foto: Richard Bryant

¹² LEED: *Leadership in Energy and Environmental Design* foi um programa criado em 1994 pelo US Green Building Council (USGBC) com intuito de promover e estimular práticas de construções sustentáveis, satisfazendo critérios para uma construção verde.

como os casos dos edifícios Leadenhall¹³, Swiss Re¹⁴ e Heron Tower¹⁵ (Figuras 9 a 11).

Os projetos de edifícios altos vêm sendo discutidos no âmbito acadêmico desde então, e percebem-se muitas possibilidades de melhoria da qualidade ambiental dos futuros edifícios, envolvendo a preocupação com o consumo de recursos naturais, emissões de CO₂ e consumo energético.



Figura 10: Edifício Swiss Re.
Foto: Nigel Young



Figura 11: Edifício Heron Tower ▶
Fonte: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Heron_Tower,_Bishopsgate,_London.JPG

¹³ Edifício Leadenhall é um projeto do escritório Rogers Stirk Harbour + Partners, construído em Londres em 2014.

¹⁴ Edifício Swiss Re é um projeto do escritório Foster and Partners, construído em Londres em 2004.

¹⁵ Edifício Heron Tower é um projeto do escritório Kohn Pedersen Fox International, construído em Londres em 2011.

1.2. EVOLUÇÃO DOS EDIFÍCIOS DE ESCRITÓRIO NO CONTEXTO BRASILEIRO

No Brasil a verticalização dos centros urbanos começou nas cidades de São Paulo e Rio de Janeiro, a partir do crescimento das atividades financeiro-comerciais. Havia nessa época o interesse das multinacionais de mostrar seu poder econômico através da arquitetura monumental, que é intensificada nas décadas de 1920 e 1930. Um exemplo dessa fase foi o Edifício Alexandre Mackenzie¹⁶ (Figura 12), de 1928, com estrutura de concreto armado e divisórias internas em alvenaria e madeira. Aparecem também os arranha-céus, como o Sampaio Moreira¹⁷ (Figura 13) e o Edifício Martinelli¹⁸ (Figura 14), com estilo eclético e usos diversos. O período de crescimento econômico brasileiro motivou a modernização do país, e percebem-se muitas mudanças na arquitetura, como os projetos de Lucio Costa inspirados no estilo de Le Corbusier. Um destaque foi o edifício-sede do Ministério da Educação e Cultura¹⁹, atual Palácio Gustavo Capanema (Figura 15) inaugurado em 1945, construído no centro do terreno, sobre pilotis, com fachadas diferenciadas com e sem brises, e inaugurando no Brasil as lajes tipo “cogumelo”.

O modelo europeu dos centros urbanos no Brasil foi aos poucos sendo transformado e ganhando aspecto norte-americano a partir da década de 1940, com edifícios cada vez mais altos, que atingiram outros espaços além do centro. A Avenida Paulista foi se verticalizando a partir da construção do Conjunto Nacional²⁰ (Figura 16) em 1956, que ocupava uma quadra inteira e foi considerado um edifício revolucionário na

¹⁶ Edifício Alexandre Mackenzie é um projeto dos arquitetos Preston e Curtis, construído em São Paulo em 1928.

¹⁷ Edifício Sampaio Moreira é um projeto dos arquitetos Samuel e Cristiano Stockler das Neves, construído em São Paulo em 1924.

¹⁸ Edifício Martinelli é um projeto dos arquitetos Vilmos (William) Fillinger, construído em São Paulo em 1934.

¹⁹ Edifício-sede do Ministério de Educação e Cultura, também conhecido como Edifício Gustavo Capanema, é um projeto do arquiteto Lucio Costa e sua equipe, construído no Rio de Janeiro em 1943.

²⁰ Edifício Conjunto Nacional é um projeto do arquiteto David Libeskind, construído em São Paulo em 1956.



Figura 12: Edifício Alexandre Mackenzie.
Foto: Cristiano Pentead

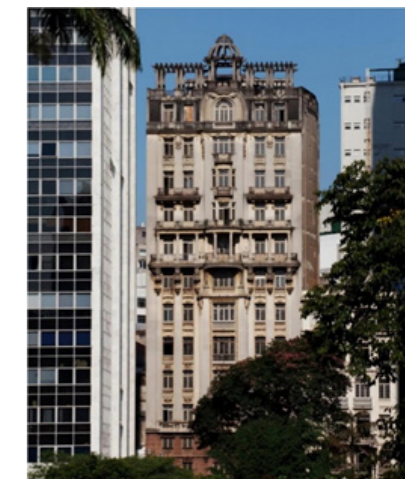


Figura 13: Edifício Sampaio Moreira
Fonte: <https://www.estilosarquiteticos.com.br/edificio-sampaio-moreira/>

época. Outro marco importante do padrão modernista foi a construção de Brasília na década de 1960, com os projetos de Oscar Niemeyer e Lucio Costa, onde a criação de diversos edifícios para órgãos públicos e institucionais elevou a cidade ao terceiro lugar em número de edifícios de escritórios do país.

A grande entrada de multinacionais no Brasil na década de 1970 impulsionou o mercado imobiliário de escritórios, consolidando a Avenida Paulista, em São Paulo, e a Avenida Rio Branco, no Rio de Janeiro, como importantes centros financeiros. Pouco tempo depois, em São Paulo, começa o desenvolvimento da região da Berrini, com vários edifícios projetados por Carlos Bratke, entregues em concreto aparente para alterações posteriores por parte dos usuários.

Em 1980, contemporaneamente aos chamados “edifícios inteligentes” nos Estados Unidos, surgem novos edifícios em São Paulo, com maior padrão construtivo e sofisticação, além de sistemas centrais de controle, fachadas em granito e vidro (que não são necessariamente adequadas para um país tropical e, portanto, geram alto



◀ **Figura 14: Edifício Martinelli.**
Fonte: instagram @do.alto



Figura 15: Edifício Gustavo Capanema. ▶
Foto: Marcel Gautherot



Figura 16: Edifício Conjunto Nacional.
Foto: Claudio Rossi

consumo de energia). *“Apostou-se na automação como se ela fosse uma ferramenta suficiente para resolver todos os problemas e insuficiências arquitetônicas, sem, no entanto, estar acompanhada de uma arquitetura inteligente, ou seja, voltada para as características do nosso clima”*(ROMÉRO, 1997). Portanto, popularizou-se um conceito de edifício inteligente controverso, que em teoria possuía alto padrão construtivo, porém na prática apresentava um padrão de ocupação ambiental ruim. Parte do problema se encontra na distância entre empreendedor e usuário final, em que a qualidade construtiva se perde dentro do espaço de trabalho e se afasta do padrão estético vendido como tecnológico. Isso é menos observado quando o edifício é projetado se baseando nos critérios do usuário.

Na década de 1990, esses edifícios considerados (equivocadamente) inteligentes se multiplicaram na região da Marginal Pinheiros em São Paulo e em Botafogo no Rio de Janeiro. Nessa época surgiu o conceito de “projeto vivo”, que visava evitar a defasagem entre projeto e construção, e incorporar no mercado de escritórios a tecnologia mais avançada. Já no final da década, após a conclusão do trecho da Avenida Faria Lima até a avenida Hélio Pellegrino, essa região se verticalizou com inúmeros lançamentos de edifícios de escritórios de alto padrão, como por exemplo, o Edifício Oswaldo Arthur Bratke²¹ (Figura 17), o Edifício Birmman 21²² (Figura 18), e edifícios completamente envidraçados (altamente consumidores de energia), como as torres do Complexo Rochaverá²³ (Figura 19).



Figura 17: Edifício Oswaldo Arthur Bratke.
Foto: Hugo Segawa

No Brasil até o momento não há um edifício considerado sustentável segundo a ecologia, porém após inúmeros relatórios expressando a necessidade de se preocupar com o meio ambiente no setor da construção civil, vemos mais discussão e esforços sendo gerados em torno dessa temática. Percebe-se no início do século XXI certa evolução em relação à segurança e conforto físico, principalmente para atender à legislação brasileira, como a segurança contra incêndio, pisos menos ruidosos, forros acústicos, luminárias antirreflexivas, entre outras estratégias que afetam os usuários. Entretanto, ainda existem muitas

21 Edifício Oswaldo Arthur Bratke é um projeto do arquiteto Carlos Bratke, construído em São Paulo em 1987.

22 Edifício Birmman 21 é um projeto dos escritórios Skidmore, Owings and Merrill e Kogan Arquitetos Associados, construído em São Paulo em 1996.

23 Edifício Rochaverá é um projeto do escritório Aflalo & Gasperini Arquitetos, inaugurado em São Paulo em 2008.



Figura 18: Edifício Birmman 21.
Fonte: <https://www.previ.com.br/investimentos/imoveis/>

estratégias do ponto de vista do projeto arquitetônico que poderiam ser mais exploradas, como as fachadas, que precisam respeitar mais o clima e a orientação em que se encontram.

Como mencionado no item anterior, o sistema de certificação LEED está presente no Brasil, porém não necessariamente garante que os edifícios certificados por ele sejam sustentáveis de fato. Erika Umakoshi (2008), em sua dissertação de mestrado, estuda alguns exemplos de edifícios nacionais e internacionais que destacaram suas intenções sustentáveis no processo de projeto, que muitas vezes não atingem o patamar de sustentabilidade que pregam com um selo “verde”. Alguns desses exemplos são o Ventura Corporate Towers²⁴ no Rio de Janeiro (Figura 20) e o Edifício Eco Berrini²⁵ em São Paulo (Figura 21). Percebe-se na análise desses projetos que a preocupação com a paisagem da cidade e a inserção urbana não é muito levada em consideração, bem como a preocupação com o pedestre. Os usuários acessam esses edifícios através das garagens, distanciando-os do ambiente público e incentivando o uso de veículos individuais. Não há também uso de ventilação natural nesses casos, o que eleva obrigatoriamente os gastos de energia com condicionamento de ar. *“Enquanto os Estados Unidos e o Brasil buscam atender o mercado através do selo LEED, países na Europa como Londres, Frankfurt e Paris buscam atender uma legislação mais restritiva e*

24 Ventura Corporate Towers é um projeto do escritório Kohn Pedersen Fox Associates e Aflalo & Gasperini Arquitetos, inaugurado no Rio de Janeiro em 2010.

25 Edifício Eco Berrini é um projeto do escritório Aflalo & Gasperini Arquitetos, inaugurado em São Paulo em 2007..

construir mais do que símbolos dessa nova arquitetura, construir ambientes melhores que atuem em benefício tanto da paisagem urbana, como melhorando o conforto dos usuários” (UMAKOSHI, 2008). Como destaca Umakoshi, o mercado imobiliário brasileiro se preocupa muitas das vezes mais com o marketing das certificações do que com criar uma arquitetura de excelência ambiental, então é preciso uma mudança de pensamento para gerar as mudanças necessárias na paisagem.



Figura 19: Torre do Complexo Rochaverá.
Foto: Nelson Kon



◀ **Figura 20: Ventura Corporate Towers.**
Foto: Leonardo Finotti



Figura 21: Edifício Eco Berrini ▶
Fonte: <https://afalogasperini.com.br>

1.3. O AMBIENTE INTERNO

TAYLOR ATÉ PÓS-SEGUNDA GUERRA - *BULLPEN*:

No final do século XIX os escritórios eram caracterizados por funcionários homens, em grandes mesas escuras, trabalhando lado a lado. A partir do século XX as atividades industriais começaram a demandar atividades de suporte, como o setor financeiro, escritórios de contabilidade, advocacia, entre outras, o que fez o número de funcionários dessas áreas crescer. Daí aparece o conceito de *Bullpen*, que está relacionado à teoria administrativa de Taylor, onde há hierarquia formal e rígida, e um processo de produção fabril. Segundo o taylorismo, a organização correta a se fazer é estudar detalhadamente os movimentos e o tempo de cada tarefa, para atingir a máxima produtividade humana.

Sendo a organização rígida inspirada no modelo de Taylor, o *layout* dos espaços também o era. Os cargos mais altos se localizavam nos andares mais altos, em posição privilegiada; os médios, em patamar elevado, para observar e controlar o trabalho do baixo escalão, que se encontrava em um salão aberto com mesas lado a lado, como uma linha de montagem. Tudo seguia padrões geométricos e ergonômicos, e o mobiliário variava de acordo com as funções hierárquicas. As atividades eram organizadas tanto pela própria realização do trabalho, como armazenar documentos, quanto pelas necessidades fisiológicas, como a distância do posto de trabalho até o bebedouro.

Nessa época, as máquinas de datilografia, telefones e máquinas contábeis começam a aparecer em maior número, acompanhadas de mulheres que surgem nesse cenário ocupando as funções operacionais.



Figura 22: Interior do Edifício Larking. Fonte: <https://pt.wikiarquitectura.com/constru%C3%A7%C3%A3o/edificio-larkin/#>

Após o taylorismo, surgiu o fordismo, que se baseava nos princípios de especialização dos funcionários e na economia de escala, com o controle de tempo e análise de tarefas. Segundo Andrew Laing (in ANDRADE, 2007), o fordismo dominava a área industrial, enquanto o taylorismo influenciava a gestão do ambiente corporativo. Um exemplo de arquitetura dessa época é o Edifício Larking (Figura 22), de Frank Lloyd Wright, em 1904, há nele um grande átrio interno com os funcionários do baixo escalão, e galerias superiores para controle visual, e segundo Cláudia Andrade (2007), esse edifício é muito representativo de como a forma arquitetônica começava a refletir a imagem corporativa.

Já em 1939, Frank Lloyd Wright projeta o Edifício da Johnson's Wax (Figura 23), que se diferenciava do anterior influenciado pelo movimento humanista que pregava o tratamento adequado entre gerência e funcionários, com maior aparência informal, porém ainda demonstrando poder da imagem corporativa a partir do pé-direito altíssimo. Os funcionários ficavam no salão e havia mezaninos na periferia, as chefias ficavam em salas fechadas. Não havia vista para o exterior, e a iluminação natural vinha apenas pelo acabamento do teto. Nos Estados Unidos o conceito *Bullpen* foi mais utilizado, já no caso da Europa se via mais o uso de salas fechadas.



Figura 23: Edifício Johnson's Wax. Fonte: <https://pt.wikiarquitectura.com/constru%C3%A7%C3%A3o/edificio-johnson-wax/#171425pv>

LANDSCAPE OFFICE - ESCRITÓRIO PANORÂMICO:

Após a devastação causada pela Segunda Guerra Mundial na Europa, cresceu o movimento de descentralização das empresas, e isso trouxe, segundo Cláudia Andrade (2007), uma maior flexibilidade e uma valorização dos funcionários, guiadas pela ideia do aumento da produtividade, em que a estrutura da empresa segue um organograma e o espaço se torna mais estratificado e existe ainda o estímulo para a competição.

A partir da década de 1950 o conceito de *Bullpen* perde força, e aparecem novas ideias de *layout* interno. Os irmãos Eberhard e Wolfgang Schenelle desenvolveram na Alemanha o conceito de *Bürolandschaft* (Figura 24), ou Escritório Panorâmico ou *Landscape Office*, partindo do princípio de que salas fechadas formavam barreiras e existia a necessidade de comunicação e inter-relacionamentos entre as áreas (ANDRADE, 2007). É proposto nesse conceito um espaço aberto e livre de paredes e corredores, com *layout* obedecendo os fluxos de comunicação, e se observa a valorização do contato visual, a gerência fica mais acessível e os grupos de trabalho num lugar mais reservado. O ambiente era mais orgânico, considerado inclusive bagunçado por alguns.

Esse conceito de Escritório Panorâmico saiu da Alemanha e atingiu outros países europeus, mas não teve tanta influência na América do Norte. Um exemplo foi o Edifício da Union Carbide²⁶, com modulação das estações de trabalho e iluminação fluorescente uniformemente distribuída no forro, que apesar de apresentar inovações foi considerado um retrospecto em relação ao movimento humanista (KLEIN, 1982). Observa-se uma hierarquia definida, enquanto as chefias ficavam perto das janelas, o restante ficava no interior sem acesso à iluminação e ventilação naturais.

Os Escritórios *Landscape* apresentavam alguns problemas, como acústica prejudicada, o que motivou algumas mudanças e adaptações para o contexto americano; o *layout* continuava rígido, porém eram inseridos elementos para trazer

²⁶ Edifício Union Carbide é um projeto do escritório Skidmore, Owings and Merrill, construído em Nova Iorque em 1958.

humanização ao espaço, como plantas e cores vivas. Nessa época a tecnologia da informação avançava bastante, juntamente com a indústria eletrônica, o que permitia melhor comunicação e processamento de dados. Essa tecnologia era investida nos funcionários, como ressalta Claudia Andrade (2007), “os avanços da tecnologia da informação passaram a ocorrer não mais como objetivo de controlar pessoas, mas com o intuito de habilitá-las, de gerar conhecimento”.



Figura 24: Conceito *Bürolandschaft*.

Fonte: Archive Quickborner Team

OPEN PLAN OFFICE - ESCRITÓRIO DE PLANTA LIVRE:

Na década de 1960, há um lançamento de um sistema de móveis da empresa americana Herman Miller, para suprir necessidades dos escritórios, baseado no princípio de que o ambiente de trabalho deve ser dinâmico e prático, porém com postos de trabalho compactos ainda que sem comprometer o conforto. Na época do *Landscape Office* esse sistema possuía armários altos e biombos dividindo o espaço, mais tarde, seu idealizador (Propst) propôs a utilização dos biombos como estruturadores do ambiente, podendo verticalizar superfícies de trabalho, armários e luminárias, criando assim o conceito de estação de trabalho, e posteriormente o conceito de *Open Plan*, ou Planta Livre (Figura 25). Nesse conceito o indivíduo tem maior importância do que o fluxo dos processos, a estação de trabalho é dimensionada pela posição hierárquica, os corredores são bem definidos e se percebe a paisagem interna de cubículos alinhados de 1,60 m de altura.

Segundo Pile (in ANDRADE, 2007), as vantagens do Escritório *Open Plan* são:

- Melhor comunicação entre áreas e sentimento de equipe;
- Gerência não isolada;
- Flexibilidade de mudanças;
- Facilidades na iluminação e ar-condicionado pelo espaço aberto;
- Menores preços de construção por causa da ausência de paredes internas;

Já as desvantagens para Pile (in ANDRADE, 2007), envolvem:

- Perda de privacidade;
- Excesso de ruído;
- Estações de trabalho parecem “baias” pouco espaçosas.

Para Klein (1982), as desvantagens desse tipo de *layout* são maiores que as vantagens, pois a instalação de divisórias para melhoria acústica, por exemplo, anula a vantagem da redução de custos do espaço aberto, e ele considera que esse modelo não é adequado para todos os tipos de empresas e edifícios. Apesar das desvantagens, o *Open Plan Office* foi muito utilizado nos Estados Unidos e Japão.

Esse modelo sofreu alterações ao longo do tempo para atender à demanda das empresas e se adaptar às novas tecnologias, principalmente a tecnologia da informação. Os custos de mobiliário também geraram mudanças, como a necessidade de diminuição da estação de trabalho.

A ampliação do uso de computadores veio com inúmeros problemas causados pelo uso inadequado desses no posto de trabalho, prejuízos à saúde e processos trabalhistas. Daí surgiram normas e requisitos de ergonomia específicos, que ditavam regras sobre o mobiliário, incluindo forma, textura do material e acessórios de apoio para pés e pulsos.



Figura 25: Conceito de Escritório de Planta Livre (*Open Plan Office*).
Fonte: Herman Miller

ESCRITÓRIOS TERRITORIAIS E NÃO-TERRITORIAIS:

O contexto do início da década de 1980 nos Estados Unidos era de crise e desemprego, porém ainda tentavam inovar nos processos produtivos e buscavam o bem-estar dos clientes e também funcionários. Nessa época surgem os termos “terceirização” e “*empowerment*”, em que se concentrava no essencial e se delegava a empresas especializadas serviços secundários, e também esforçava-se na capacitação do funcionário. Os computadores se tornaram menores e não precisavam mais ficar confinados em salas climatizadas.

Hoje os conceitos de ocupação que apareceram na década de 1980 se dividem em territorial e não-territorial, no primeiro, as estações de trabalho são individuais enquanto no segundo, elas são compartilhadas (ANDRADE, 2007).

Nos escritórios territoriais vemos três categorias de *layout* que serão descritas a seguir.

- Escritório aberto: não há impedimentos visuais entre os postos de trabalho, há flexibilidade e eficiência de infraestrutura, assim como no *Open Plan*, as estações de trabalho são geralmente do mesmo tipo e espalhadas por todo o pavimento, mas nesse caso com biombos mais baixos facilitando a comunicação. Dentro dessa categoria é possível a divisão de grupos separados por armários, o que melhora a acústica do local. Ainda nesse modelo havia as chamadas equipes de alto desempenho, que usavam o *layout* para integrar as pessoas compartilhando o mesmo ambiente, que podiam se comunicar sem sair do posto de trabalho. Para Guillem (in ANDRADE, 2007), os aspectos técnicos como temperatura, qualidade do ar, acústica e iluminação devem ser considerados pelos arquitetos, uma vez que impactam diretamente no desempenho dos funcionários; ele ainda diz que a densidade do espaço não deve ser muito alta, para não atrapalhar a concentração de tarefas.

- Escritório fechado ou celular: o espaço é compartimentado através de paredes ou divisórias, o que proporciona privacidade e melhoria acústica, porém atrapalha a comunicação e há pouca flexibilidade. Os *Combi Offices* são totalmente fechados e foram muito utilizados na Europa. Segundo Loftness (in ANDRADE, 2007), estudos de produtividade indicaram que para atividades de

concentração, como pesquisa e programação, esse tipo de escritório é mais vantajoso. Esse modelo possui salas dos dois lados do edifício, o que forma um longo corredor entre elas, as áreas de integração e de uso comum, por sua vez, se encontram num espaço central.

- Escritório aberto/fechado ou combinado: o espaço é dividido de acordo com a posição hierárquica dos funcionários, ou atividades realizadas, em que existem tanto estações de trabalho num ambiente aberto, quanto em salas fechadas. Há menos problemas relacionados ao barulho em comparação com o espaço aberto. Nessa categoria, existem dois grupos, os hierárquicos e os humanizados; nos primeiros as chefias ficam em salas fechadas na periferia do edifício e o restante dos funcionários na parte central sem vista e iluminação natural; já nos segundos há o privilégio da iluminação natural, em que as pessoas ficam mais próximas às janelas, e as salas fechadas ficam mais internas ao prédio, às vezes com divisórias de vidro. Ainda nesse grupo há as chamadas “*Universal Plans*”, em que as estações de trabalho são padronizadas evitando desperdício e alterações de *layout*.

As Figuras 26 a 29 são exemplos dos três tipos de escritórios descritos acima.

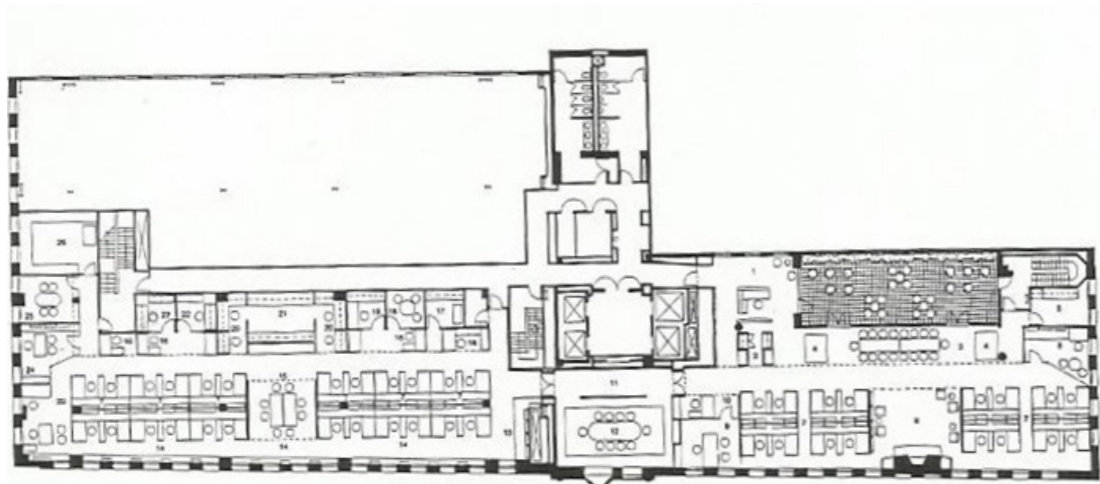


Figura 26: Escritório do tipo aberto.
Fonte: Tetlow, 1997, p.95

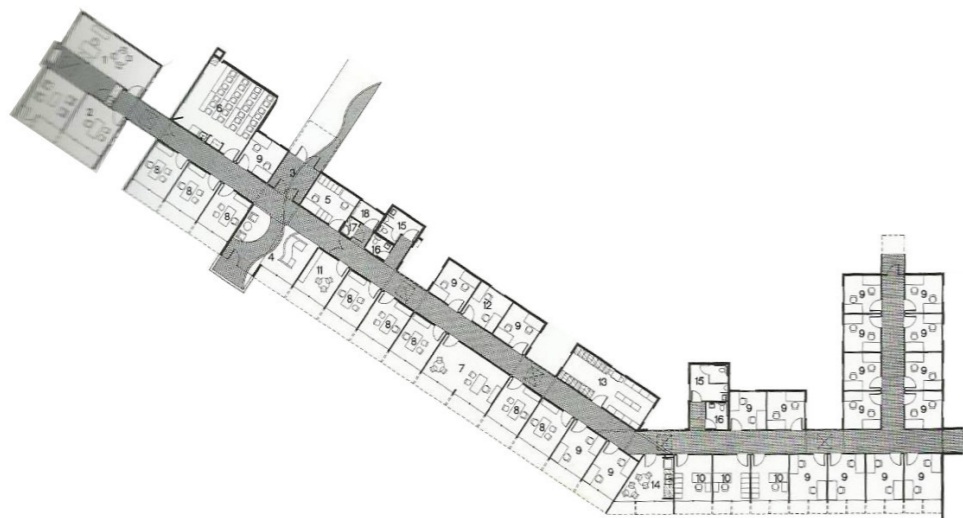


Figura 27: Escritório do tipo fechado.
Fonte: Tetlow, 1997, p.139

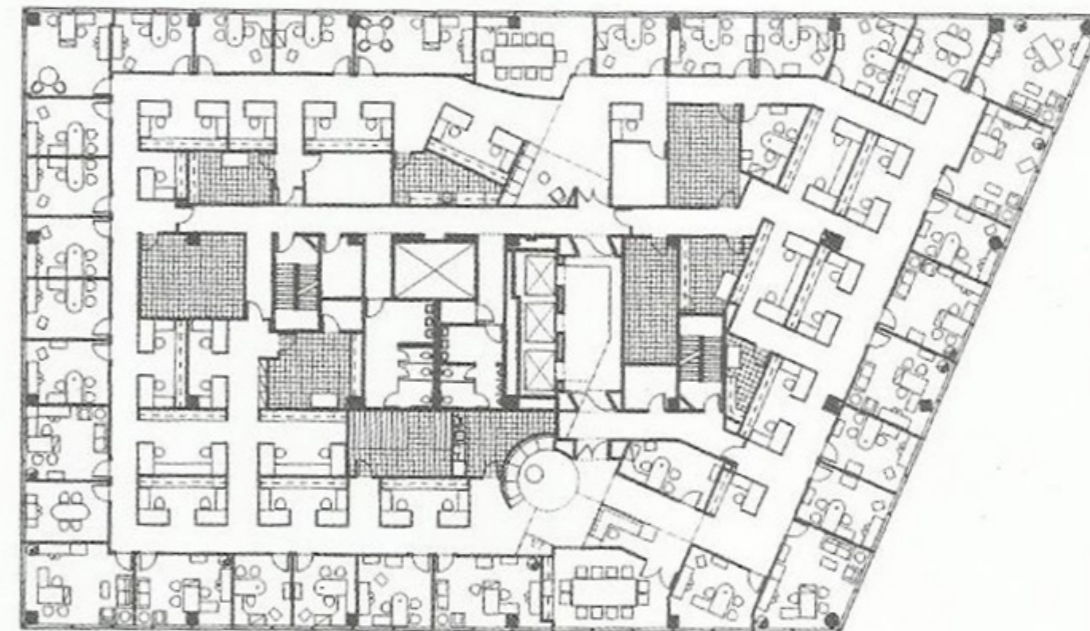
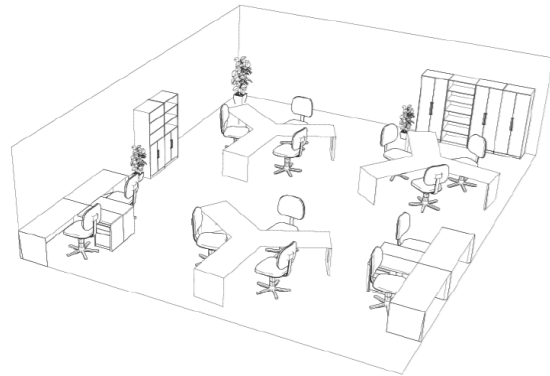
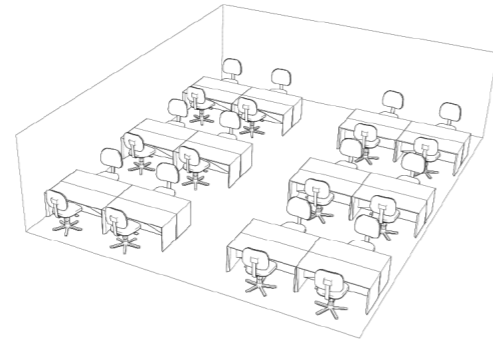


Figura 28: Escritório do tipo aberto/fechado.
Fonte: Tetlow, 1997, p.71

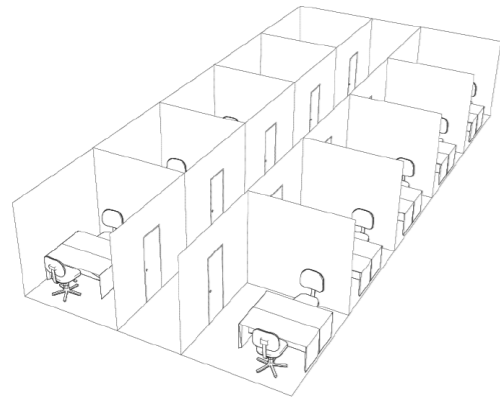
Os diversos tipos de uso do espaço podem ser resumidos nos croquis abaixo (Figura 29):



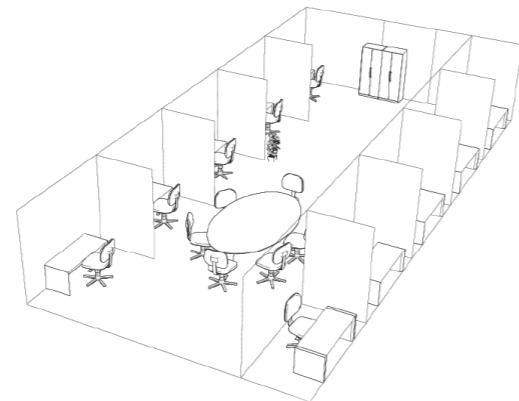
ESCRITÓRIO PANORÂMICO



ESCRITÓRIO DE PLANTA LIVRE



ESCRITÓRIO CELULAR



ESCRITÓRIO COMBINADO

Figura 29: Diferentes usos dos espaços de escritório.
Fonte: Desenho da autora baseado em HARRISON et al., 2004

Na década de 1990, o processo de globalização trouxe muitas alterações no mundo corporativo, em que muitos países entraram na concorrência obrigando países ricos a cortar gastos. Segundo Hammer e Champy (in ANDRADE, 2007), as empresas deveriam recomeçar do zero, e ao contrário do raciocínio da divisão de tarefas do filósofo e economista britânico Adam Smith, deveriam reunificar as tarefas em processos coerentes. Há nesse contexto o conceito de *downsizing*, em que os processos antes piramidais começam a se horizontalizar, e isso se reflete no ambiente físico.

A tecnologia nessa época, como telefones celulares, *laptops* e internet, deram mais autonomia aos funcionários de algumas áreas, dando a possibilidade de trabalho fora do ambiente de escritório, os chamados escritórios não-territoriais. A categoria dos escritórios não-territoriais é caracterizada pela inexistência de estações de trabalho individualizada e pode ser dividida entre outras subcategorias, que serão descritas a seguir.

- *Home Office* ou Teletrabalho: o conceito de *telecommuting*, que envolve o trabalho “ir até a pessoa” foi viabilizado através da internet e da telefonia, e possibilita que as pessoas trabalhem em casa. Essa forma de trabalho como qualquer outra possui suas vantagens e desvantagens. Por um lado há redução de custos com o espaço físico das empresas, mas por outro têm-se problemas com a saúde ocupacional devido à improvisação de espaços. Essa opção parecia no início uma solução ideal, porém as experiências mostraram que não é uma opção para todos, principalmente do ponto de vista psicossocial. Com o cenário de pandemia mundial atual, esta subcategoria ganhou importância novamente.
- *Hoteling*: esse conceito envolve o uso de serviços de hotel, e foi criado a princípio para atender às necessidades das gerências em viagens. São usadas salas fechadas reservadas e focadas no recebimento de clientes e visitantes, com toda tecnologia de comunicação necessária. Percebeu-se essa opção como viável e econômica uma vez que havia funcionários que passavam mais de 40% do tempo fora da empresa (ANDRADE, 2007), logo, o espaço ficaria ocioso.

- *Free Address*: é destinado aos funcionários que realizam seu trabalho a maior parte do tempo fora da empresa, e se caracteriza por uma área com estações de trabalho para uso eventual. Inicialmente o sistema foi pensado para que as estações fossem usadas por ordem de chegada, depois o sistema de reserva com antecedência se mostrou mais viável. Segundo Andrade (2007), dependendo do perfil de atividades da empresa, a redução de espaço com esse modelo *Free Address* pode chegar a 50%, com uma estação sendo ocupada por até quatro funcionários.

- *Red Carpet Club*: nessa categoria apesar dos funcionários passarem a maior parte do tempo fora do edifício da empresa, no decorrer do dia precisam retornar a ele, então há uma combinação de *Hoteling* e *Free Address*. O *layout* envolve espaços compartilháveis, salas fechadas e também espaços abertos para reuniões e conferências, geralmente incluindo cafeteria e áreas de estar. “O *Red Carpet Club* pode ser alocado em qualquer lugar, incluindo as sedes de empresas, e pode ser considerado uma base para aqueles que trabalham em casa, no carro ou em escritórios satélites” (LOFTNESS, 1995). Segundo Zelinsky (in ANDRADE, 2007), esse conceito possibilita um maior número de pessoas na empresa sem aumento de espaço, e ainda promove integração entre os grupos, além da escolha do lugar que melhor se adequa às tarefas. Apesar das vantagens, percebeu-se que esses espaços eram muito impessoais, o que levou as empresas a fazer um estudo mais detalhado das necessidades dos indivíduos. Ao entender e proporcionar conforto e bem-estar para os funcionários, as empresas acabam se beneficiando com maior produtividade e conseqüentemente lucro.

A Figura 30 apresenta um exemplo de planta envolvendo estes vários conceitos.

“A compreensão de que o capital humano é o recurso mais importante resultou em ambientes de trabalho cada vez mais voltados para atender não somente a suas necessidades básicas de saúde, segurança e conforto, mas também a seus desejos e expectativas, tornando-se cada vez mais inspiradores e motivadores ao trabalho criativo” (ANDRADE, 2007).

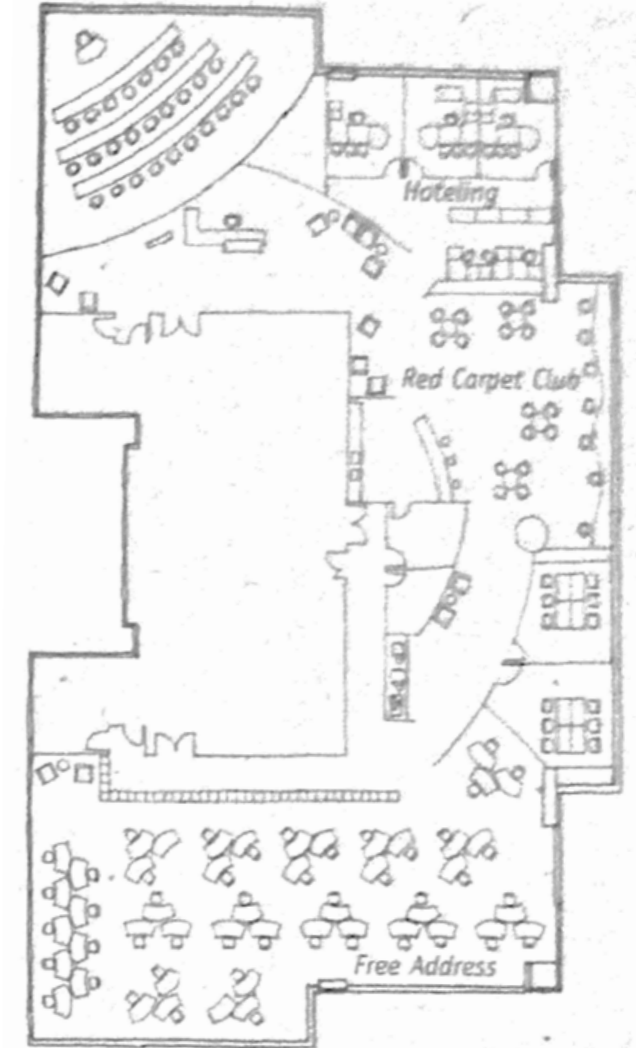


Figura 30: Planta envolvendo vários conceitos.
Fonte: ANDRADE, 2007, p.69

1.4. O AMBIENTE INTERNO NO CONTEXTO BRASILEIRO

As transformações pelas quais o ambiente de trabalho passou ao longo do tempo foram muito diferentes no contexto brasileiro e ocorreram em épocas diferentes das estadunidenses e europeias. No começo do século XX o Brasil era predominantemente rural e as atividades envolvendo escritórios se restringiam ao Rio de Janeiro e São Paulo.

No final da década de 1920 essas duas cidades começam a receber empresas multinacionais, o que causa mudanças significativas na paisagem urbana, quando surgem edificações monumentais com fachadas em estilo arquitetônico neoclássico eclético (ANDRADE, 2007). Um exemplo que representa o modelo de arranha-céus que começam a aparecer é o Edifício Alexandre Mackenzie (Figura 31), sede da *Light Power Company*, de 1928, em São Paulo, que internamente adota *layouts* tayloristas. Seu espaço interno era aberto, sem paredes divisórias, com o mobiliário lado a lado, e havia hierarquia representada pelo mobiliário e pelas salas fechadas dos gerentes.



Figura 31: Interior do Edifício Alexandre Mackenzie

Fonte: Arquivo iconográfico da fundação Patrimônio histórico da energia de São Paulo



Figura 32: Escritórios no Brasil até 1960.

Fonte: IBM Notícias Brasileiras, 1972, p.6

Após a Segunda Guerra Mundial, o setor terciário cresce um pouco mais com a expansão industrial. O conceito de *Bullpen*, descrito no item anterior, continua a liderar o modo de ocupação das empresas nessa época, com a ideia de organização seguindo os processos, evitando o desperdício de tempo e pessoal. O mobiliário era principalmente de aço, com exceção dos cargos mais altos que possuíam mesas de madeira, uma diferenciação que reforçava a maneira hierárquica e autoritária dos ambientes de trabalho daquela época no país.

Já na década de 1970, com a incorporação de empresas multinacionais, principalmente americanas, os aspectos físicos dos escritórios começam a mudar. O conceito trazido nessa fase era o de Planta Livre (*Open Plan*), com certas adaptações, o que deixava os escritórios mais parecidos com o conceito do Escritório Panorâmico (*Landscape*). Os *layouts* eram configurados por áreas e departamentos separados por biombos. As mesas ficavam lado a lado e as gerências possuíam salas fechadas junto às janelas. Inicialmente eram utilizadas as plantas ornamentais para humanizar o espaço, mas aos poucos foram sendo banidas na ideia de que eram nocivas à saúde no ambiente interno, o que não ocorreu em países europeus. A indústria moveleira nacional também foi acompanhando o processo de mudanças e começou a criar adaptações.

Segundo Andrade (2007), só a partir do final da década de 1980 mudanças mais expressivas começam a acontecer tanto no espaço físico, quanto na organização do trabalho. Como exemplo, temos a sede do Citicorp na Avenida Paulista, em 1987, reconhecido como um Edifício Inteligente, com *layout*, acabamentos e estações de trabalho inspirados nos padrões americanos. Os postos eram padronizados por função e atividades, os biombos variavam de 0,9 m a 1,60 m, de madeira ou vidro. O *layout* seguia o conceito de Escritório Aberto, e quando havia salas da gerência, estas ficavam junto às janelas.

O processo de automação dos escritórios e a flexibilização da jornada de trabalho no Brasil foram muito lentos se comparados aos Estados Unidos e à Europa, porém a necessidade de mudança era urgente. *“O cenário econômico de inflação alta e de instabilidade exigia elasticidade das organizações e ambientes que permitissem grande flexibilidade para mudança”* (ANDRADE, 2007). Ainda nessa época aconteceram mudanças no cenário dos escritórios para atender à NR 17 (Norma Regulamentadora do Ministério do Trabalho), com critérios ergonômicos mínimos.

Já na década de 1990 a competitividade e a demanda foram crescendo, o que motivou a indústria moveleira a criar mais opções de mobiliário para escritório (Figura 33). O cenário dos ambientes de escritórios nessa fase se parecia muito com o modelo americano de salas fechadas para as gerências e um espaço aberto para as outras áreas, com estações de trabalho compactas e modulares separadas por biombos baixos. Uma característica que aparece também é a padronização



Figura 33: Central de atendimento telefônico de empresa do setor financeiro que utiliza mesas com regulagem de altura.
Fonte: ANDRADE, 2007, pg.83



Figura 34: Interior do Edifício Sicur Coworking | Exemplo de espaço de trabalho do início do século XXI.
Foto: Matheus Meireles

do espaço, principalmente de instituições financeiras, em que se observa o mesmo padrão e identidade visual em todo o território nacional.

Os conceitos de escritório totalmente fechado ou totalmente aberto são existentes, mas pouco usados no Brasil, sendo o primeiro geralmente usado em empresas de origem europeia. Já os conceitos não-territoriais são pouco usados no Brasil até então, mas já se percebe, desde o início do século XXI, o crescimento e uso dos espaços de *coworking* (Figura 34) e também da prática do *home office* por algumas profissões mais independentes, como equipes de vendas. O termo Escritório Virtual tem sido usado no Brasil para caracterizar espaços de escritório para alugar, sejam salas fechadas, salas de reunião ou todo um ambiente com infraestrutura de serviços.

O uso dos escritórios classificados como não-territoriais envolve uma mudança de mentalidade e de estrutura organizacional das empresas, e o que se vê no Brasil é uma mudança lenta²⁷ nesse aspecto, com exceção de algumas empresas de publicidade, consultorias e tecnologia da informação. Segundo Mello (1999), essa resistência a mudanças é uma questão cultural do Brasil, e a adoção do trabalho flexível encontra muitas barreiras devido à cultura da “*exigência da presença física no local de trabalho como também do hábito do funcionário de ser tratado de forma paternalista e ter dificuldades para administrar seu tempo*”. Para Andrade (2007), a preocupação com a redução de custos e o gerenciamento do espaço como despesa inviabiliza a otimização do espaço e dos recursos prediais, enquanto, ao contrário, deveriam ser enxergados como recursos a serem analisados, do ponto de vista de valorização do funcionário e conseqüentemente do aumento de produtividade.

Já nos escritórios territoriais percebe-se uma evolução, em que o foco é maior na atividade realizada ao se definir o mobiliário, em um espaço mais democrático com a hierarquia menos enfatizada. Os espaços de convívio e encontros informais também são mais valorizados no projeto, para refletir melhor a imagem da empresa. A infraestrutura dos edifícios contemporâneos conta com pisos elevados para adequar a fiação elétrica e de rede, forros modulares acústicos e mobiliário autoportante, às vezes com postes de eletrificação central para flexibilizar a disposição das mesas.

²⁷ Devido aos eventos mais recentes relacionados à quarentena e às conseqüências da pandemia mundial do COVID-19 em 2020, é provável que esse processo seja acelerado e as formas de trabalho mudem bastante a partir dessa fase. Porém como o país ainda está passando por ela no momento, ainda não se pode afirmar com certeza quais serão seus desdobramentos na arquitetura.

1.5. PERSPECTIVAS PARA O FUTURO DOS AMBIENTES DE ESCRITÓRIO

No decorrer do século XX, os espaços de escritório foram se modificando em vários aspectos, incluindo mobiliário, *layout* interno e materiais de acabamento. Os objetivos também evoluíram, chegando numa ideia de trazer conforto e saúde ao usuário do edifício, possibilitando flexibilidade e segurança. Para Andrade (2007), a capacitação do homem para o trabalho está ligada a transformar informação em conhecimento e o último em desempenho. A posição hierárquica era o padrão no século XX, mas a tendência é que isso continue mudando, passando de vertical, por setores em equipes, às redes inter-relacionadas.

As empresas pós-industriais do século XXI se caracterizam principalmente por uma estrutura multifuncional, com trabalho em equipe, mais criativo do que operacional, controle participativo e integrado. Os métodos de organização do trabalho estão cada vez mais diversificados, e não condizem com *layouts* rígidos e formais. A estrutura passada envolvia um trabalho criativo de um pequeno círculo da elite de engenheiros e uma grande massa de operadores, e o caminho agora é a flexibilidade do trabalho, e isso vai ser refletido no espaço físico.

O ambiente de trabalho dessa fase contemporânea envolve mobiliário compartilhado, estações de trabalho baseadas nas funções e atividades, áreas de apoio e convívio mais valorizadas, infraestrutura complexa e busca do melhor custo-benefício. A qualidade do ambiente e conforto do usuário passam a ser vistos como meio de se ganhar produtividade e desempenho.

A tendência dos espaços de escritórios hoje é a de buscar espaços variados para atender à demanda de atividades diversas, e para que as pessoas possam se movimentar e escolher o espaço que seja mais adequado ao momento. Esses espaços envolvem:

- Espaços abertos amplos com mesas grandes ou pequenas estações dependendo da necessidade de comunicação e integração;
- Salas fechadas compactas para atividades de concentração ou privacidade;
- Salas para trabalho em equipe com recursos de mídia e adaptáveis;

- Salas de reuniões formais, com divisórias removíveis e adaptáveis ao número de pessoas;
- Ambiente de convívio social, como cafeterias;
- Ambientes de desconpressão, como jardins.

“Quanto ao aspecto tecnológico, a evolução dos edifícios de escritórios caminha para o uso racionalizado dos recursos naturais como aliado fundamental na busca de um ambiente de trabalho saudável e na otimização dos custos de operação e manutenção ao longo de sua vida útil” (ANDRADE, 2007). Como bem colocado por Andrade, o desafio da arquitetura de escritórios hoje é aliar a tecnologia com a conservação dos recursos naturais, na busca do melhor desempenho dos edifícios comerciais. O propósito deste capítulo foi, então, levantar a evolução dos espaços de trabalho e entender as necessidades atuais desses ambientes, para então projetar um edifício focado nas demandas identificadas.

Hoje, o *layout* mais comum em escritórios é composto principalmente por uma grande planta livre, uma série de ambientes celulares e pequenas áreas sociais. O Conselho Britânico de Escritórios (2009), divide esse *layout* em quatro zonas: Circulação (18,2%), Planta livre (39,5%), Áreas de suporte (33%) e Espaços Celulares (9,3%). Essas configurações não atendem mais às necessidades de um ambiente de trabalho contemporâneo, que demanda movimento, agilidade e flexibilidade. Essas disposições prejudicam o conforto e a eficiência das pessoas e pouco favorecem a troca de conhecimentos e interação social entre elas.

Os escritórios celulares ainda são necessários para trabalhos que exigem concentração e privacidade, sua a área de circulação deve comportar ambientes diversos e os espaços de interação são objeto de importância central. Um exemplo que segue essa linha mais contemporânea de ambiente de escritório é a empresa *Steelcase*²⁸, que possui em sua sede um ambiente focado no estímulo à inovação e à colaboração, com uma grande variedade de espaços de trabalho e mobilidade entre

28 Empresa de desenvolvimento de produtos, mobiliário e serviços para o local de trabalho e espaços de saúde e educação.

eles. A empresa prega um “conceito nômade”, promovendo uma “palheta (sic) de lugares” para que o funcionário possa escolher onde quer trabalhar no momento, e também se baseia em soluções projetuais a partir de uma “palheta (sic) de posturas” que incentiva a mudança de lugar ao longo do dia. Segundo Monroy (2017), variar de posições é fisicamente energizante e mentalmente estimulante. Espaços de trabalho que permitem que seus colaboradores mudem de posturas ajudam no revigoramento, bem-estar e engajamento das pessoas. O esquema abaixo ilustra essa filosofia (Figuras 35 e 36), que fornece uma metodologia para criar um local de trabalho projetado para um mundo interconectado. Segundo essa metodologia, as pessoas realizam trabalhos individuais (“eu”) e em grupo (“nós”), porém sem necessariamente atribuir um espaço particular para todo trabalho individual e nem um espaço compartilhado para todo o trabalho em equipe.

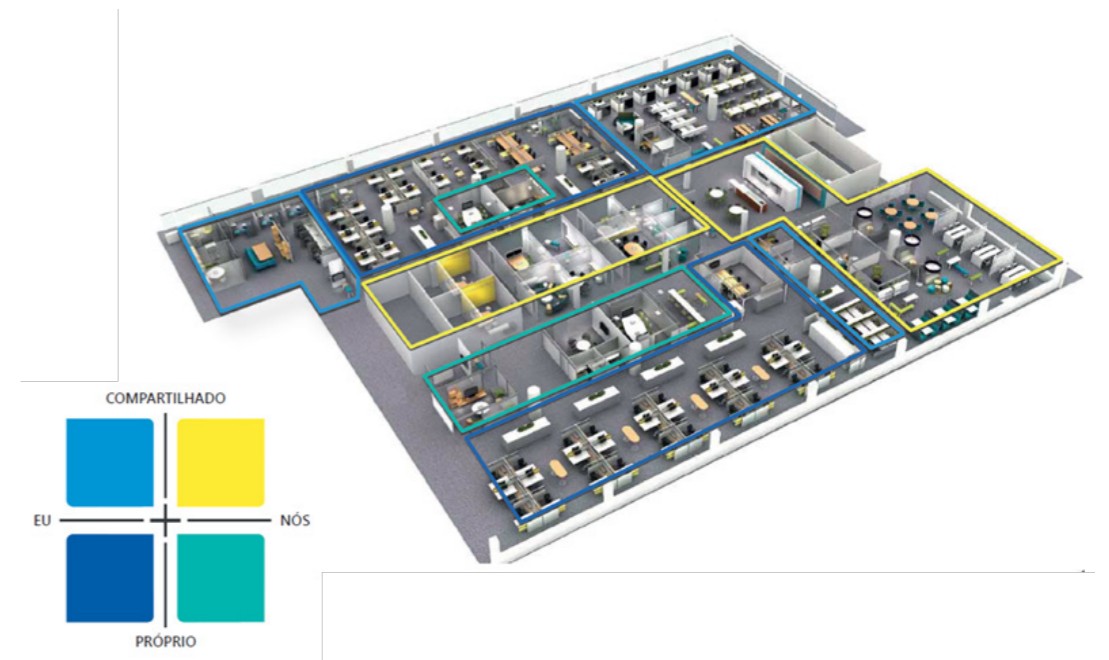


Figura 35: Distribuição do programa a partir dos conceitos defendidos pela Steelcase para ambientes de trabalho. Fonte: Steelcase

O ESPAÇO DE TRABALHO INTERCONECTADO

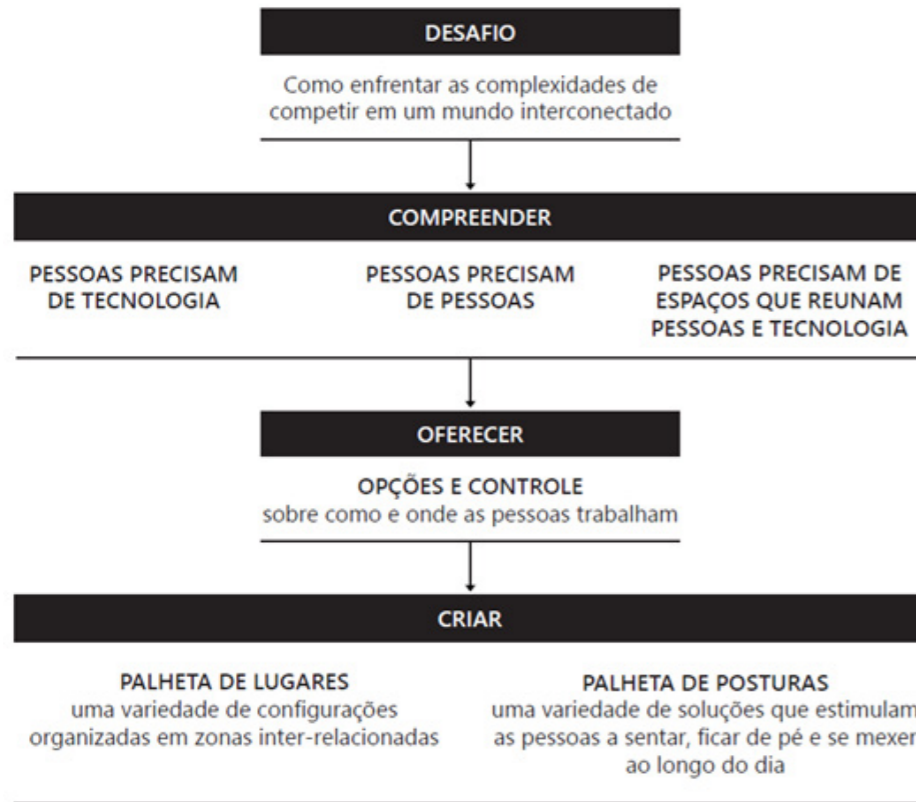


Figura 36: Filosofia de criação dos espaços a partir dos conceitos da empresa *Steelcase*.

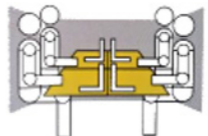
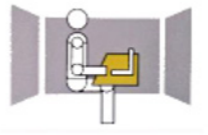
Fonte: MONROY,2017


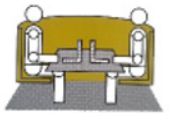
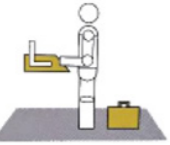



Segundo Van Meel et al. (in GHOSN, 2019) o principal objetivo ao se desenvolver um projeto de ambiente de trabalho é dar suporte aos seus usuários no exercício de suas funções e atividades, e o conceito da empresa deve envolver produtividade, redução de custos, aumento de flexibilidade, incentivo à interação, suporte a mudanças culturais, estímulo à criatividade, atração de pessoal, expressão de marca e redução de impacto ambiental.

As tendências atuais de espaços de trabalho estão cada vez mais voltadas para o estilo de planta livre ABW (*Activity Based Working*), conceito que envolve um *layout* projetado para acomodar atividades variadas, práticas e processos de trabalho dentro da empresa. Ele possui uma variedade de ambientes que se ajustam às atividades de cada usuário, sendo mais do que simplesmente implementar estações de trabalho. O foco é o usuário, e existe liberdade para escolher como e onde trabalhar, além de escolher as melhores ferramentas para realizar o trabalho (GHOSN, 2019).

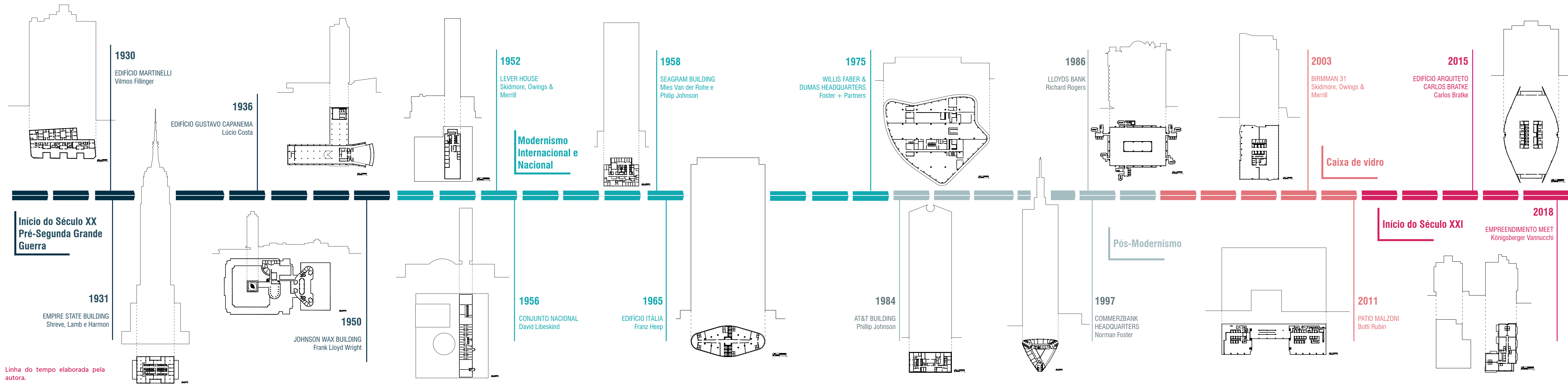
A Tabela 1 a seguir, apresenta um resumo de tipologias de estação de trabalho e possibilidades de espaços dentro das plantas.

Tabela 1: Resumo das tipologias de estações de trabalho. Fonte: GHOSN, 2019

IMAGEM	NOME	DEFINIÇÃO	USO E ATIVIDADES	CONSIDERAÇÕES
	Estação linear	Espaço de trabalho semiaberto, para duas a oito pessoas. Podem ser implantadas com divisórias altas ou baixas entre as estações de trabalho.	Trabalhos colaborativos que exigem interação entre as equipes. Trabalho individual que requer nível médio de concentração.	A altura das divisórias pode ser escolhida conforme as atividades exercidas, divisórias altas proporcionam maior privacidade e as baixas maior interação entre seus usuários, incluindo a utilização de materiais isolantes para conforto acústico.
	Estação celular	Espaço de trabalho semicerrado para uma pessoa.	Trabalho individual que exige níveis de concentração média. Trabalhos que exigem um nível baixo de interação e entre os colegas.	A altura das divisórias pode ser escolhida conforme as atividades exercidas, divisórias altas proporcionam maior privacidade e as baixas maior interação entre seus usuários, incluindo a utilização de materiais isolantes para conforto acústico.

	Cabine individual	Espaço de trabalho fechado para uma pessoa.	Adequada para o uso por um curto período. Indicada para trabalho individual que requer alto nível de concentração e/ou confidencialidade e privacidade. Atividades que podem distrair colegas de trabalho, como ligações telefônicas e pequenas reuniões. Também utilizada por funcionários de trabalhos flexíveis ou móveis.	Planejamento cuidadoso para dimensionar a demanda de cabines individuais no escritório. Pode ser usada para pequenas reuniões.
	Salão de trabalho	Espaço de trabalho informal para duas a seis pessoas.	Adequado para atividades de curta duração que exigem colaboração e integração, geralmente utilizado por usuários que trabalham de forma flexível. Trabalhos individuais que exigem pouca concentração.	Permite uma colaboração espontânea entre seus usuários, especialmente as que possuem a configuração de uma bancada única. Espaço informal, colaborativo e de integração.
	Estação temporária e/ou ponto de reunião	Espaço de trabalho aberto para uma pessoa, ou um ponto de encontro aberto.	Indicada para atividades de curta duração, que exigem pouca concentração e baixa interatividade (como verificação de e-mail, por exemplo). Também indicada para reuniões específicas e informais. Geralmente utilizada com base na ordem de chegada de seus usuários.	Geralmente projetada para ser utilizada em pé, ao invés de sentado, induzindo a utilização por um curto espaço de tempo e para atividades que exigem pouca concentração. Pode ser usado como espaço adicional para períodos de altas taxas de ocupação.
	Salas de reunião	Diferenciadas, apenas pelo número de ocupantes por sala, é destinada para reuniões de equipe, clientes e discussões confidenciais.	Adequada tanto para interação formal e/ou informal. Utilizada para pequenas ou grandes reuniões, apresentações, salas de brainstorm e trabalhos em equipe.	Seu desenho pode variar desde espaços totalmente fechados, favorecendo a confidencialidade dos assuntos tratados, assim como salas abertas e transparentes, para reuniões e discussões informais. Diferentes tamanhos e configurações colaboram na utilização de diversas outras tarefas.
	Espaços de reunião	Espaços de reuniões abertos, indicados para trabalhos de interação de curta duração e informais.	Adequado para pequenas reuniões específicas, de assuntos não confidenciais, pequenas apresentações e pequenos eventos corporativos.	Divisórias altas, painéis ou cortinas proporcionam privacidade visual, pois o ruído pode incomodar outros usuários. Pode ser oferecido em diversos tamanhos e configurações.
	Espaços de apoio	Espaços que dão suporte aos diferentes processos e práticas de trabalho.	Salas de arquivamento de documentos e/ou arquivos. Espaço de armazenamento de material de escritório. Área de impressão e cópia. Área para recebimento de correspondências. Área de alimentação (cafeterias e cozinhas). Área de descanso e/ou descompressão. Área de guarda-volumes. Área de fumantes. Biblioteca. Sala de jogos. Área de espera. Área de circulação.	Empresas com processos de trabalho altamente digitalizados fazem menor uso de espaços de armazenamento, por exemplo. Uma sala de jogos é implementada em organizações onde a cultura da empresa é mais informal. Os espaços de apoio servem como ímã, devendo ser estrategicamente localizados. A definição dos espaços a serem implantados dependerá das atividades desenvolvidas pelas empresas/organizações.

Para ilustrar esse histórico e visualizar em ordem cronológica alguns exemplos de edifícios, foi elaborada uma linha do tempo, começando pelo início do século XX, pré-segunda guerra mundial, passando pelo modernismo, pós-modernismo, final do século XX até o início do século XXI.



Linha do tempo elaborada pela autora.

**Início do Século XX
Pré-Segunda Grande
Guerra**

1930
EDIFÍCIO MARTINELLI
Vilmos Fillinger

1936
EDIFÍCIO GUSTAVO CAPANEMA
Lúcio Costa

1931
EMPIRE STATE BUILDING
Shreve, Lamb e Harmon

1950
JOHNSON WAX BUILDING
Frank Lloyd Wright

1952
LEVER HOUSE
Skidmore, Owings & Merrill

**Modernismo
Internacional e
Nacional**

1956
CONJUNTO NACIONAL
David Libeskind

1958
SEAGRAM BUILDING
Mies Van der Rohe e
Philip Johnson

1965
EDIFÍCIO ITÁLIA
Franz Heep

1975
WILLIS FABER &
DUMAS HEADQUARTERS
Foster + Partners

1984
AT&T BUILDING
Phillip Johnson

1986
LLOYDS BANK
Richard Rogers

1997
COMMERZBANK
HEADQUARTERS
Norman Foster

Pós-Modernismo

2003
BIRMMAN 31
Skidmore, Owings &
Merrill

Caixa de vidro

2011
PATIO MALZONI
Botti Rubin

2015
EDIFÍCIO ARQUITETO
CARLOS BRATKE
Carlos Bratke

Início do Século XXI

2018
EMPREENDIMENTO MEET
Königsberger Vannucchi

CAPÍTULO 2

CONFORTO AMBIENTAL E EFICIÊNCIA ENERGÉTICA

O desenvolvimento de tecnologias e sistemas prediais no século passado, como a invenção do ar-condicionado por Willis Carrier em 1928 e da lâmpada fluorescente em 1938, exerceram uma grande influência na abordagem metodológica de projeto para edifícios de escritórios e ambientes de trabalho. Neste contexto, um estilo universal de arquitetura surgiu, onde as novas edificações poderiam estar completamente desconectadas do clima, dependendo dos sistemas de iluminação e condicionamento artificial durante todo ano para alcançar o conforto dos usuários. Desde então, o processo de projeto para edifícios de escritório está mais focado nas soluções plásticas arquitetônicas (de forma e materialidade), desprezando, na maior parte dos casos, os aspectos técnicos projetuais específicos para os diferentes climas.

A estética das fachadas envidraçadas (sem a presença de sombreamento externo) e a verticalidade dos edifícios comerciais têm um efeito significativo na criação de marcos arquitetônicos nas cidades, transmitindo uma imagem de avanço tecnológico e prestígio. Entretanto, do ponto de vista de desempenho ambiental, os benefícios das vistas externas abundantes e alta incidência de luz natural no perímetro dos pavimentos se tornam irrelevantes, quando levadas em consideração outras questões resultantes destas soluções arquitetônicas, como por exemplo, o superaquecimento, que no caso de edifícios condicionados artificialmente, resulta em aumento da demanda energética para resfriamento; e também o ofuscamento, devido à incidência de luz do sol direta nas estações de trabalho, aumentando a necessidade do uso de persianas e tornando assim indispensável o uso de iluminação artificial. Estas tendências arquitetônicas contribuem para o aumento da demanda energética do setor de edificações, que atualmente representa aproximadamente 25% do consumo de energia primária global, sendo assim responsável por 33% das emissões globais de CO₂. É importante ressaltar também que 60% do consumo mundial de eletricidade são destinados a edifícios comerciais e residências (BARKER et al., 2007).

É sabido que não é possível determinar o desempenho ambiental de um edifício somente através da análise do seu consumo energético. É necessário avaliar também se a origem da energia primária está ligada a emissões de carbono. No Brasil, a maior parte da geração de energia se dá por meio das hidroelétricas, que, como se sabe, não contribuem diretamente para emissões de carbono. No entanto, o Relatório Síntese do Balanço Energético Nacional (BEN) de 2015 demonstrou que a participação de fontes renováveis de energia na matriz brasileira reduziu de 88,7% em 2011 para 65,2%

em 2014.

Este fato se deve fundamentalmente à redução no regime de chuvas durante estes anos, que resultou em uma contração no volume de água armazenada nos reservatórios afetando a capacidade de produção de energia das hidroelétricas. Este período de seca excessiva entre os anos de 2011 e 2014 demonstra a fragilidade deste sistema, principalmente no cenário atual de mudança climática, onde eventos climáticos extremos podem ocorrer com mais frequência.

Outro fator a ser questionado é que normalmente a operação das hidrelétricas não está diretamente associada a emissões de carbono. Contudo, o processo de construção das hidroelétricas demanda uma alta energia incorporada, resultante do grande volume de materiais empregados como cimento e aço. Ademais, devem ser levadas em consideração também outras formas de impacto ambiental ocasionadas por esta matriz de geração de energia como, por exemplo, a inundação de áreas de floresta nativa.

Diante deste cenário e tendo em conta as previsões que apontam um crescimento de 80% no consumo energético brasileiro até o ano de 2035 (BP, 2014), evidencia-se a urgente necessidade de redução da demanda de energia no setor de edificações, que é responsável por significativa parcela do consumo energético brasileiro. Desta forma, a eficiência energética passa a ser fundamental para um crescimento mais sustentável, sendo uma importante medida de mitigação das emissões de CO₂ e dos efeitos de mudança climática.

Mais específico ao contexto dos ambientes de escritórios, o condicionamento de ar em edifícios comerciais representa aproximadamente 47% do total da energia elétrica consumida no Brasil, seguido pela iluminação artificial, com 22% do total (Eletrobrás, 2007). Essa proporção se torna ainda mais relevante na cidade de São Paulo, que abriga a maior quantidade e concentração de edifícios de escritório de todo país. Estes dados demonstram a necessidade de se realizar uma revisão crítica a respeito do modelo de edifícios que vem sendo desenvolvido e praticado nas últimas décadas, buscando encontrar soluções para uma abordagem mais direcionada à melhoria do desempenho e da qualidade ambiental.

Os típicos edifícios de escritórios que vêm sendo construídos na cidade de São Paulo desde a década passada têm como características predominantes a planta profunda nos formatos retangulares e quadrados, com núcleo central e com a laje

do pavimento tipo variando entre 700 m² e 2000 m². Na maior parte dos casos estes edifícios não contam com dispositivos de proteção solar externo e as fachadas apresentam predominância de áreas envidraçadas, compostas por vidros refletivos ou *Low E*, que dispõem de um fator de transmitância luminosa muito baixo, quando comparado ao vidro incolor.

Assim, a maior parte destas edificações opera durante 100% das horas de ocupação, dependendo de climatização e iluminação artificial. Por outro lado, vêm sendo realizados estudos (MARCONDES 2010; COTTA 2012) que demonstram que através da implantação de conceitos bioclimáticos na arquitetura, é possível que estes edifícios venham a operar de forma passiva. Obviamente isso implica também em uma mudança radical da noção de conforto ambiental, com foco especial no conforto térmico.

Com relação aos parâmetros arquitetônicos a serem adotados em uma abordagem bioclimática de projeto, a profundidade da planta e a presença de átrios ou varandas são de suma importância para garantir a eficácia de conceitos como a iluminação e a ventilação natural, pois aumentam a proporção de áreas de fachada por área de ocupação em planta, o que a princípio já proporciona uma melhor qualidade ambiental ao espaço de trabalho.

Para a definição da profundidade da planta, deve-se adotar como ponto de partida a proporção de duas vezes a altura do pé direito do ambiente (BAKER e STEEMER, 2002) definindo assim a zona passiva de iluminação e ventilação. Adicionalmente, é necessário também um projeto adequado do sistema de sombreamento que necessita ser customizado para cada orientação de acordo com os ângulos de incidência solar de forma a bloquear toda a luz solar direta (*sunlight*), permitindo apenas o acesso à luz difusa (*daylight*) proveniente da claridade do céu, que além de apresentar o potencial de substituir a iluminação artificial em parâmetros numéricos (lux), ainda pode ser uma importante medida para o aumento da produtividade, reduzindo também os efeitos da Síndrome do Edifício Doente (*Sick Building Syndrome*) sobre os ocupantes.

Outra estratégia bioclimática da arquitetura a ser aplicada após a definição da profundidade adequada de planta e de um projeto apropriado para os dispositivos de sombreamento, é a utilização de ventilação natural, cuja aplicabilidade em edifícios de escritório ainda se apresenta como um desafio, muitas vezes não do ponto de vista técnico (pois já existem estudos de casos em edifícios reais que comprovam a

viabilidade desta estratégia mesmo em climas quentes), mas muitas vezes do ponto de vista cultural, devido à imagem de prestígio que está associada à climatização artificial (GONÇALVES, 2015). O ruído externo é outro fator que pode prejudicar a ventilação natural, pois ao abrir a janela o ruído do exterior invariavelmente entrará pela mesma.

Mais específico para a cidade de São Paulo, estudos embasados em simulações térmicas (MARCONDES, 2010; COTTA, 2012) demonstram que é possível alcançar a independência dos sistemas artificiais de climatização e iluminação por no mínimo 80% das horas ocupadas do ano, utilizando métodos passivos de resfriamento como a aplicação de massa térmica (lajes de concreto aparente).

A estratégia de utilização da massa térmica deve ser aliada à ventilação noturna, pois desta forma toda a calor emitida dentro do escritório durante o dia acaba sendo absorvida pela laje de concreto e durante a noite este calor é dissipado e a laje é resfriada, tendo um impacto significativo não só na redução da temperatura do ar do ambiente de trabalho durante o dia, como também proporcionando uma temperatura radiante de superfície mais baixa principalmente nas primeiras horas da manhã.

É importante ressaltar também que estas estratégias podem ser aplicadas em edifícios de modo misto que têm se apresentado como uma importante alternativa para maior confiabilidade do mercado, de forma que os sistemas ativos estão à disposição para atender as variações e efeitos climáticos mais extremos. Conforme mencionado por Gonçalves e Bode (2015) o valor da estratégia de modo misto vai além dos ganhos em economia de energia, e se estende até a criação de um modelo que se apresente com uma alternativa ao edifício hermeticamente fechado com fachada em pele de vidro, uma vez que ele já inclui no sistema de esquadrias, janelas que podem ser abertas.

Outro aspecto de suma importância para redução do consumo energético no setor de edificações é que as estratégias de projeto supracitadas não se restringem a edifícios novos, podendo ser aplicadas em prédios existentes em forma de requalificação ambiental, aumentando assim o desempenho energético, qualidade espacial e valor de mercado destes edifícios.

As mudanças climáticas que estão ocorrendo há alguns anos causam preocupação e ameaçam o estilo de vida atual, e as propostas e acordos de redução de emissões de

carbono não estão sendo cumpridas. Como dito anteriormente sobre a contribuição dos edifícios nessas emissões conclui-se que ou se muda o modo de fazer arquitetura e o comportamento dos ocupantes ou o gasto de energia para o resfriamento dos espaços será cada vez maior.

Com o objetivo de alertar os arquitetos e incentivar a construção de edifícios mais sustentáveis, estudos estão sendo feitos e artigos produzidos pela Universidade de Bath (KERSHAW e LASH, 2013), Universidade de Berkeley (FAULKNER et al., 2004) e Universidade Técnica da Dinamarca (WYON e WARGOCKI, 2013). Os estudos mostram que, apesar de haver um custo inicial de projeto de construção, as melhorias na produtividade dos funcionários em um ambiente interno de trabalho confortável podem justificar esse custo.

O conforto térmico possui uma natureza individual, então é provável que alguns indivíduos experimentem níveis de desconforto e excesso de excitação devido à sensação de frio ou muito quente. Segundo Kershaw e Lash (2013), este desconforto pode muito bem resultar em perda de desempenho devido ao ajuste de aclimatação, velocidade de digitação reduzida e diminuição da precisão. Quando o corpo está quente, a vasodilatação aumenta a facilidade do movimento do corpo, no entanto a transpiração pode afetar a aderência e pode haver efeitos de distração devido ao excesso de excitação e tensão fisiológica, especialmente em indivíduos sedentários. Também pode existir um fator psicológico quando o indivíduo faz esforço para manter a produtividade, apesar das condições ambientais. A longo prazo isso irá causar fadiga e resultar no decréscimo do desempenho.

O artigo de Paul Roelofsen, *"The Design of the Workplace as a Strategy for Productivity Enhancement"*, explica sobre o impacto do ambiente de trabalho na performance do funcionário, e mostra como o projeto do espaço de trabalho pode ser uma estratégia para o aprimoramento da produtividade. Ele diz que um requisito fundamental para um funcionário é um ambiente de trabalho que o permite trabalhar sob condições confortáveis, e baseando-se em pesquisas científicas realizadas, pode-se sugerir que melhorando o ambiente de trabalho, o que se espera é uma redução do número de reclamações e absenteísmo além de um aumento de produtividade.

A melhora na produtividade pode ser percebida tanto pelo menor número de abstenções ou redução do número de pessoas que saem mais cedo, quanto pela melhora da qualidade da produção. Em pesquisa realizada com aproximadamente

7000 funcionários de escritórios, sobre satisfação com o ambiente de trabalho, um quarto das abstenções em um ano estava relacionado a reclamações do ambiente interno.

Os aspectos sonoro, visual, qualidade do ar, térmico e nível de controle analisados separadamente nos mostram como as pessoas são afetadas de maneira diferente. Sabe-se que níveis de ruído acima de certo limite podem causar danos à saúde, porém abaixo dele são percebidos efeitos significativos na produtividade (ainda que a audição não fique prejudicada). Sobre os níveis luminosos, percebe-se um efeito mínimo na produtividade, a não ser que a tarefa exija muita luz, o que não é o caso da maioria dos escritórios; isso se deve ao fato de que o olho humano se adapta a muitas condições de luminosidade. A qualidade do ar foi o aspecto que mais mostrou efeitos significativos; testes realizados com pessoas trabalhando por 4,5 horas consecutivas em uma simulação de escritório mostraram que houve um aumento de 6,5% de produtividade quando o ar apresentava a melhor qualidade, e as pessoas que realizaram o teste também apresentaram menos sintomas da "Síndrome do Edifício Doente" (KERSHAW e LASH, 2013). A temperatura também representa um aspecto significativo, e os efeitos na performance podem ser percebidos pela zona de conforto, e independentemente da atividade realizada, são sentidos por todos os funcionários. Outro aspecto importante é o nível de controle do ambiente. Muitas das reclamações estão relacionadas à falta de controle sentida pelo funcionário, principalmente quando a temperatura e a ventilação são controladas por uma centralidade sem a opinião de usuários dos espaços de trabalho.

Roelofsen (2001) afirma que o meio ambiente térmico é importante tanto para o projeto do edifício quanto para o gerenciamento dele. Uma vez que se projeta pensando num bom comportamento térmico, ganha-se no sentido de gerar conforto para os usuários e também no sentido financeiro. Nas conclusões de sua pesquisa ele indica que a melhora do meio ambiente interno de trabalho pode resultar numa performance 5 a 15% melhor; e diz ainda que melhorar o ambiente é a estratégia mais efetiva para promover o aumento da performance dos funcionários. Ele recomenda que é cada vez mais importante fazer estudos empíricos e modelos que simulem o conforto das pessoas sob condições realistas e dinâmicas de trabalho, e acrescenta que o modo racional de determinar perdas e ganhos de performance é combinar pesquisas experimentais com o uso de modelos de simulação.

2.1. CONFORTO TÉRMICO

“(…) that condition of mind which expresses satisfaction with the thermal environment (aquele estado de espírito que expressa satisfação com o ambiente térmico)” (ASHRAE 55, 2013, p.2)

O conforto térmico, ou higrotérmico, é entendido por alguns estudiosos como Cena e Clark (1981), como a variável mais importante sobre a qualidade ambiental de um edifício, sendo relacionado com nível de esforço do corpo humano em se manter em equilíbrio térmico com o local. Isto se deve ao fato de que as pessoas mantêm a temperatura corporal interna relativamente constante (próximo a 35 °C) sob as mais variadas condições termo-higrométricas externas. O equilíbrio térmico do corpo é mantido por um sistema orgânico de termorregulação que através de ações fisiológicas, faz as trocas térmicas com o ambiente. Essas trocas de calor podem ser sensíveis (condução, convecção ou radiação) ou latentes (evaporação).

Temperatura do ar, umidade relativa, radiação (especialmente infravermelha) dos elementos e superfícies do local, movimento do ar e radiação solar são as principais variáveis que interferem no conforto térmico em que uma pessoa está. Mas ainda existem fatores que estão relacionados aos aspectos pessoais que também interferem na sensação de conforto. São eles: idade, sexo, estrutura corporal, aptidão física, tipo de atividade realizada e vestimenta. Para Gonçalves (2010), a sensação de bem-estar é o resultado da combinação desses aspectos com as variáveis psicológicas, culturais e sociais, que alteram de pessoa a pessoa e podem variar de acordo com a hora do dia e estação do ano, o que dificulta a sua avaliação em termos numéricos.

Quando olhamos para esse tema dentro da arquitetura, pode-se dizer que o conforto térmico é um assunto subjetivo e está intimamente relacionado às sensações provocadas em cada pessoa, em função de suas características individuais, pelos diversos estímulos no espaço físico, suas expectativas naquele ambiente e as oportunidades para se adaptar e se fazer confortável. Porém, dentro da literatura, nem sempre o conceito de conforto térmico levou em consideração as variáveis e combinações apresentadas anteriormente. E ainda nas teorias mais recentes não há um consenso sobre o tema, os índices e pesos para sua quantificação e qualificação.

Segundo Chappells e Shove (2004), o posicionamento sobre o conforto térmico dos diversos pesquisadores varia com quem o conceitua, o que busca defender e aonde se quer chegar.

De acordo com Chappells e Shove (2004), estudos mais recentes permitiram constatar diferenças significativas de resultados de conforto baseado em modelos estacionários, como o modelo de Fanger (Voto Médio Predito)²⁹, e constatações reais de conforto em ambientes das mais variadas tipologias e usos, principalmente em espaços com condições ambientais inconstantes. O que se pode observar é que a percepção sobre esse tema varia muito e sofre influência do tipo de ambiente, da cultura e das condições climáticas locais. Também é importante notar que quando há oportunidades individuais de adaptação, em diversos casos, a sensação de conforto pode existir mesmo em temperaturas muito além da “zona de conforto”.

“Nicol (1999) encontrou funcionários de escritórios paquistaneses afirmando estarem confortáveis em temperaturas acima de 31 °C e que preferiam temperaturas internas variando com o clima e estação. As pessoas também afirmaram estar confortáveis em ambientes internos a cerca de 6 °C durante o inverno Antártico (Goldsmith, 1960). Um estudo de Busch mostrou que funcionários de escritório na Tailândia estavam mais confortáveis em altas temperaturas internas do que aqueles trabalhando em regiões mais temperadas (Busch, 1992). Com foco na relação entre expectativas térmicas e mudanças de condições climáticas, Stoops indica que funcionários de escritórios portugueses estão contentes com uma maior variação térmica sazonal (maior que 5 °C) do que suecos, que não esperam que as temperaturas internas variem mais do que meio grau (Stoops, 2002)”(CHAPPELLS E SHOVE, 2004).

Já um outro conjunto de estudos de campo que comparava a percepção de conforto e as práticas dos ocupantes de edifícios com condicionamento artificial e com ventilação natural demonstrou que ocupantes de edifícios com ar-condicionado

²⁹ Fanger propôs o método do Voto Médio Predito (ou PMV em inglês) em 1972. A partir do termo “neutralidade térmica”, como indicativo de conforto, criou sua própria equação que combinava uma série de variáveis (temperatura do ar, temperatura radiante, velocidade relativa do ar e umidade) para encontrar valores para os quais uma grande porcentagem de pessoas probabilisticamente estaria confortável, para o nível especificado de atividade ou roupas. Assim, o modelo desenvolvido por Fanger foi proposto para quantificar a qualidade dos ambientes internos, bem como o grau de desconforto de seus ocupantes. É um modelo ainda muito utilizado na avaliação das condições de conforto térmico em ambientes condicionados artificialmente.

têm grandes expectativas em relação ao controle e à homogeneidade da temperatura, uma expectativa que pode gerar um desconforto enorme quando essa estabilidade não ocorre. Além disso, esses edifícios, ao contrário dos ventilados naturalmente, comumente oferecem (quando oferecem) poucas opções de controle dos ambientes e adaptação dos usuários a alterações ambientais com o objetivo de manter a temperatura constante, eliminando a possibilidade de experimentar conforto em condições além de 22 °C. Essa escolha gera grande insatisfação, improdutividade ou até insalubridade em situações, por exemplo, de mau funcionamento do ar-condicionado, podendo gerar inclusive problemas de saúde nos ocupantes do edifício.

Quando analisamos os ocupantes que habitam edifícios não climatizados artificialmente, vemos muito mais flexibilidade à variabilidade climática e diversidade térmica e uma melhor adaptação a mudanças de temperatura e velocidade do ar. Isso porque, de acordo com pesquisas de Leaman e Bordas (2000), pessoas são mais tolerantes às condições internas ambientais quando têm mais oportunidades de controlá-las. As pessoas muitas vezes preferem ter o poder de mudar as condições ambientais internas do que estar em um edifício que faz essas escolhas por elas.

Todas essas pesquisas sobre o conforto térmico envolvendo entrevistas e análise *in loco* ajudaram a desenvolver o que Humphreys e Nicol (1998) denominaram de uma aproximação “adaptativa”, na qual o conforto térmico é entendido como aquisição dinâmica em vez de condição ou atributo definível. De acordo com o autor, esses comportamentos adaptativos provaram que a temperatura de conforto está relacionada com a temperatura média do ar externo, e não somente com uma temperatura fixa. Segundo Monteiro (in GONÇALVES, 2010), essa abordagem é apoiada em dois princípios comportamentais para se alcançar o conforto: ajuste para a temperatura ideal por mudanças nas roupas, atividade, postura, deslocamentos no mesmo recinto, entre outros, e ajuste das condições internas pelo uso de controles como janelas, persianas, ventiladores e, em determinadas condições, aquecimento ou refrigeração mecânica. De acordo com o autor, esses comportamentos adaptativos provaram que a temperatura de conforto está relacionada com a temperatura média do ar externo.

Um modelo adaptativo proposto por De Dear et al. (1997) foi incorporado pela ASHRAE³⁰ RP-884 a partir de dados compilados por De Dear e Brager (2002) de uma série de estudos de campo e consta hoje, depois de revisões, na ASHRAE 55 (2013). Esse modelo mostra que os ocupantes de edifícios que usam ventilação natural preferem uma ampla gama de condições que refletem mais de perto o clima ao ar livre. Em função de uma série de estudos posteriores, a ASHRAE 55 (2013) recomenda o modelo adaptativo para edifícios naturalmente ventilados e o PMV de Fanger para edifícios com ventilação mecânica e sistemas artificiais de aquecimento e arrefecimento de ar. Neste trabalho será usado esse modelo adaptativo para análise de conforto térmico na fase de projeto, no capítulo 4.

Segundo Monteiro (in GONÇALVES, 2010), aproximações adaptativas em edifícios que fazem uso de ar-condicionado são possíveis e têm várias vantagens. Quando se propõe a flexibilização de expectativas em relação às temperaturas de operação do sistema, promove-se uma alteração de comportamento dos ocupantes e, conseqüentemente, aparecem opções satisfatórias de controle e adaptabilidade ao ambiente, podendo-se ganhar em contentamento das pessoas e redução do consumo energético com os equipamentos de climatização artificial. Por exemplo, estudos analíticos de desempenho térmico realizados para ambientes de trabalho no clima da cidade do Rio de Janeiro apontaram redução de 22% na demanda energética de resfriamento anual do ambiente quando se alteravam os parâmetros de conforto de 24 °C e 50% de umidade relativa para 26 °C e 65% de umidade relativa (MARCONDES, 2010). Contudo, para conseguir economia de energia, nesses casos, é essencial a participação e conscientização dos gestores dos edifícios e de seus ocupantes de que o conforto não deve ser oferecido somente pelo ambiente, como tradicionalmente, mas deve ser alcançado também pelo usuário.

Embora o conceito de “zona de conforto” seja mais flexível no caso de ambientes naturalmente ventilados, projetar esses espaços para que sejam eficientes, demanda análises mais complexas do que os climatizados artificialmente. Quando

³⁰ American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers (Sociedade Americana de Engenheiros de Aquecimento, Refrigeração e Ar Condicionado) é uma associação estadunidense, fundada em 1894, com foco na pesquisa e regulamentação dos sistemas edílicos, eficiência energética, qualidade do ar interior e sustentabilidade dentro da indústria relacionada.

consideramos o conforto como uma faixa que varia tanto em função das condições climáticas externas, quanto da ação dos ocupantes, o objetivo do projeto vai muito além de projetar ambientes internos que ofereçam temperaturas internas fixadas em 22 °C independente da época do ano. Portanto, no presente trabalho, a proposta é compreender as necessidades do projeto, suas condicionantes, seu entorno, suas condições climáticas específicas (no caso, o clima da cidade de São Paulo) e trabalhar com criatividade para fornecer aos ocupantes condições que proporcionem satisfação, conforto e, conseqüentemente, produtividade.

O padrão de conforto associado à disseminação do ar-condicionado e associado a uma temperatura uniforme altera as expectativas nos espaços construídos, o que leva a um aumento na demanda mundial de energia. Esse modelo de bem-estar tem elevados custos ambientais, principalmente em países muito dependentes de combustíveis fósseis. Tal necessidade de uso extremo dos recursos naturais tem se mostrado insustentável, especialmente porque sua manutenção significa aumentar a solicitação por climatização artificial para lidar com as mudanças climáticas, o que pode ser visto como efeito “bola de neve”.

O conceito de conforto térmico depende de variáveis físicas hoje mensuráveis, porém, como dito anteriormente, não é unânime. Entretanto, definições de conforto são elaboradas por instituições como a ASHRAE e incorporadas em sistemas sociotécnicos que definem o modo de fazer edifícios, cidades, estilos de vida e sociedades sustentáveis (ou não). A aproximação adaptativa proposta aqui é uma forma de encontrar conforto de maneira mais eficiente e que prejudique o mínimo possível o meio ambiente. Além disso, a associação entre conceitos adaptativos e soluções passivas condizentes com o clima local trazem ganhos muito além da redução de consumo energético, ganhos esses relacionados à saúde e à produtividade.

Pesquisadores do meio da construção e do meio médico têm voltado sua atenção a fenômenos modernos, como a Síndrome dos Edifícios Doentes (CHAPPELLS E SHOVE, 2004). Nas pesquisas, foram comparados usuários de edifícios com e sem ar-condicionado e se constatou que aqueles em ambientes com ar-condicionado reclamaram com uma frequência significativamente maior de tendências de resfriado, garganta seca, dores de cabeça e irritabilidade. Entrevistas também registraram que esses usuários foram afetados por não poder abrir as janelas e pelo ar seco e frio dos ambientes. Isso mostra que as condições de controle do usuário também

afetam seu comportamento e sensação de conforto. Além da preocupação com o meio ambiente, os edifícios naturalmente ventilados proporcionam o suprimento de oxigênio, diluição de gás carbônico e umidade pela ocupação e remoção de odores, gases e agentes tóxicos, em favor da salubridade humana; então, mesmo que se utilize em parte do tempo o ar-condicionado, a ventilação natural se faz necessária.

Para a norma técnica brasileira NBR 15215-1 (ABNT, 2005), bons projetos que incorporam o modelo adaptativo combinado com soluções passivas de iluminação reduzem a produção de carga térmica gerada por luminárias em favor do conforto térmico e bem-estar psicológico e fisiológico dos ocupantes, proporcionado pela variabilidade e qualidade da luz natural em relação à artificial. Essas e outras soluções, combinadas aos princípios adaptativos, foram incorporadas pela Arquitetura Modernista nacional, e podem ser vistas em exemplos como o edifício Banco Sul-Americano³¹ e o Conjunto Nacional, ambos na Avenida Paulista, em especial nas torres de escritórios, pensadas para a ventilação natural.

Especificamente para edifício de escritório hoje, no Brasil, não existem parâmetros de conforto térmico ligados a uma legislação específica referente a temperaturas ideais ou aceitáveis para os espaços internos de edifícios de escritório naturalmente ventilados (MARCONDES, 2010). Para ambientes artificialmente condicionados, incluindo os escritórios, utiliza-se a NBR 16401 (ABNT, 2008) – Instalações de ar-condicionado – Sistemas centrais e unitários. Essa norma indica que os parâmetros que afetam o conforto térmico são a temperatura operativa, a velocidade e a umidade do ar, o tipo de roupa dos ocupantes (que determina a resistência térmica média a trocas de calor entre corpo e ambiente, com unidade em “*clo*”³²) e o seu nível de atividade física (que determina suas taxas de metabolismo, expresso em “*met*”³³). Os parâmetros utilizados consideram apenas avaliação para grupos homogêneos de pessoas, usando roupas típicas da estação e em atividades sedentárias ou leves (1,0

31 Edifício sede do Banco Sul-Americano é um projeto do arquiteto Rino Levi, construído em São Paulo em 1961.

32 Segundo Frota e Schiffer (2007) 1 clo (= 0,155 m² K/W) representa um homem vestido em social completo.

33 Segundo NBR 16401 (ABNT, 2008) 1 met = 58,2 W/m². Admitindo a superfície média de um corpo de um adulto em 1,8 m², 1 met equivale aproximadamente a 105 W. Segundo Frota e Schiffer (2007) esse valor representa uma pessoa em atividade de descanso.

met a 1,2 met). Nesse contexto, percebemos que a norma não considera a diversidade de possibilidades, dando apenas uma ideia geral do que se pretende atingir.

A avaliação das condições de conforto segue a escala ASHRAE que utiliza o conceito de PMV (Voto Médio Predito) de Fanger, que segue os valores apresentados no esquema da Figura 37 abaixo:



Figura 37: Escala de valores atribuída às sensações de frio e calor pelo Voto Médio Predito (Fanger)

Fonte: Elaborado pela autora

Depois de calcular o PMV e entender em que situação está o ambiente de acordo com a escala anterior, calcula-se a porcentagem prevista de insatisfeitos (PPD, *Percentage of People Dissatisfied*). PMV de 0 representa 5% de insatisfeitos e $\pm 0,5$ do índice representa 10% de descontentes, como apresentado no Gráfico 1 a seguir. Segundo a norma, avaliações entre -0,5 e + 0,5 são consideradas indicações aceitáveis de conforto térmico.

Para o verão, usando vestimentas típicas (0,5 clo), a NBR 16401-2 (ABNT, 2008) determina temperatura operativa e umidade relativa dentro da zona delimitada por: 22,5 °C a 25,5 °C e umidade relativa de 65%; e 23 °C a 26,0 °C e umidade relativa de 35%, com velocidade média do ar (não direcional) na zona de ocupação menor que 0,20 m/s para distribuição de ar convencional (grau de turbulência de 30% a 50%) e menor que 0,25 m/s para distribuição de ar por sistema de fluxo de deslocamento (grau de turbulência inferior a 10%). Já para o inverno, usando vestimentas típicas (0,9 clo), a norma especifica temperatura operativa e umidade relativa dentro da zona delimitada por: 21,0 °C a 23,5 °C e umidade relativa de 60%; e 21,5 °C a 24,0 °C e umidade relativa de 30%, com velocidade média do ar (não direcional) na zona de ocupação menor que 0,15 m/s para distribuição de ar convencional (grau de turbulência de 30% a 50%) e menor que 0,20 m/s para distribuição de ar por sistema de fluxo de deslocamento (grau de turbulência inferior a 10%).

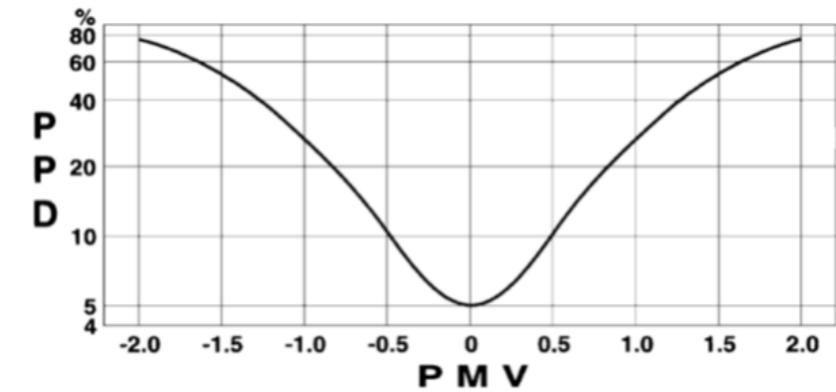


Gráfico 1: Relação entre PPD (*Percentage of People Dissatisfied*, Percentagem Prevista de Insatisfeitos) e PMV (*Predicted Mean Vote*, Voto Médio Predito).

Fonte: GONÇALVES, 2010

No âmbito internacional, são encontradas normas e regulamentações para o conforto térmico em tipologias de escritório, inclusive algumas com especificações para ambientes naturalmente ventilados. Segundo Marcondes (2010), as referências mais utilizadas são as normas ISO 7730: *Moderate thermal environments – Determination of the PMV and PPD indices and specification of the conditions for thermal comfort* (1994), que após revisão foi substituída pela ISO 7730: *Ergonomics of the thermal environment - Analytical determination and interpretation of thermal comfort using calculation of the PMV and PPD indices and local thermal comfort criteria* (2005), a norma britânica EN 15251: *Indoor environmental input parameters for design and assessment of energy performance of buildings addressing indoor air quality, thermal environment, lighting and acoustics* (2007) e a norma ASHRAE 55: *Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy* (2013).

Essas normas foram elaboradas a partir de experimentos laboratoriais em regime estacionário com objetivo de indicar diretrizes a edifícios artificialmente condicionados. Para a avaliação desse tipo de ambiente as normas consideram limites rígidos para a zona de conforto térmico. Consideram o procedimento de estimativa do voto médio dos usuários (PMV) e da porcentagem de pessoas insatisfeitas (PPD) com o conforto térmico de determinado ambiente, levando em conta variáveis pessoais (atividade e vestimenta) e ambientais (temperatura, umidade relativa, velocidade do

ar e temperatura radiante média). Segundo Brager e De Dear (2002), seus parâmetros são tidos como aplicáveis em toda e qualquer tipologia, contexto climático e social, o que fez com que definissem projetos de edificações nos mais diversos países.

Como apresentado anteriormente, a ASHRAE 55 incorporou um método específico para aplicação em edifícios naturalmente ventilados, resultante de pesquisas de campo realizadas por De Dear e Brager (2002) e incorporado por normas como a EN 15251 (2007). Esse método considera contextos com temperaturas médias mensais entre 10 °C e 33,5 °C, ausência de sistema de condicionamento ativo, atividade física dos usuários próxima do sedentário (1,0 a 1,3 met), possibilidade dos usuários de adaptarem suas vestimentas às condições climáticas internas e/ou externas (em faixa de ao menos 0,5 a 1,0 clo) e terem controle sobre os componentes do sistema de ventilação natural. Como o presente trabalho tem como objetivo o projeto de um edifício de escritórios na cidade de São Paulo, esse modelo se encaixa nos requisitos e será, portanto, utilizado nas análises de desempenho térmico.

O método é estruturado na temperatura operativa e define faixas aceitáveis dessa para o ambiente interno. De acordo com Marcondes (2010), a temperatura operativa (T_o) é um índice de referência comparativo a um ambiente ideal, onde são realizadas apenas trocas térmicas radiantes e convectivas entre ocupantes e espaço, que numericamente é traduzida pela média entre temperatura de bulbo seco do ar (TBS) e temperatura radiante média (TRM), ponderada pelos respectivos coeficientes de troca térmica (h_c e h_r), como ilustrado na fórmula a seguir:

$$T_o = \frac{(h_r \times TRM) + (h_c \times TBS)}{(h_r + h_c)}$$

Onde:

- T_o é a temperatura operativa do ambiente (°C)
- h_r é o coeficiente de trocas térmicas por radiação ($W/m^2 \text{ } ^\circ C$)
- TRM é a temperatura radiante média do ambiente (°C)
- h_c é o coeficiente de trocas térmicas por convecção ($W/m^2 \text{ } ^\circ C$)
- TBS é a temperatura de bulbo seco do ar do ambiente (°C)

Segundo a ASHRAE (2013) os limites de temperatura operativa interna variam conforme as médias das temperaturas externas a cada mês e podem ser determinados de acordo com a figura a seguir (Gráfico 2) ao menos para a faixa de 80% de usuários satisfeitos. A faixa de 90% de usuários satisfeitos é incluída na norma apenas para fins informativos ou para situações que requerem um maior rigor de conforto térmico, já que se trata de uma margem muito estreita para espaços reais. A norma apresenta uma equação correspondente aos resultados da imagem a seguir como outra opção de avaliação.

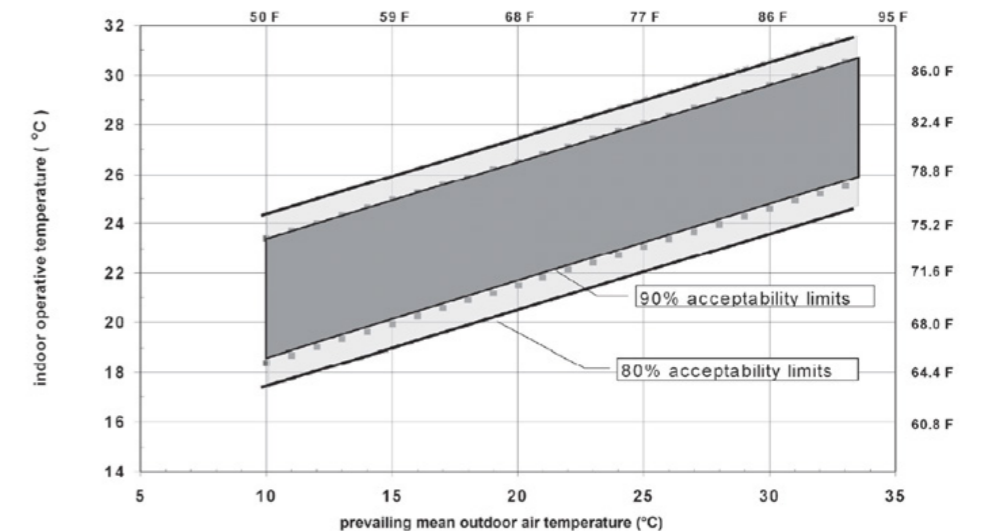


Gráfico 2: Faixas de temperatura operativa aceitáveis para ambientes naturalmente condicionados de acordo com temperatura média mensal e porcentagem de ocupantes insatisfeitos, proposta pela norma ASHRAE 55.

Fonte: ASHRAE 55, 2013.

VENTILAÇÃO NATURAL

É importante ressaltar o tema da ventilação natural em edifícios de escritório, especialmente ao se tratar do conforto térmico desses edifícios. Grande parte do consumo de energia elétrica dos edifícios comerciais vem do uso do ar-condicionado, e esse consumo é crescente ao longo dos anos. Apesar de vermos uma condição alarmante no consumo energético e emissão de CO₂, também podemos ver o potencial de economia de energia que os modelos de edifícios hermeticamente fechados, iluminados e climatizados artificialmente têm. Diretrizes para um menor consumo energético em edifícios de escritório no Reino Unido mostram potenciais de até 60% de economia em kWh/m².ano decorrente do uso de ventilação natural (CIBSE in GONÇALVES, 2010).

Regiões de clima quente, como o Brasil, impõem restrições climáticas ao uso da ventilação natural, porém a maior barreira para uma maior adoção desse recurso nos edifícios comerciais é a cultura do ambiente climatizado artificialmente e a ideia de prestígio associada ao ar-condicionado. Por isso, além da mudança no paradigma arquitetônico, é necessário mudar também as noções de conforto térmico. A ASHRAE reconheceu em 2004 o potencial do modelo adaptativo de conforto térmico no próprio uso de sistemas ativos de climatização, com margem para períodos de ventilação natural. Para Nicol, Humpheys e Roaf (2012), usuários de edifícios condicionados naturalmente são mais adaptados a maiores flutuações térmicas, e essa tolerância está ligada ao grau de adaptabilidade do usuário.

A baixa qualidade dos ambientes urbanos, barulhentos e poluídos, gerou o contexto que levou ao crescimento dos edifícios hermeticamente fechados dependentes dos sistemas de controle 100% do tempo. Hoje essa questão da qualidade do ambiente, da poluição do ar e do ruído dos veículos ainda é uma grande barreira para a ventilação natural nas grandes cidades. Entretanto, segundo Gonçalves (2010), partindo das bases de um modelo adaptativo, pode-se explorar a discussão da introdução de ventilação natural, e voltá-la para o projeto do edifício, mesmo que com uma solução mais complexa do que simplesmente abrir as janelas. Exemplos de edifícios comerciais em operação que conseguem sucesso com a ventilação natural o atrelam a uma abordagem arquitetônica diferenciada que questiona aspectos de forma, com plantas estreitas, eficiência do espaço e qualidade do ambiente interno.

Segundo a ASHRAE (2004), o clima de São Paulo é favorável à ventilação natural nos edifícios, com temperaturas amenas em 70% do ano e ocorrência de condições de conforto térmico em aproximadamente 36% das horas do ano, concentradas de maio a agosto, o que indica que o uso de ar-condicionado só seria necessário nas horas de maior temperatura, correspondentes a 11% das horas do ano. A ventilação natural aparece como estratégia principal, e pode ser aliada a outras, como o uso de massa térmica exposta e sombreamento das fachadas. Segundo Marcondes (2010), o uso de plantas estreitas (até 15 m), 50% de WWR³⁴, aberturas em diferentes fachadas, pé-direito livre de 3 m, laje de concreto exposta e ocupação na ordem de 32 W/m² podem gerar um resultado muito satisfatório, em que mesmo com altas temperaturas externas se alcança conforto térmico no ambiente interno. O potencial de redução de consumo energético com o uso da ventilação natural e outras estratégias passivas no projeto arquitetônico é muito grande. Isso pode ser ilustrado com a pesquisa feita por Yannas (2008) em um edifício de escritórios em Abu Dhabi (latitude similar a São Paulo) e possui os resultados na Figura 38, que relacionam a carga térmica de resfriamento com variações de WFR³⁵.

34 Window-to-wall-ratio (WWR): porcentagem de área envidraçada em relação à área de parede.

35 Window-to-floor-ratio (WFR): porcentagem de área envidraçada em relação à área de piso.

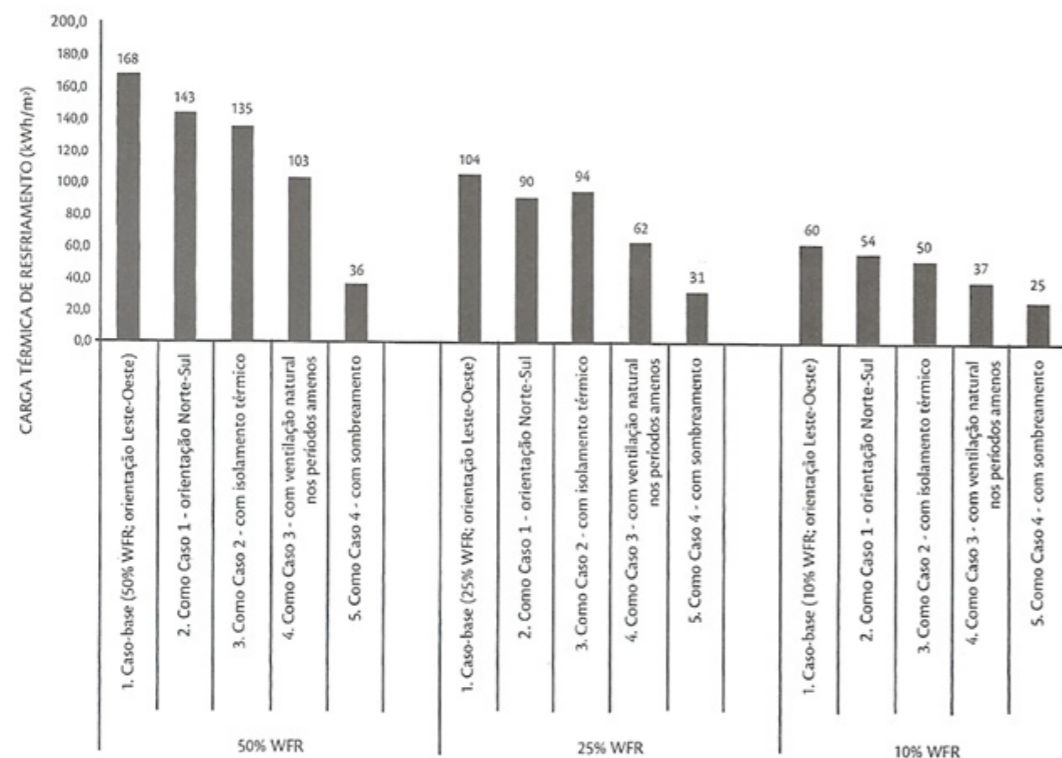


Figura 38: Cargas de resfriamento em kWh/m², simuladas para um modelo simplificado de edifício de escritório localizado em Abu Dhabi, variando características físicas de três estudos de caso-base diferenciados pela razão entre área de janela e área de piso do modelo WFR.

Fonte: YANNAS, 2008.

Dentro das possibilidades da ventilação natural temos a ventilação noturna, que tira proveito das temperaturas mais baixas dentro das 24 horas para resfriar o ambiente interno, que podem ser sentidos ao longo de algumas horas durante o dia. O calor é retirado pela ventilação quando a temperatura externa está baixa e quando os usuários chegam no edifício pela manhã, as cargas térmicas demoram um pouco mais para aquecer o ambiente a um nível de desconforto e necessidade de condicionamento de ar se torna mais tardia também.

A ventilação natural sozinha não é suficiente, mas podemos aliar essa estratégia com o sombreamento. Porém, pode haver conflito entre o sombreamento, a ventilação e a iluminação natural, logo, o projeto do elemento sombreado deve ser bem pensado para evitar esses conflitos (Figura 39) e até mesmo incrementar o desempenho da ventilação. Esse projeto pode envolver desde a orientação do componente e o afastamento deste da fachada (Figura 40) até um projeto de perfil aerodinâmico mais elaborado.

Outra estratégia favorável em edifícios com ventilação natural é o uso de componentes massivos que agregam massa térmica, como os tetos de laje de concreto exposto, que atuam como absorvedores de calor. Além disso, o pé-direito alto também é outro fator a se considerar, visto que *"(...) pés-direitos mais altos favorecem o conforto térmico pela possibilidade de estratificação do ar, que afasta a massa de ar aquecido da altura útil do espaço interno. Além de criar uma maior circulação de ar, pés-direitos mais altos permitem a colocação de aberturas em diferentes alturas das fachadas externas, incrementando o fluxo de renovação de ar com o efeito chaminé"*(GONÇALVES, 2015).

Uma estratégia utilizada em edifícios altos construídos em cidades de clima frio é a fachada dupla, que foi criada inicialmente para proporcionar isolamento térmico da fachada do tipo caixa de vidro. Ela pode contribuir com a ventilação dos edifícios, porém, sua principal contribuição é mesmo em relação ao aumento da resistência térmica da envoltória. Entretanto, o isolamento feito pelas fachadas duplas não é necessário em cidades de clima mais quente como São Paulo, inclusive pode ser desfavorável no desempenho térmico do edifício. Essa estratégia até poderia ser utilizada em cidades de clima quente, aliada ao sombreamento e operações dinâmicas de abertura, mas o custo gerado por esse conjunto não valeria o esforço, e poderia facilmente ser substituído por uma fachada simples ventilada e sombreada.



◀ **Figura 39: Janelas do Commerzbank, em Frankfurt, uso de sombreamento sem interferência**
Foto: Joana Gonçalves

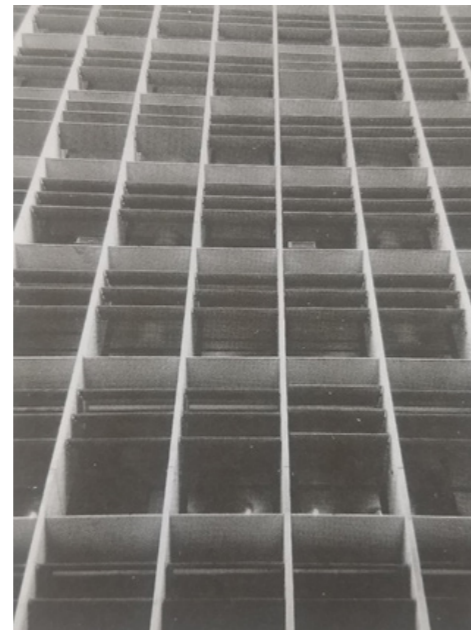


Figura 40: Fachada norte do edifício MEC, no Rio de Janeiro, brises horizontais destacados da fachada.
Foto: Joana Gonçalves

Embora a ventilação natural nos edifícios de escritório seja viável e possibilite conforto térmico em grande parte do ano em cidades como São Paulo, haverá momentos em que a qualidade do ar externo não vai permitir seu aproveitamento. Seja por motivos de poluição, temperatura externa alta ou ruído excessivo, em algumas horas do ano será necessário o uso de climatização artificial, o que se pode chamar de modo misto (GONÇALVES, 2015). Esse sistema misto pode ser controlado de forma automática ou manual, sendo que essa última se torna favorável aos usuários na medida em que cria uma sensação de controle maior sobre o ambiente.

2.2. CONFORTO ACÚSTICO

“Quando o som é excessivo ou indesejado, ele passa a ser denominado ruído e impacta o corpo, a mente e as atividades humanas. Ainda que nem todos os espaços precisem selar quaisquer tipos de sons, como câmaras herméticas, criar espaços com um grau adequado de isolamento acústico melhora a qualidade de vida de todos os usuários.”(SOUZA, 2019)

Assim como conforto térmico, o conforto acústico também é subjetivo e varia de pessoa para pessoa. Conhecido como “som indesejado”, o ruído tem grande impacto nos ouvidos, coração e cérebro humano, segundo o Dr. Wolfgang Babisch, grande estudioso de ruído ambiental e pesquisador sênior da Agência Federal Alemã de Meio Ambiente (LOFTNESS et al., 1995). Irritação, cognição prejudicada, distúrbios do sono, hipertensão, doenças cardiovasculares, e até perda de audição podem ser consequências de exposição a níveis excessivos de ruído. Para Julian Treasure (LOFTNESS et al., 1995), presidente da consultoria inglesa *The Sound Agency*, nos ambientes de trabalho, o ruído considerado irritante pode ser gerado por uma infinidade de fontes tais como ar-condicionado, toques e campanhas desagradáveis, trânsito, obras, sistemas mal resolvidos de mascaramento de som e, especialmente, da voz humana. Ambientes ruidosos tendem a piorar com o tempo, porque as pessoas começam a falar cada vez mais alto à medida em que o barulho aumenta ao seu redor (fenômeno físico conhecido como efeito Lombard).

Aborrecimento é a resposta mais comum ao ruído, principalmente quando o desconforto acústico está associado a algum outro tipo de desconforto, como o térmico. Como seres humanos, fomos programados para estarmos sempre conscientes dos sons ao nosso redor como forma de nos prevenir de possíveis perigos na natureza, logo, somos facilmente alarmados por ele. Essa sensibilidade aos sons faz parte da nossa neurobiologia, o que faz com que qualquer ruído possa nos deixar desconfortáveis.

Estudos de laboratório realizados em pessoas e animais mostram que a exposição ao ruído ativa o sistema nervoso, causando aumento da pressão arterial e liberação de

hormônios do estresse. Ao longo do tempo, essas respostas instintivas podem fatigar o sistema cardiovascular e causar resultados negativos como raiva e exaustão. Outra consequência não auditiva de exposição ao ruído é o comprometimento da nossa cognição. Nesse sentido, e de acordo com os mesmos estudos, para Julian Treasure o som mais destrutivo de todos é a fala de outras pessoas. Segundo Treasure, temos capacidade de acompanhar até 1,6 conversas humanas. Assim, se estivermos ouvindo a fala de alguém, isso ocupará 1 de 1,6 do nosso potencial. Mesmo que não queiramos ouvir, como não temos habilidade de bloquear conversas ao nosso redor, visto que não podemos “fechar” os ouvidos, nos sobra apenas 0,6 para escutar a nossa voz interna (LOFTNESS et al., 1995).

Em entrevista realizada pela autora com profissionais que trabalham em ambiente de escritório aberto, as reclamações sobre outras pessoas conversando no mesmo ambiente são constantes. *“É muita gente falando no mesmo espaço, só consigo trabalhar com fone de ouvido”* (Everton Topan da Silva, funcionário do escritório da empresa YOUSE). Segundo o depoimento de Everton Topan da Silva, sobre o escritório de planta aberta da empresa YOUSE, apesar de ser um escritório agradável e aparentemente bem pensado, ainda existem muitos problemas em relação ao conforto acústico, principalmente pelo excesso de pessoas concentradas no mesmo espaço. Alguns locais da planta são melhor isolados, como os sofás destinados a ligações e videochamadas, porém, no espaço com mesas grandes de muitas pessoas o barulho incomoda muito.

A grandeza usada para caracterizar o som é o nível de pressão sonora, uma relação logarítmica entre a pressão sonora no ambiente e uma pressão sonora de referência, expresso em dB.

Na normatização brasileira, para medição e avaliação de ruído ambiental externo a edificações, é considerada a norma técnica NBR 10151 (ABNT, 2019), que estabelece procedimentos para medição e valores limites para avaliação de níveis de pressão sonora em ambientes externos a edificações, em áreas destinadas à ocupação humana, em função da finalidade de uso e ocupação do solo. A Tabela 2 abaixo apresenta os limites de níveis de pressão sonora em função dos tipos de áreas habitadas e do período do dia.

Tabela 2: Limites de níveis de pressão sonora em função dos tipos de áreas habitadas e do período. Fonte: ABNT NBR 10151, 2019

Tipos de áreas habitadas	RL _{Aeq} Limites de níveis de pressão sonora (dB)	
	Período diurno	Período noturno
Área de residências rurais	40	35
Área estritamente residencial urbana ou de hospitais ou de escolas	50	45
Área mista predominantemente residencial	55	50
Área mista com predominância de atividades comerciais e/ou administrativa	60	55
Área mista com predominância de atividades culturais, lazer e turismo	65	55
Área predominantemente industrial	70	60

NOTA: Para aplicação desta Norma, entende-se por área mista aquelas ocupadas por dois ou mais tipos de uso, sejam eles residencial, comercial, de lazer, de turismo, industrial e outros.

Para ambientes internos, a norma técnica mais utilizada é a ABNT NBR 10152 (2017), que estabelece procedimentos para medição de níveis de pressão sonora em ambientes internos a edificações, e valores de referência tanto para avaliação sonora como para estudos e projetos acústicos de ambientes internos a edificações, em função de sua finalidade de uso.

Os valores de referência de níveis de pressão sonora representativos para ambientes de trabalho estão descritos na NBR 10152 (ABNT, 2017) e constam na tabela abaixo. Para fins de avaliação sonora, consideram-se adequados para uso os ambientes cujos níveis de pressão sonora representativos sejam iguais ou inferiores aos valores de referência apresentados na Tabela 3, admitindo-se uma tolerância de até 5 dB para RL_{Aeq} . Para fins de elaboração de estudos e projetos acústicos de ambientes internos a edificações, os valores de referência de níveis de pressão sonora, em função de sua finalidade de uso, são aqueles estabelecidos na Tabela 3.

Tabela 3: Valores de referência de níveis de pressão sonora para ambientes de escritórios. Fonte: ABNT NBR 10152, 2017

AMBIENTE / FINALIDADE DE USO	Valores de referência RL_{Aeq} [dB]
Centrais de telefonia (<i>call centers</i>)	50
Circulações	50
Escritórios privativos (<i>gerência, diretoria etc</i>)	40
Escritórios coletivos (<i>open plan</i>)	45
Recepções	45
Salas de espera	45
Salas de reunião	35
Salas de videoconferência	40

Para propiciar uma boa qualidade acústica em um ambiente, deve-se pensar em dois conceitos importantes: isolamento sonoro e condicionamento sonoro. O isolamento sonoro refere-se à redução da transmissão sonora entre ambientes distintos, enquanto o condicionamento acústico refere-se a uma ou mais intervenções no interior de um ambiente para o atendimento a indicadores acústicos, de acordo com sua finalidade de uso (ABNT NBR 16313, 2014).

A primeira etapa a ser considerada num projeto acústico é a caracterização do ruído externo no local de implantação dele. Sabendo o nível de pressão sonora externo e, após definição das finalidades dos ambientes, é possível estimar o isolamento sonoro necessário para que o ruído externo não influencie negativamente nas tarefas a serem realizadas nos ambientes.

Para definir os valores adequados para projeto de diferentes ambientes, pode-se consultar a norma técnica ABNT NBR 10152 (2017). Para o projeto de uma sala de reunião, o valor de referência de nível de pressão sonora é 35 dB. Para um local onde o ruído externo fosse 65 dB, seria necessária uma redução sonora de 30 dB. Dessa forma, projeta-se para que esse nível seja alcançado.

Internamente, deve-se pensar no condicionamento acústico. Nesse caso, outros indicadores de qualidade acústica de um ambiente, como o tempo de reverberação, também são considerados. O tempo de reverberação é o *“tempo decorrido para*

que o nível de pressão sonora em um ambiente interno de uma edificação decaia 60 dB quando interrompida a emissão sonora” (ABNT NBR 16313, 2014). O tempo de reverberação de um ambiente depende do seu volume, dos materiais de revestimento internos e das suas áreas, além da frequência sonora.

Não há normativas nacionais acerca de valores ótimos de tempo de reverberação para ambientes de escritório. A norma brasileira que aborda a qualidade acústica em ambientes fechados, ABNT NBR 12179 (1992), apresenta tempos ótimos de reverberação para alguns tipos de ambientes, mas não para escritórios. Dessa forma, optou-se por usar como referência a norma australiana AS/NZS 2107 (2016), por apresentar parâmetros para escritórios. De acordo com a norma, a faixa de tempo de reverberação recomendado para áreas de escritório é de 0,4 a 0,7 segundos e, mais especificamente, para escritórios profissionais e administrativos é de 0,6 a 0,8 segundos. Encontra-se também na bibliografia, valores típicos de tempo de reverberação de 0,4 a 1 segundo para escritório privativo; e de 0,75 segundos para escritório panorâmico.

De acordo com Ranny Michalski³⁶ o roteiro para o projeto acústico pode ser dividido nas dez etapas abaixo:

1) Identificar o local, seu entorno e as possíveis fontes sonoras existentes (móveis e fixas): ruído de tráfego (rodoviário, aéreo, ferroviário), atividades industriais, atividades comerciais, atividades recreativas etc.

2) Identificar o nível de ruído externo, através de medições do nível de pressão sonora. Caso não seja possível realizar medições, estimar o nível através de modelos ou *softwares* de predição do nível de pressão sonora gerado, considerando o máximo de informação possível.

3) Caso desejado, comparar os valores obtidos com os valores estabelecidos em normas técnicas e/ou legislação (ABNT NBR 10151, por exemplo).

4) Identificar o nível de pressão sonora interno aceitável no ambiente em questão (ABNT NBR 10152).

³⁶ Ranny Loureiro Xavier Nascimento Michalski é Professora Doutora da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo, pesquisadora no LABAUT (Laboratório de Conforto Ambiental e Eficiência Energética) da FAUUSP e coordenadora da Regional São Paulo da Sociedade Brasileira de Acústica (SOBRAC).

5) Para saber qual o isolamento sonoro necessário da fachada, medir o nível de pressão sonora em frente à fachada. Caso não seja possível medir, utilizar os resultados das estimativas de predição. Se necessário, promover barreiras acústicas.

6) Além das vedações verticais externas, considerar também o isolamento de ruído aéreo e de impacto das vedações verticais internas, ou seja, garantir isolamento adequado entre ambientes. Verificar os limites das normas (ABNT NBR 15575, para edificações habitacionais, por exemplo) e procurar um sistema que atinja esse resultado (pela lei das massas para material homogêneo, ou pelos catálogos dos fabricantes para os componentes industrializados).

7) A partir dos dados medidos ou estimados, inicia-se a fase de projeto, que engloba: implantação, orientação e forma do edifício, distribuição dos espaços internos, localização e forma dos recintos etc.

8) Calcular o tempo de reverberação do ambiente e tentar ajustá-lo para o tempo de reverberação ideal, na escolha da geometria e dos materiais internos.

9) Detalhamento.

10) Por fim, deve-se ter atenção e cuidado durante a execução da obra, para que o projeto seja corretamente implantado, garantindo as condições acústicas esperadas.

O nível de pressão sonora para o tipo de trabalho que deveria acontecer nos escritórios de hoje também é um problema. Em alguns escritórios de planta aberta, o ruído varia de 60 a 65 dB. Reconhecendo isso, a Associação Alemã de Engenheiros estabeleceu padrões de ruído para vários tipos de trabalho (MONROY, 2017). Enquanto 70 dB são aceitáveis para trabalhos simples ou principalmente transacionais, 55 dB são delimitados para o que a organização definiu como trabalhos principalmente intelectuais. São esses trabalhos de alta complexidade ou que exigem pensamento criativo, tomada de decisão, resolução de problemas e comunicação efetiva - precisamente o tipo de trabalho estratégico. O nível de ruído recomendado para o trabalho intelectual é aplicável tanto para discussões e reuniões, como tarefas individuais. Na verdade, a associação recomenda o mesmo limite de ruído para um médico que realiza uma cirurgia e para os trabalhadores de escritórios que fazem trabalho intelectual, sozinhos ou em conjunto.

O nível de ruído de 60-65 dB, que é comum em alguns escritórios tipo panorâmico, não é apenas inadequado para a concentração, como também pode impedir a

colaboração interpessoal efetiva ao causar interferências na fala. De acordo com o Dr. Wolfgang Babisch, o nível sonoro da fala é de cerca de 60 dB para conversas em tons normais, sem elevar a voz, a uma distância de cerca de um metro (MONROY, 2017). Isso significa que qualquer outro ruído dentro desse mesmo alcance - outra pessoa falando nas proximidades, por exemplo - pode causar interferência de fala, fazendo com que nem todas as palavras possam ser ouvidas completamente. Uma frase pode até ser entendida devido ao processamento cortical. Isso, no entanto, trata-se de um processo ativo que pode causar efeitos adversos em função da exposição crônica ao ruído a longo prazo. Em outras palavras, em ambientes ruidosos com baixo desempenho acústico, trabalhadores podem ficar facilmente estressados tanto tentando ouvir os outros, como tentando não os ouvir. Esse estresse causa não apenas prejuízo aos trabalhadores como também ocasiona uma grande perda de produtividade no geral.

Segundo Julian Treasure, uma forma de solucionar o problema do ruído é o projeto de ambientes variados de trabalho, e pensar que, para cada um deles, deve ser concebido um espaço levando em consideração o nível de pressão sonora desejado para cada tarefa e para as pessoas que utilizarão o espaço. O projeto dos ambientes de trabalho precisa ser realizado tanto com qualidade estética quanto orientado pela experiência do usuário em todos os sentidos, especialmente na audição. *“A consciência do som deve ser uma ferramenta para projetar, visto que a boa acústica pode trazer mais qualidade aos ambientes e torná-los mais produtivos”* (MONROY, 2017).

Para *layouts* de escritórios fechados, o design acústico é focado na separação, através de paredes e absorção em paredes, piso ou teto. Já no design de plantas abertas, a capacidade da envoltória de reduzir o som é reduzida, e na tentativa de aumentar a separação acústica, as alternativas envolvem tipos de divisórias com absorção acústica no espaço, às vezes até o uso de sistemas de mascaramento de som eletrônico. No entanto, com a retirada das paredes divisórias, a separação acústica e a privacidade, ou a percepção dessa privacidade, são mínimas na maioria dos escritórios abertos (GRAY, 2017). Recentemente, os principais objetivos dos projetos acústicos de escritórios têm sido fornecer pelo menos algum tipo de privacidade entre estações de trabalho. Para Gray (2017), o futuro parece estar se transformando para fornecer privacidade acústica programaticamente, com salas de reuniões e de

foco separadas, para uso individual durante os períodos em que é necessária atenção controlada. É importante atentar para a questão da privacidade acústica, pois ela é um ponto de reclamação destacado em várias pesquisas com usuários de escritórios do tipo *open plan* (ERGEN et al., 2019; RODRIGUES et al., 2013).

A imagem a seguir (Figura 41) apresenta os pontos de desconforto em ambientes de trabalho, e pode-se perceber que as questões da privacidade acústica, privacidade visual e temperatura se destacam.

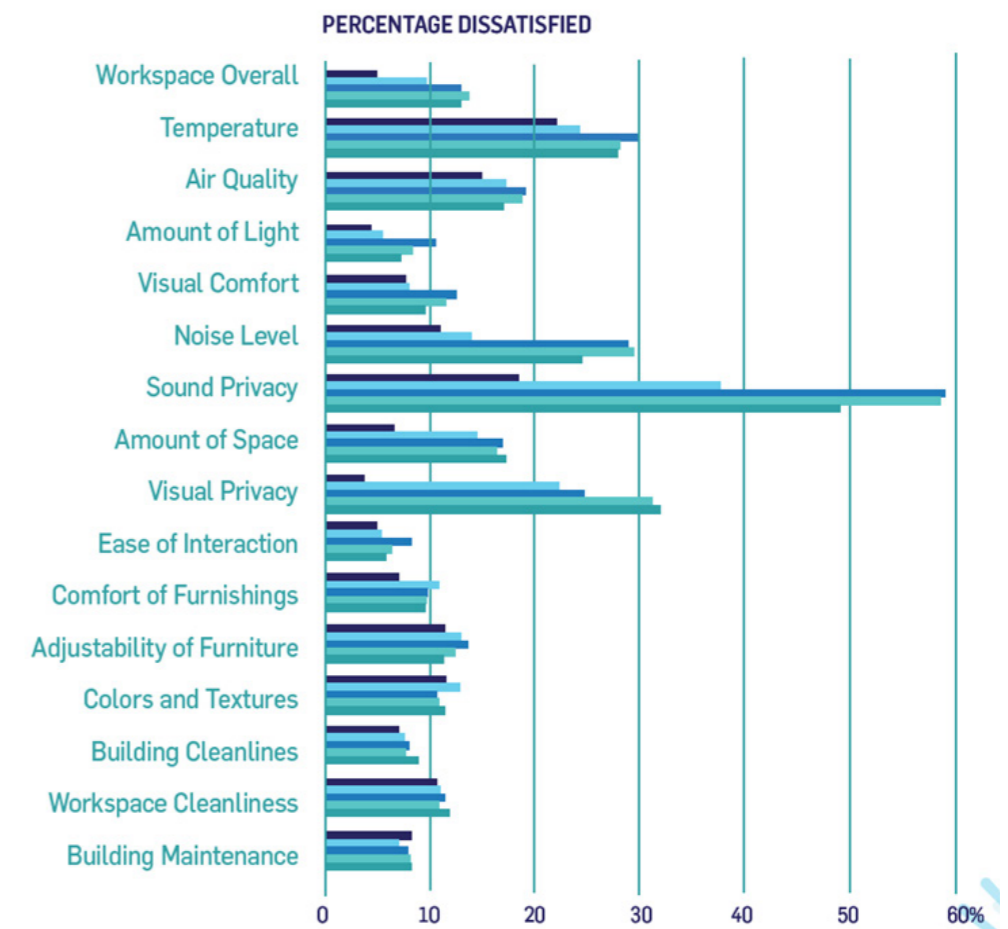


Figura 41: Porcentagem de insatisfação no ambiente de trabalho.
Fonte: T & R INTERIOR SYSTEMS LTD, 2015

Segundo a T & R INTERIOR SYSTEMS³⁷, para se atingir a privacidade acústica em edifícios comerciais deve-se considerar absorção, bloqueio e mascaramento. O primeiro se refere à inserção de materiais de absorção acústica, o segundo envolve evitar caminhos diretos de som entre fonte e receptor, e o último está ligado ao ruído de fundo que encobre outros sons, e que pode ser natural ou criado artificialmente.

Visto que as áreas verdes, como telhados verdes e jardins verticais são elementos presentes no projeto desse trabalho, é interessante mencionar os estudos encontrados sobre a contribuição para o conforto acústico que eles podem proporcionar. No artigo de Ruocco et al. (2018), é estudada a vegetação incorporada às edificações e a diminuição da poluição sonora que ela pode proporcionar por absorção ou isolamento. Nesse estudo concluiu-se que o impacto da vegetação na redução do ruído é maior em altas frequências, devido ao espalhamento do som proporcionado pela folhagem e ramos. O substrato da vegetação, por sua vez, contribui na absorção de ruído em frequências mais baixas. Considerando que o ruído do tráfego urbano é caracterizado principalmente por componentes de baixa frequência, as estruturas desenvolvidas com a utilização de substratos apresentam maior capacidade de absorção acústica na malha urbana. As reduções podem atingir até 6 dB em baixas frequências, e 10 dB em altas frequências, tanto para os telhados, como para as fachadas verdes. No geral, predomina-se redução de 2 a 3 dB. Embora exista pouca informação sobre as propriedades acústicas de vegetações incorporadas às edificações, é notória a influência da vegetação, do substrato e da umidade, por exemplo, nessa capacidade de absorção sonora (RUOCCO et al., 2018).

³⁷ T & R INTERIOR SYSTEMS LTD é uma empresa neozelandesa de materiais acústicos para interiores.

2.3. COMPATIBILIDADE ENTRE TÉRMICA E ACÚSTICA

Um grande desafio em centros urbanos, com elevados níveis de pressão sonora externos, é compatibilizar conforto térmico com conforto acústico. Abrir janelas para possibilitar ventilação natural causará inevitavelmente a entrada de ruídos externos que prejudicam a qualidade acústica interna.

O desafio de compatibilizar o conforto ambiental térmico e o acústico ainda é grande, pois as aberturas como sistema passivo para o conforto térmico são as que mais influenciam o isolamento acústico das divisórias. Se de um lado se quer abrir as janelas para ventilação natural e favorecer a térmica, de outro o ambiente acústico dos espaços internos é afetado negativamente. E mesmo que fechadas, as janelas são o ponto fraco do isolamento sonoro global da fachada, principalmente devido à qualidade acústica dos caixilhos e à presença de frestas e defeitos de execução. Os vidros são materiais com baixo coeficiente de absorção sonora e, portanto, são bons refletores sonoros. Uma atenção especial deve ser dada na escolha dos caixilhos e vidros. Vidros laminados e com isolamento térmico, quando dispostos de maneira múltipla, separados por câmaras de ar ou películas especiais, apresentam melhores índices de redução sonora do que os vidros simples. Entretanto, do ponto de vista da térmica, é necessário o cuidado de sombrear adequadamente esses vidros, lembrando ainda que os vidros duplos não são a melhor opção para o desempenho térmico e energético em climas quentes como São Paulo.

Uma estratégia interessante para resolver o conflito entre o uso da ventilação natural e as necessidades do isolamento acústico é o uso de ventilação noturna, pois à noite os escritórios estão desocupados. Porém, apesar de reduzir as cargas térmicas a serem retiradas pelo condicionamento de ar na manhã seguinte, isso não resolveria o conforto térmico durante todo o período de ocupação, sem abrir a janela ou acionar o sistema de ar condicionado nos dias mais quentes. As possibilidades e resultados do uso da ventilação noturna serão abordados no capítulo 4 na fase de simulações de desempenho pré-projeto.

Uma alternativa ideal, ainda que extremamente difícil, seria tratar o ruído externo através de políticas públicas de gerenciamento e controle de ruído eficientes. Porque uma vez que o ruído externo não é fosse incômodo, as janelas poderiam ser abertas sem grandes prejuízos do ponto de vista acústico.

A questão da acústica pode ser aliada à questão térmica na fase de projeto com a geometria das fachadas e seus elementos. As mesmas proteções solares externas que contribuem para o sombreamento podem ser úteis para o isolamento acústico, os brises podem possuir material de absorção sonora, tendo então dupla finalidade.

Há um ponto em comum entre as duas questões quando se trata internamente dos edifícios do tipo caixa de vidro. A reflexão sonora causada pelos vidros aumenta a reverberação do som no local, o que também prejudica a compreensão da fala, e do ponto de vista térmico esses edifícios também são péssimos, visto que formam enormes estufas consumidoras de ar-condicionado. Na maioria dos casos, os forros falsos são considerados como única solução para o conforto acústico, mas são usados sem critério em todos os ambientes, e o problema surge quando eles escondem a estrutura, que é massa térmica para absorver o calor gerado internamente, além de acumularem sujeira.

Hoje, há no mercado uma grande variedade de materiais acústicos, que podem ser instalados em diferentes locais além do teto, como na própria estação de trabalho, divisórias acústicas, paredes, pisos, ou até suspensos (nuvens acústicas). A contribuição da absorção sonora também pode ser feita com o mobiliário, como: biombos, sofás, estantes, luminárias e até quadros decorativos acústicos.

Figura 42: Exemplos de materiais de revestimento com absorção acústica. Castelatto - ExpoRevestir.
Foto: Beatriz Nascimento, 2020

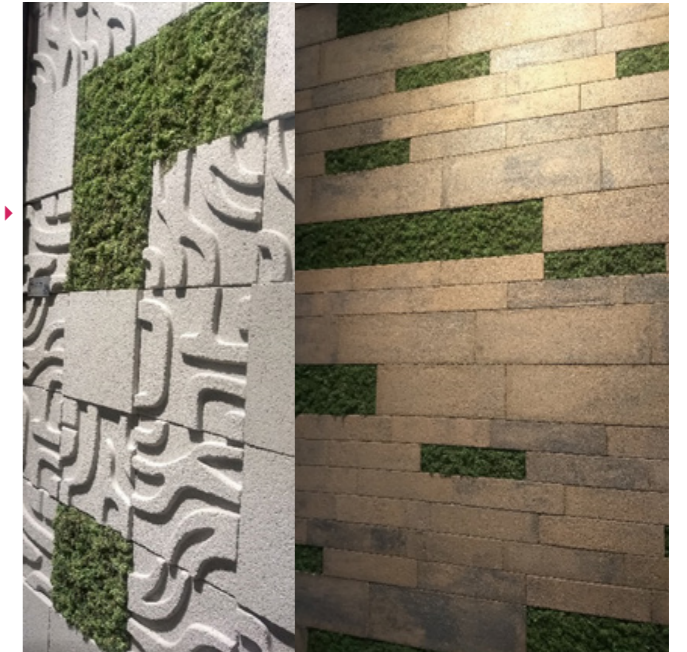


Figura 43: Exemplos de materiais de revestimento com absorção acústica. 1ST FLOOR - ExpoRevestir.
Foto: Beatriz Nascimento, 2020

CAPÍTULO 3

REFERÊNCIAS PROJETOAIS

3.1. EDIFÍCIOS MODERNISTAS

CONJUNTO NACIONAL | DAVID LIBESKIND

O Edifício Conjunto Nacional é um projeto de 1956, da época da Arquitetura Modernista no Brasil, e é um edifício ícone da arquitetura brasileira e uma referência em termos de inovação para a época em que foi construído. Seus conceitos arquitetônicos e estruturais são de grande relevância, são exemplos da aplicação de estratégias de projeto com considerações para com a forma e a orientação do edifício, o sombreamento de fachadas, as aberturas para a ventilação natural e a iluminação natural e também o uso da estrutura e demais componentes construtivos como massa térmica para o controle das temperaturas internas, dentre outras características e propósitos de ordem ambiental (XAVIER et al., 1983). A arquitetura brasileira desse período é conhecida como arquitetura bioclimática (CORBELLA e YANNAS, 2003), por suas características de inserção climática, com o objetivo de controlar a radiação solar, a luz natural, a ventilação natural e as oscilações de temperatura com o uso da massa térmica inerente principalmente à estrutura de concreto.



Figura 44: Conjunto Nacional.
Foto: Ranny Michalski, 2019

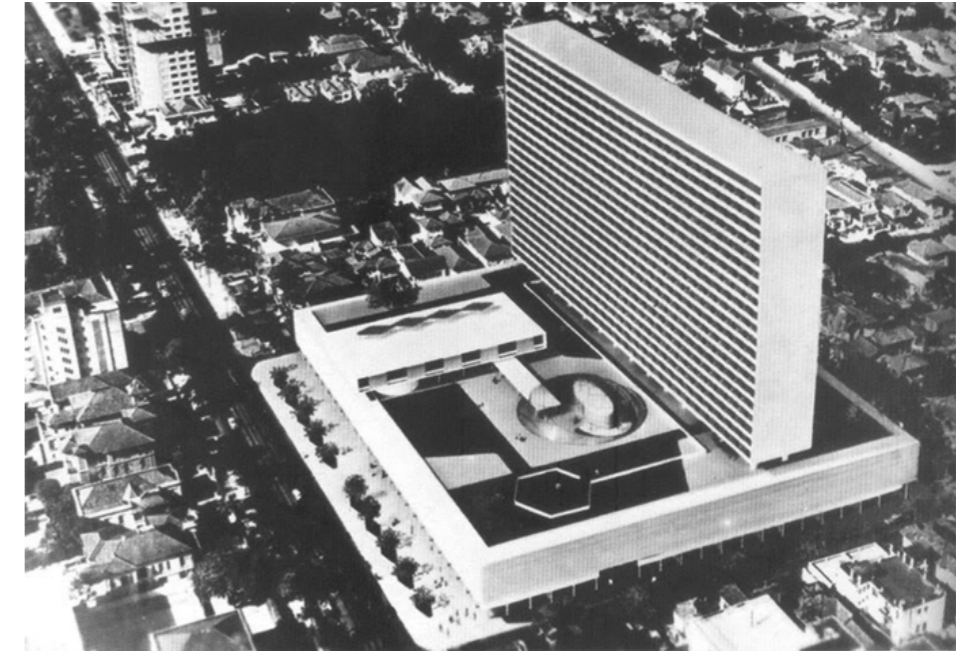


Figura 45: Conjunto Nacional.
Fonte: Revista Acrópole, nº 222

A arquitetura do Conjunto Nacional traz elementos como o tijolo vazado nas fachadas (o conhecido cobogó), a planta estreita, uma combinação entre partes opacas e partes envidraçadas nas fachadas principais e, claro, proteções solares para o bloqueio da radiação solar e o controle da iluminação natural. De frente para a Avenida Paulista, mas recuado, o Conjunto Nacional está orientado para nordeste e sudoeste. Projetado para ser um centro comercial com hotel, cinema e teatro, devido à legislação da época, passou a ter também unidades habitacionais. Os escritórios apresentam opções com planta livre e possibilidade de ventilação cruzada, e também com o formato de escritórios celulares distribuídos pela planta.



Figura 46: Fachada do Conjunto Nacional.
Foto: Mônica Marcondes

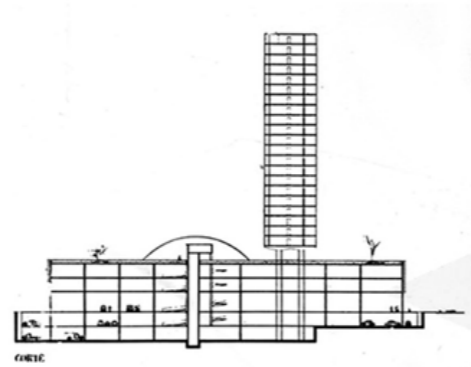


Figura 47: Corte esquemático do Conjunto Nacional.
Fonte: Revista Acrópole, nº 222

Esse edifício, além de ser um ícone para os estudiosos da arquitetura e conforto ambiental, foi estudado através de simulação computacional com o uso do *software Energy Plus* (SOUZA, 2019), os resultados principais da pesquisa estão ilustrados com os gráficos abaixo.

Os gráficos foram elaborados para comparar os três tipos de sala analisados do Conjunto Nacional, sendo elas, Paulista (sala de 26 m² com fachada voltada para orientação nordeste), Santos (sala de 26 m² com fachada voltada para orientação sudoeste), e Horsa II (sala de 270 m² com ventilação cruzada e fachadas voltadas para as orientações nordeste e sudoeste), em uma semana de verão e outra de inverno. As salas se encontram em um mesmo cenário de ocupação e ventilação natural.

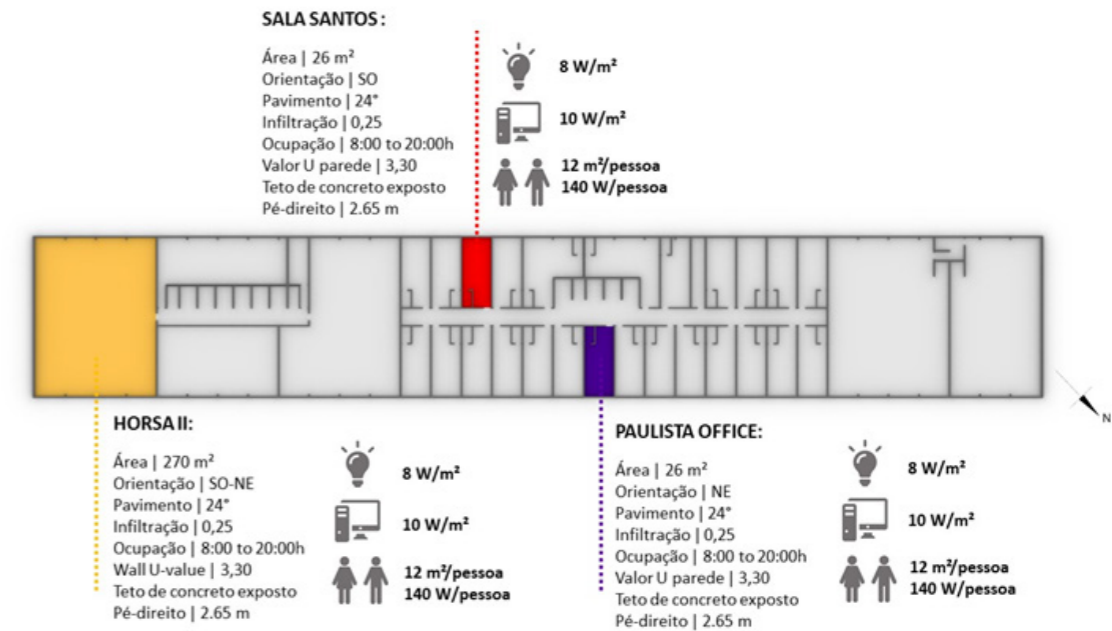


Figura 48: Dados de entrada para as simulações do Conjunto Nacional.
Fonte: SOUZA, 2019

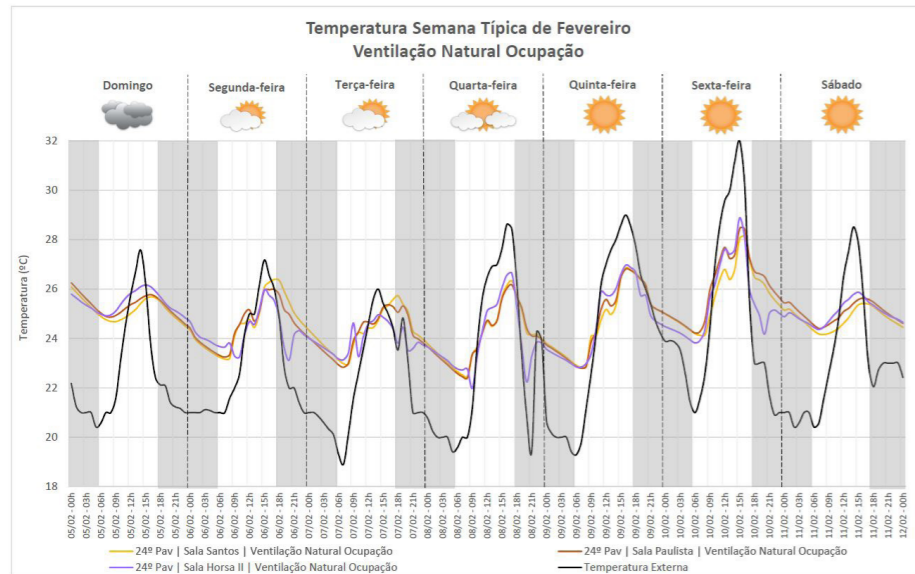


Gráfico 3: Gráfico de temperaturas internas em um mês de verão no Conjunto Nacional.
Fonte: SOUZA, 2019

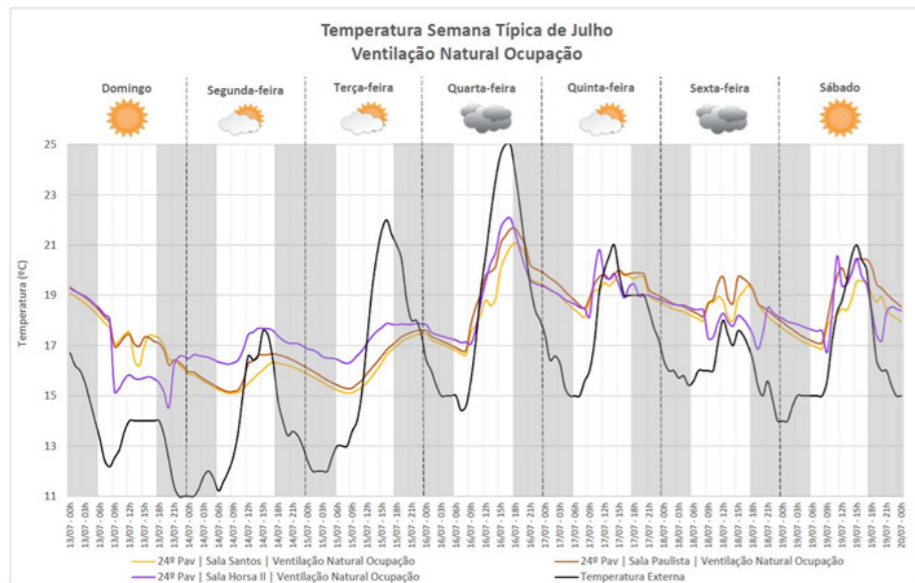


Gráfico 4: Gráfico de temperaturas internas em um mês de inverno no Conjunto Nacional.
Fonte: SOUZA, 2019

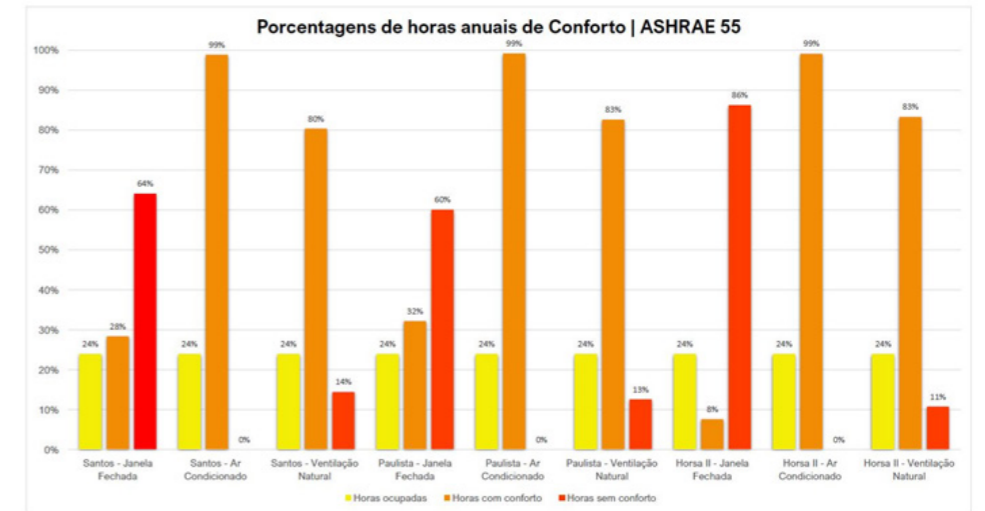


Gráfico 5: Gráfico comparativo de porcentagens de horas de conforto em salas do Conjunto Nacional.
Fonte: SOUZA, 2019

No primeiro gráfico, que apresenta a semana de verão, vemos que as temperaturas no período de ocupação são maiores na sala Paulista nos dias mais nublados e na sala Horsa II nos dias mais ensolarados, e em alguns momentos a sala Santos apresenta temperaturas maiores, principalmente no final da tarde. Podemos perceber ainda nesse gráfico, que as temperaturas das salas Santos e Paulista não diferem tanto entre si quanto as da sala Horsa II, pois as primeiras têm a mesma geometria e área envidraçada, enquanto a terceira possui mais área de vidro e ainda a possibilidade da ventilação cruzada que altera muito o resultado. No segundo gráfico, que apresenta a semana de inverno, podemos ver uma maior diferença entre as temperaturas internas das salas, principalmente entre a Horsa II e as outras duas. Nos dias em que a temperatura externa está mais baixa, a sala Horsa II apresenta temperaturas mais baixas que as duas salas menores, possivelmente devido à ventilação cruzada e a uma maior corrente de vento mais intensa que pode ter resfriado o ambiente nesses dias. Já nos dias mais quentes a sala Horsa II apresenta temperaturas mais altas que as salas Santos e Paulista, e entre essas duas últimas,

a que ficou com temperaturas mais altas durante a maior parte do tempo foi a sala Paulista, que se manteve de 0,1 a 2 °C acima da Santos. Isso reflete a importância da orientação das salas e como a orientação nordeste recebe mais radiação solar.

O gráfico de barras mostra em amarelo a porcentagem de horas do ano que as salas estão ocupadas, e, a partir delas, indica, em laranja e vermelho, a porcentagem de horas de conforto e de não conforto segundo a ASHRAE 55 (2013). Temos essa análise para as três salas e para os três cenários estudados. Podemos ver no cenário inicial de janela fechada que nos três tipos de salas a maior parte das horas ocupadas apresenta desconforto, nas salas Santos e Paulista há 64% e 60% de horas em desconforto, respectivamente, enquanto na sala Horsa II há 86% de horas em desconforto, o que se deve ao fato de que ela possui uma grande área envidraçada sem sombreamento. Já no cenário com ar-condicionado observa-se conforto em 99% do tempo em que as salas estão ocupadas, uma vez que o modelo foi feito com um sistema de ar-condicionado ideal configurado para manter a temperatura em 24 °C, porém deve ser levado em consideração que para manter esse nível de conforto há um elevado gasto de energia, que é necessário para remover toda a carga térmica gerada tanto internamente, quanto pela absorção da radiação solar externa. No cenário com ventilação natural podemos ver mais de 80% das horas ocupadas com conforto, o que mostra uma perspectiva muito positiva para essa estratégia passiva de arrefecimento do ambiente e um grande potencial para seu uso. Diante dessas análises, podemos destacar a importância da orientação do edifício e da massa térmica na hora de projetar.

BANCO SUL-AMERICANO | RINO LEVI

O edifício-sede do Banco Sul-americano, atual Banco Itaú é um projeto do Arquiteto Rino Levi, construído em São Paulo, finalizado em 1966. Assim como o Conjunto Nacional, essa edificação é composta por dois volumes, um horizontal junto ao chão e outro vertical sobre o primeiro, e a obra demonstra em sua linguagem conceitos do racionalismo europeu. O uso de estrutura modular em concreto armado, pilotis, planta livre, terraço jardim no pavimento entre blocos, grandes panos de vidro e atenção ao clima local, representada nos quebra-sóis das fachadas, referenciam as primeiras discussões do movimento moderno brasileiro. Esses elementos já haviam sido experimentados no edifício do antigo Ministério da Educação e Cultura, projetado em 1937 no Rio de Janeiro e atribuído a Lucio Costa, Oscar Niemeyer, Reidy e Burle Marx, com consultoria de Le Corbusier, hoje Palácio Gustavo Capanema.



Figura 49: Imagem geral do edifício em 1966.
Foto: Revista Acrópole



Figura 50: Edifício Itaú em 2017.
Foto: Guilherme Reis

O projeto põe em evidência conhecimentos técnico, social, artístico e crítico em um diálogo explícito com a cidade e a produção da arquitetura em seu tempo. Desde os passeios públicos cobertos, jardins em seu contorno, até o detalhamento minucioso dos mecanismos para manejo dos brise-soleil da torre, a obra contempla as mais variadas dinâmicas sociais e necessidades individuais tendo como partido principal o conforto de seus mais diversos ocupantes em meio a alto rigor técnico.

Esse edifício é uma referência em termos de aproveitamento das estratégias passivas que podem ser incluídas no projeto de arquitetura em benefício do conforto do usuário. Um detalhe importante a ser observado nesse caso, é a quantidade de brises em relação ao entorno construído. Na época de sua construção, o entorno na Avenida Paulista não era tão obstruído, então todos os brises eram necessários, hoje eles estão em excesso. Portanto, é importante considerar o entorno no momento de criação do projeto, e além disso, pensar sobre as possíveis mudanças que podem ser necessárias ao longo de sua vida útil.



Figura 51: Destaque dos *brise-soleils*.
Fonte: Revista Acrópole

3.2. EDIFÍCIOS ATUAIS

YOUSE | ESTÚDIO GUTO REQUENA

O projeto da empresa Youse, feito pelo escritório de arquitetura Guto Requena em 2017, possui alguns diferenciais na planta que chamam atenção, seus tipos de compartimentação do espaço e suas estratégias de *layout*.

A seguradora Youse é uma startup brasileira e nesse projeto de sede quis transmitir os seus valores para a arquitetura de interiores. A planta do projeto teve como prioridade a flexibilidade espacial e variadas possibilidades de rearranjo e de trabalho, dispondo de salas individuais, compartilhadas ou mesas coletivas. Um espaço que chama atenção são os *squads* de madeira, inspirado nos fablabs, para alocar os times montados para projetos especiais, que abrigam até 12 pessoas em um sistema semiaberto, o que garante certa privacidade.

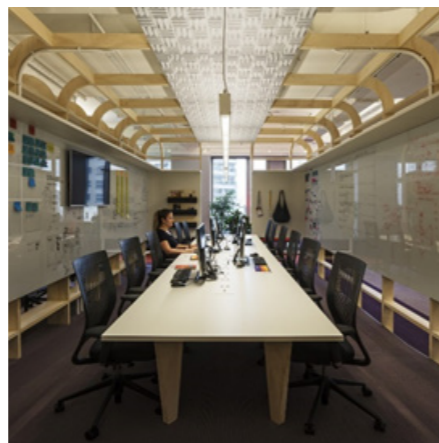


Figura 52: Planta YOUSE.
Fonte: ArchDaily



◀ **Figura 53: Sala fechada com vidro (YOUSE)**
Foto: Leandro Finotti

Figura 54: Interior do Squad (YOUSE). ▶
Foto: Leandro Finotti



◀ **Figura 55: Corredores nas fachadas (YOUSE).**
Foto: Leandro Finotti

Figura 56: “Cabines” de isolamento (YOUSE) ▶
Foto: Leandro Finotti



Ao longo da planta vemos que há bastante proximidade às janelas, possibilitando a vista para a área externa, o que é importante. O ponto negativo é a falta de abertura dessas janelas para a ventilação. Os móveis e objetos de designers brasileiros também estão muito presentes e possuem uma vantagem para a qualidade acústica, por muitos deles serem feitos em material com alta absorção sonora. Um outro detalhe é o logo da empresa, que muda de cor conforme o humor das pessoas que ali trabalham, os dados de humor são coletados por um sistema de perguntas que pode ser respondido durante o dia de trabalho, o que é importante para promover futuras adequações para atingir os objetivos de conforto dos usuários.

Como dito no capítulo anterior, em entrevista com usuários desse espaço, apesar de todas as características positivas desse projeto, a acústica não foi tão bem avaliada, pois consideravam que havia muitas pessoas em um mesmo ambiente. Mas os mini espaços, mais isolados para uma ou duas pessoas (Figura 56), eram muito utilizados, por proporcionar privacidade e menos ruído, e estavam sempre sendo usados. Vemos na planta que são muito poucos, e apesar de ocuparem muito espaço poderiam ser mais explorados, pois proporcionam muitas vantagens. Já finalizado e em uso, o projeto passou por uma reforma, em que salas menores e fechadas foram adaptadas ao espaço, sendo usadas para atividades que exigem mais privacidade, como entrevistas de emprego (Figura 57).



Figura 57: Sala para proporcionar privacidade no escritório da YOUSE.
Foto: Leandro Finotti

EDIFÍCIO PRAÇA PAMPLONA | KRUCHIN ARQUITETURA

O Edifício Praça Pamplona, projetado pelo escritório Kruchin Arquitetura em 2016, possui uma área de mais de 36.000 m². Existem muitos aspectos interessantes nesse projeto, como a junção de um projeto de restauro com a construção de um edifício contemporâneo, porém o que o tornou uma referência para esse trabalho, foi a sua implantação e suas formas variadas no terreno. Como é explicitado na planta acima, o terreno possui um formato pouco usual e, ainda assim, o projeto consegue realizar uma conexão entre as ruas do entorno e apresenta diferentes elementos, também conectados, mas por passarelas que dão para uma praça central.

"(...) o projeto define um longo eixo de penetração na área que, ao mesmo tempo em que permite a integração dos segmentos dissociados do lote, articula as vias urbanas que o delimitam, Ruas Silvia e Pamplona, articulando, também, em seu trajeto, o conjunto de edificações a serem implantadas e os espaços abertos" (ArchDaily Brasil, 2017).



Figura 58: Edifício Praça Pamplona
Foto: Daniel Ducci

Figura 59: Térreo do Edifício Praça Pamplona. Foto: Daniel Ducci



Figura 60: Vista externa do Edifício Praça Pamplona. Foto: Daniel Ducci

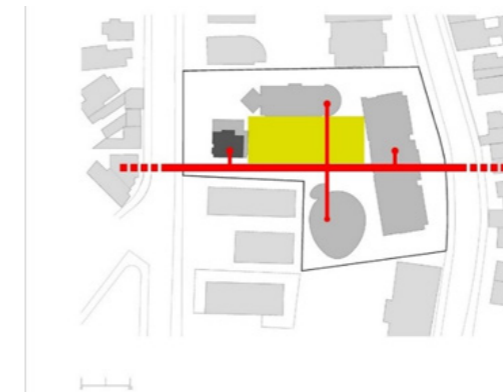


Figura 61: Planta esquemática do Edifício Praça Pamplona. Fonte: ArchDaily

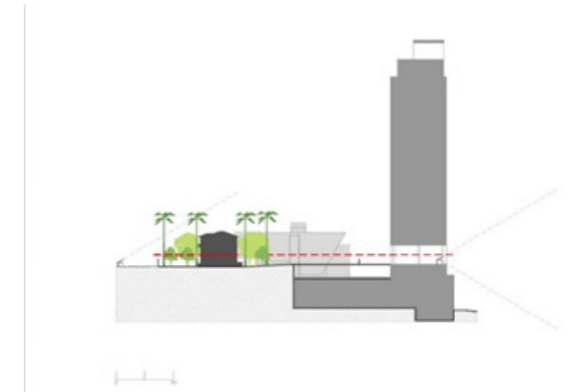


Figura 62: Corte esquemático do Edifício Praça Pamplona. Fonte: ArchDaily



Figura 63: Planta do Edifício Praça Pamplona.
Fonte: ArchDaily

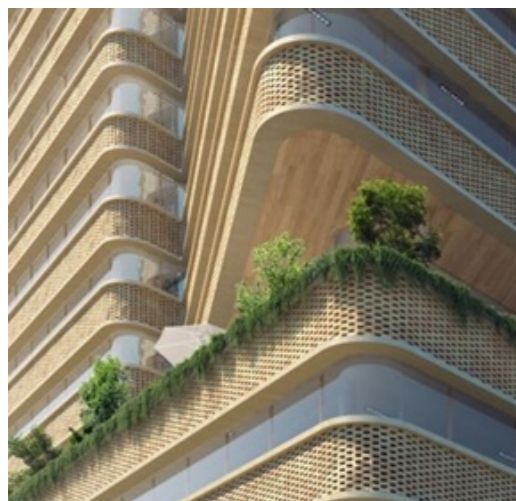
BISKOP GUNNERUS GATE 14B | C.F. MØLLER ARCHITECTS, KRISTIN JARMUND ARCHITECTS E RODEO ARCHITECTS

Esse projeto do escritório C.F. Møller Architects em colaboração com Kristin Jarmund Architects e Rodeo Architects, de 2008, é um complexo urbano na Estação Central de Oslo, na Noruega chamado de “Biskop Gunnerus gate 14B”. Ele tem o propósito de criar uma área recreativa atraente ao redor do centro de transporte, conectando diferentes áreas e níveis topográficos com um fluxo organizado e eficiente. “(...) dois novos edifícios serão erguidos sobre um embasamento comum com a nova praça, que compreende um hotel a oeste e o prédio de escritórios a leste. Terraços funcionam como jardins de cobertura e mirantes para a cidade, oferecendo vistas para o skyline de Oslo” (WALSH, 2018).

As referências em destaque desse projeto que vão de encontro ao propósito do projeto nos próximos capítulos são principalmente: a estratégia da criação de uma praça conectando os diferentes níveis topográficos e as ruas, e o uso de uma fachada sombreada, com vegetação nas varandas.



Figura 64: Complexo urbano no centro de Oslo.
Fonte: C.F. Møller Architects



◀ **Figura 65: Uso de cobogós nas fachadas e varandas com vegetação.**
Fonte: C.F. Møller Architects



Figura 66: Desnível topográfico e conexão de espaços a partir de uma praça com vários níveis.
Fonte: C.F. Møller Architects

99 TAXIS | ATHIÉ WOHN RATH

A inspiração do projeto da sede da 99 táxis, do Athié Wohnrath, é a sua variedade de espaços internos. Assim como citado no capítulo 1, no item sobre perspectivas para o futuro de ambientes de escritório, a busca por espaços diversos no ambiente de trabalho é cada vez mais frequente.

Nesse projeto pode-se encontrar espaços abertos com postos de trabalho lado a lado, cabines menores para conversas mais privadas, salas fechadas para reuniões e trabalhos de maior concentração e ambientes de descontração e descanso.

A ideia do arquiteto foi observar um pouco a dinâmica de trabalho do pessoal, que é um público jovem e, a partir disso, criar um conceito para juntar os serviços dentro de um espaço que, ao mesmo tempo, permita a realização de outras atividades que exercem no dia a dia (OLIVEIRA, 2017). *“Como arquitetos, não queríamos só fazer um espaço bonito, mas que tivesse resultados positivos para a produtividade da empresa e a satisfação das pessoas”* (Sérgio Athié).

Nos postos de trabalho, foram instalados carpetes para amenização de ruídos, como o som dos passos. Também há espaços com piso amadeirado e carpetes coloridos. O vidro está presente nas salas de reunião, proporcionando transparência, e assim a possibilidade de visualização do que acontece do lado de fora e vice-versa.



Figura 67: Interior Sede 99 taxis.
Foto: Jafo fotografia



Figura 68: Espaço para conversas.
Foto: Jafo fotografia



◀ Figura 69: Espaços de descanso e espaços com cortina para gerar privacidade.

Foto: Jafo fotografia



Figura 70: Sala fechada com ▶ vista para a área externa.

Foto: Jafo fotografia

NOVARTIS AUSTRALIA HQ | HDR ARCHITECTURE

O projeto Novartis Australia HQ Building é do escritório HDR Architecture e foi construído em Sydney na Austrália em 2015. A equipe de design descreve o *layout* da estrutura como uma tradução da marca Novartis (empresa farmacêutica e médica), com estruturas de madeira curvada que agem como o núcleo físico e emocional do edifício (FREDRICKSON, 2014). Segundo o escritório de arquitetura, a ideia das instalações é unir os três componentes da empresa em seis andares, aumentar a interação da equipe entre os departamentos e também promover a inovação e a identidade. O átrio central é um espaço aberto especialmente para interação e comunicação entre diferentes níveis do piso, departamentos e membros da equipe. Há um café, o museu da Novartis e os escritórios e salas de reuniões acima, e ainda, acesso ao terraço do edifício. As chapas curvas de madeira se alinham com o piso e se projetam no espaço do átrio central para delinear os espaços.

Os destaques desse projeto são os diversos tipos de espaços criados pelo mobiliário, alguns espaços mais abertos com mais postos de trabalho, outros mais fechados com maior privacidade, divisórias mais altas ou mais baixas, com um espaço interconectado que fornece opções para diferentes tipos de atividades.

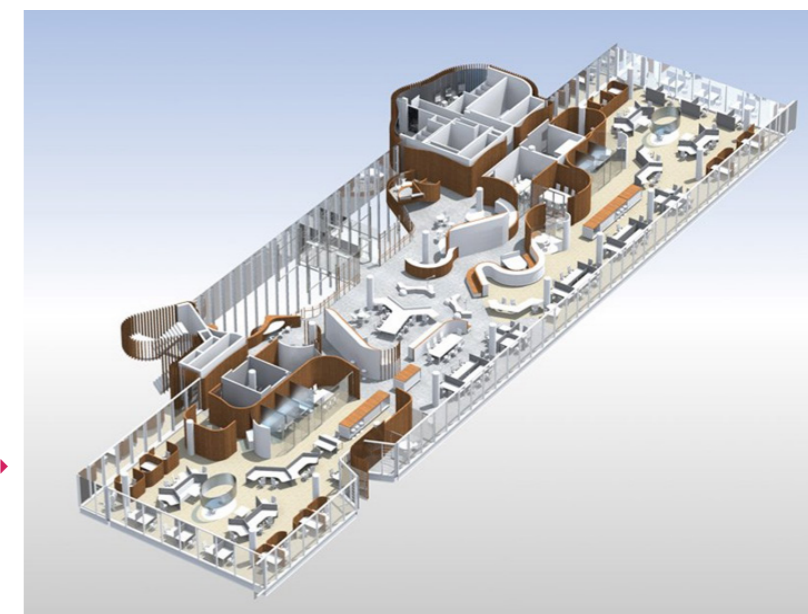
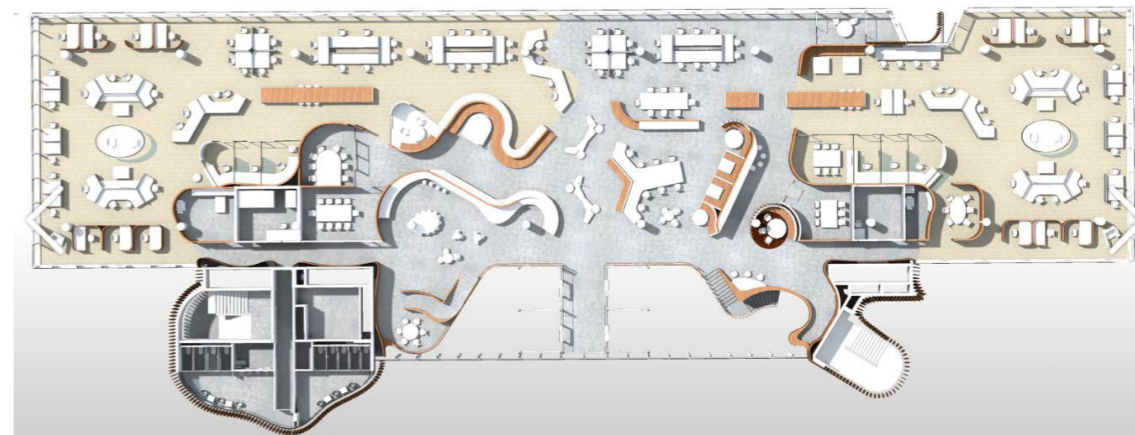


Figura 71: Planta em ▶ perspectiva da Novartis Australia HQ.

Fonte: HDR | rice daubney



◀ **Figura 72: Norvatis
Australia HQ**
Fonte: [https://
architizer.com/
projects/novartis-
australian-hq/](https://architizer.com/projects/novartis-australian-hq/)



**Figura 73: Planta da Norvatis
Australia HQ.**
Fonte: HDR | rice daubney



**Figura 74: Norvatis
Australia HQ.** ▶
Fonte: HDR | rice daubney

CAPÍTULO 4

O PROJETO

4.1. TERRENO E CLIMA

O terreno escolhido para implantar o edifício de escritórios se encontra no Bairro da Liberdade em São Paulo, entre as Ruas Dr. Rodrigo da Silva, Assembleia, Viaduto Dona Paulina e Praça Carlos Gomes. É um terreno em formato de “L” na região central de São Paulo que atualmente abriga um estacionamento.



Figura 75: Imagem aérea da região do projeto com terreno destacado e indicações de transporte público.

Fonte: Google Maps



Figura 76: Vista do terreno da Praça Carlos Gomes.

Fonte: Google Maps

Figura 77: Vista do início do terreno da Rua Dr. Rodrigo Silva.

Fonte: Google Maps



Figura 78: Vista do terreno do Viaduto Dona Paulina.

Fonte: Google Maps

Figura 79: Vista do terreno da esquina da Rua Dr. Rodrigo Silva.

Fonte: Google Maps



O terreno possui um desnível topográfico de 4 metros de altura em uma direção e 8 metros em outra. A ideia é unir essas ruas através de uma praça com escadarias, rampas e canteiros de vegetação. Além de vencer os desníveis com menor movimento de terra e uso racional da topografia, uma praça produz um espaço público de qualidade, conectando as ruas, gerando movimentação de pessoas por novos caminhos e estimulando um fluxo de passagem que cria vida no térreo do edifício.

Para a cidade de São Paulo, onde o projeto está localizado, o controle solar em todas as orientações expostas deve ser a primeira estratégia a ser considerada quando o projeto tem como objetivo o uso da ventilação natural como método de resfriamento passivo dos ambientes internos (GONÇALVES, 2015). O sombreamento externo é muito eficaz quando projetado diferentemente para cada orientação, sem obstruir em excesso a luz natural e as vistas externas.

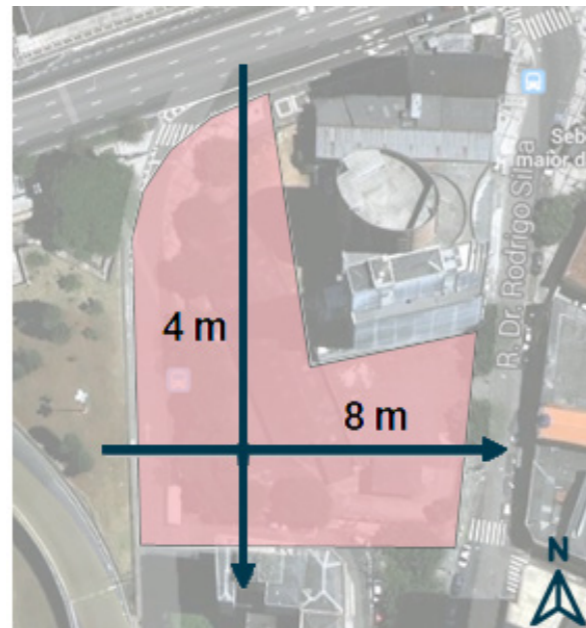


Figura 80: Imagem esquemática dos desníveis do terreno.

Segundo Cotta (2012), para um clima como o de São Paulo, utilizando um WWR de 50%, aliado ao sombreamento de fachadas, a redução de ganhos de calor solar pode chegar a 75% dependendo da orientação. As análises de desempenho pré-projeto do item 4.4 desse trabalho tiveram esses pressupostos desde o início do projeto.



Figura 81: Foto da maquete para entendimento da topografia da quadra.
Foto: Beatriz Nascimento

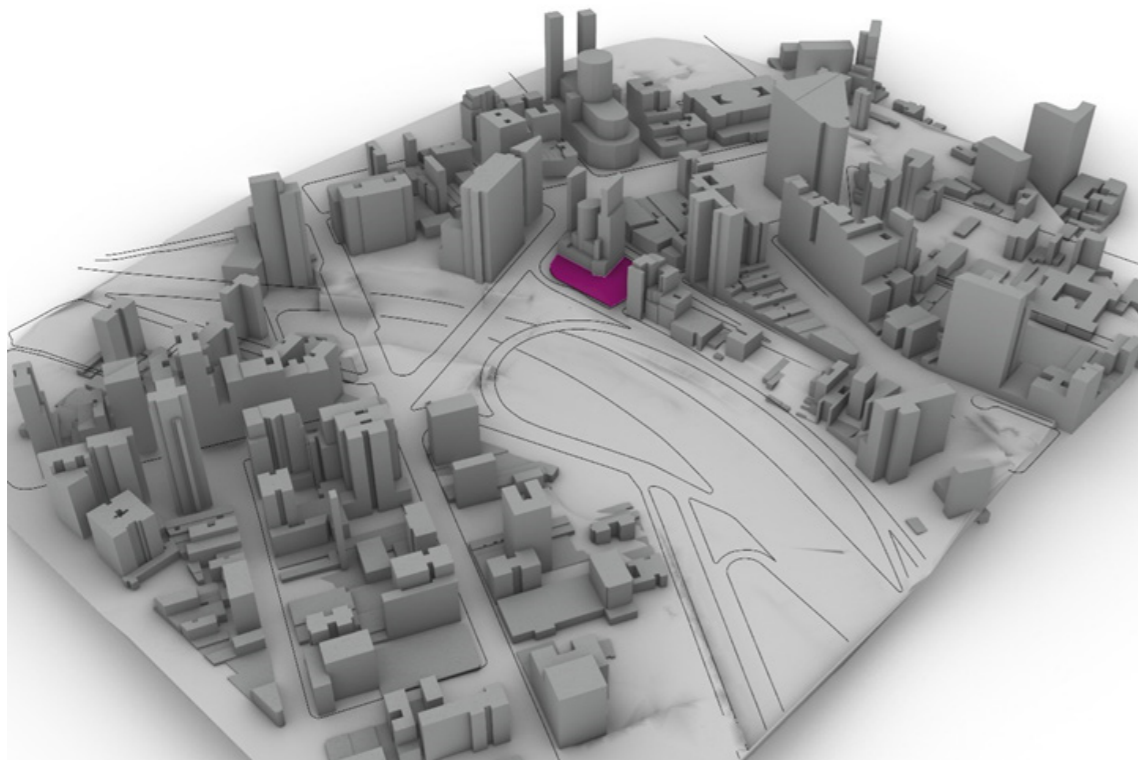


Figura 82: Localização do terreno com volumetria do entorno.
Fonte: Elaborado pela autora

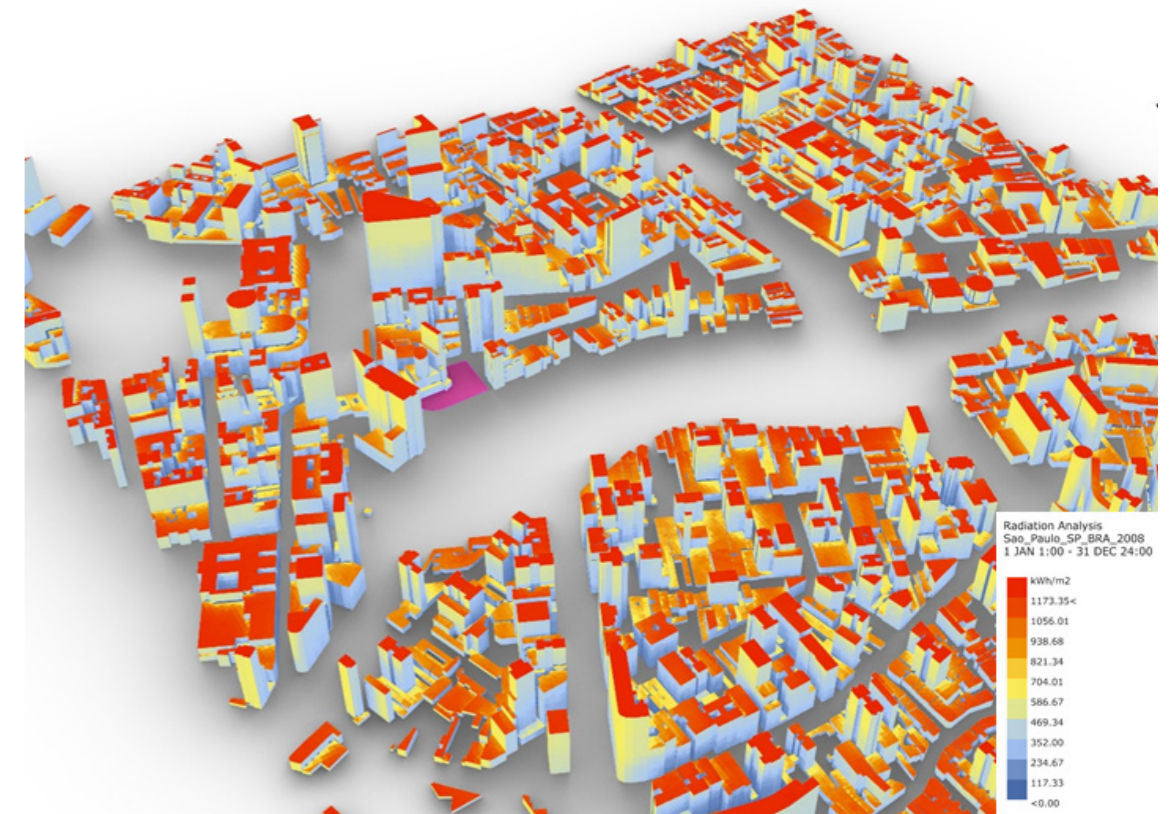


Figura 83: Simulação de radiação anual no entorno.
Fonte: Elaborado pela autora

Foi feita uma simulação de radiação no entorno do terreno, ilustrada pela Figura 83. Os resultados demonstram que apesar das diferentes alturas dos edifícios da cidade, a maioria deles tem potencial para uso de painéis fotovoltaicos na cobertura, com índices de radiação solar no teto chegando a 1173 kWh/m^2 .

4.2. PROGRAMA

O projeto é composto por três partes principais, sendo elas: duas torres de escritórios e um embasamento que unifica o empreendimento. O embasamento é preenchido em sua maior parte pela Praça de acesso público e possui no térreo da Torre 1 a recepção e acesso à circulação vertical, e no térreo da Torre 2, recepção, acesso à circulação vertical e espaço para comércio e café/lanchonete. No segundo pavimento acima da recepção há ainda um espaço destinado a uma academia que pode ser acessada tanto pelos usuários dos edifícios como pelo público em geral. A divisão principal de usos é ilustrada na Figura 84 a seguir.

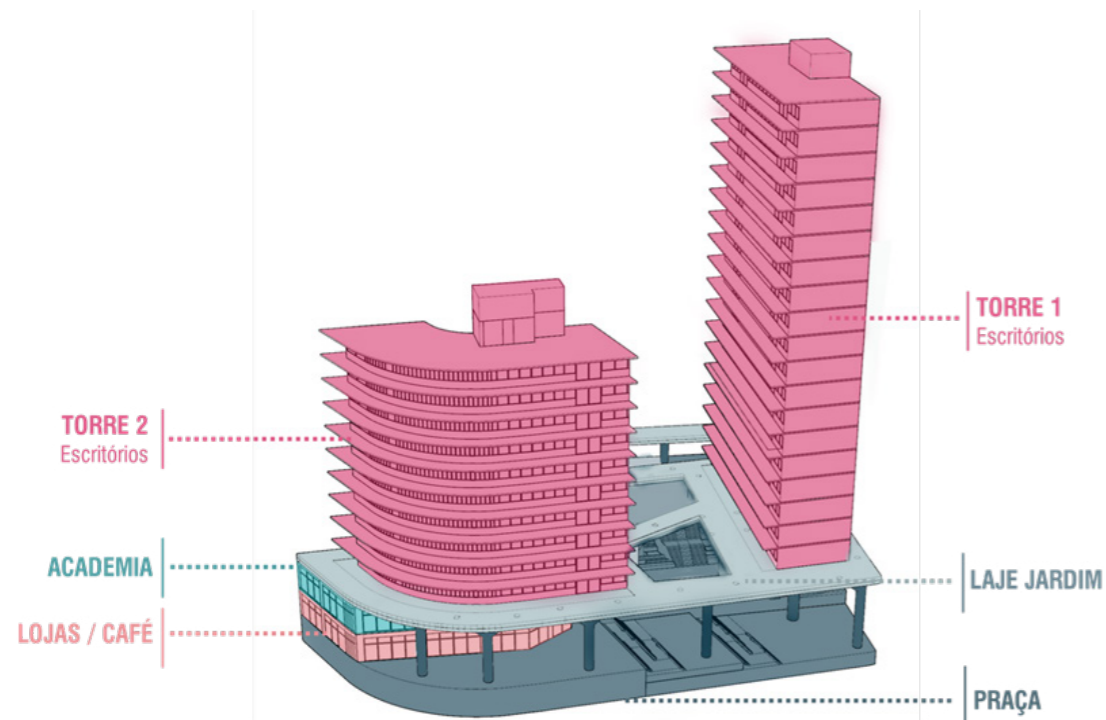


Figura 84: Programa e usos do projeto.

Fonte: Elaborado pela autora

4.3. PARTIDO

O projeto desse edifício de escritórios, como o próprio nome do trabalho já indica, teve um foco ambiental, procurando as melhores estratégias de projeto que pudessem promover qualidade ao espaço construído, conforto e bom desempenho, além de possibilitar um melhor uso dos recursos naturais e evitar o quanto possível as emissões de CO₂.

Segundo Gonçalves (2003), um edifício sustentável define-se por:

- Ser parte de um planejamento urbano desenvolvido para reorganizar e intensificar a densidade urbana;
- Ser localizado nas proximidades de núcleos de transporte público;
- Oferecer um uso misto de funções;
- Dedicar um mínimo de 80% do pavimento térreo ao acesso e uso público, com disposição mínima de área pública no edifício;
- Possuir eficiência econômica satisfatória do espaço interno (relação entre área útil e área total construída);
- Ter forma e altura influenciadas pela composição morfológica geral da cidade;
- Ser projetado com princípios de flexibilidade espacial que permitam um aproveitamento diversificado do edifício, sob a perspectiva do uso;
- Evitar o comprometimento da qualidade ambiental dos espaços públicos da cidade, incluindo calçadas, ruas, praças e áreas verdes, assim como a insolação dos edifícios vizinhos, por efeito de sombreamentos;
- Evitar o desconforto urbano devido a alterações no regime de ventos;
- Contribuir para a criação de espaços abertos na cidade, preferencialmente com o aumento do espaço interno dos edifícios;
- Apresentar níveis satisfatórios de iluminação natural nos ambientes internos por 80% do tempo de ocupação;

- Possuir integração entre os sistemas de iluminação natural e artificial;
- Reciclar águas cinzas do edifício e coletar/reter águas de chuva;
- Com respeito à gestão, possuir coleta seletiva interna de resíduos sólidos;
- Objetivar um consumo de energia durante a vida útil dos edifícios que seja direcionado à emissão zero de CO₂.

O projeto utilizou diversos desses conceitos como princípio, e a ideia de criar um edifício de escritórios com qualidade ambiental, conforto térmico e acústico teve como partido inicial não somente a torre de escritórios, mas também seu embasamento no térreo.

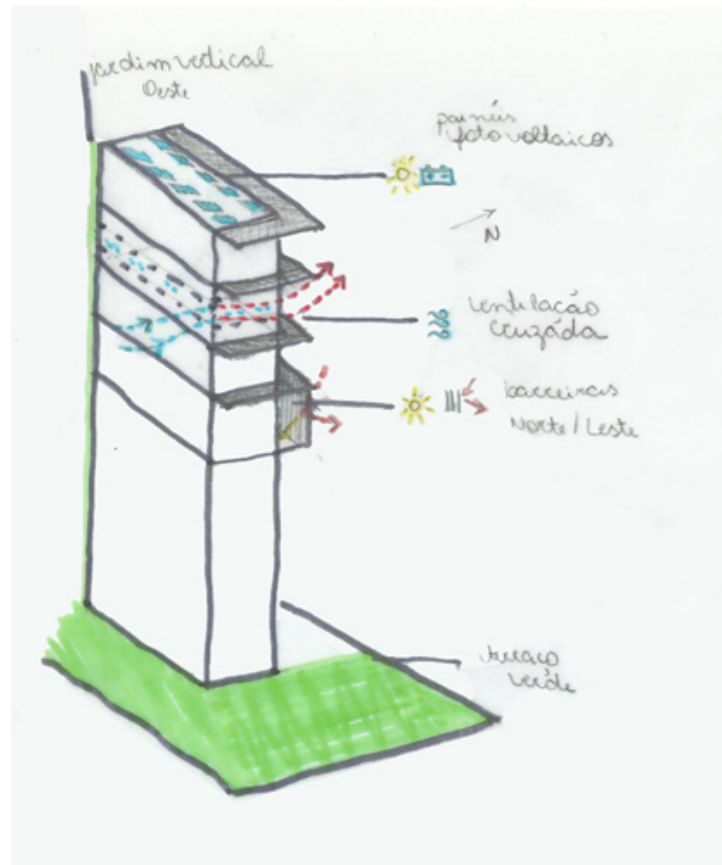


Figura 85: Croqui da autora na fase de concepção do projeto. Ideias sustentáveis possíveis no projeto do edifício.

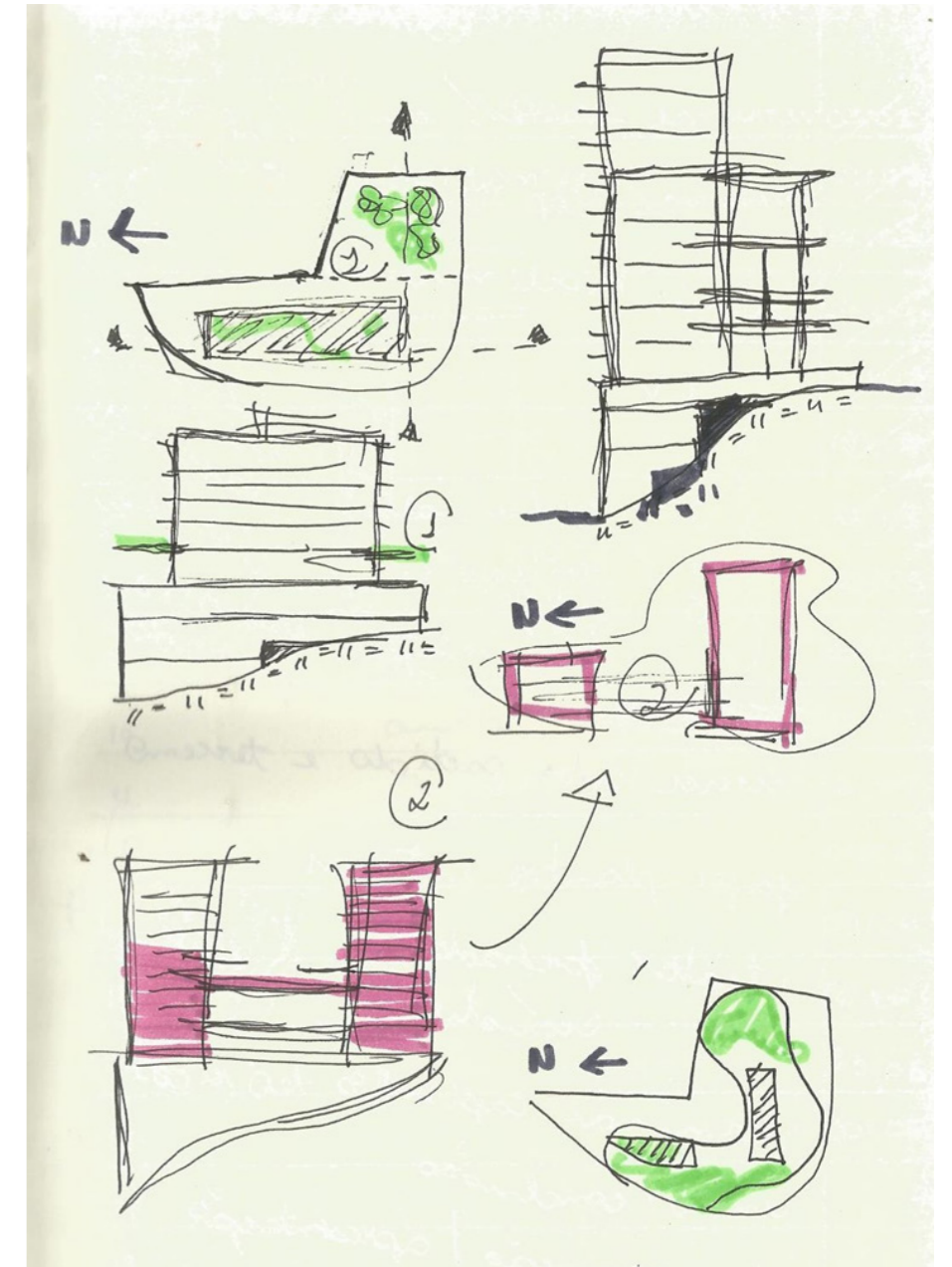


Figura 86: Croqui da autora na fase de concepção do projeto.

O centro do projeto é uma praça, que foi o ponto de partida para todo o desenvolvimento do projeto. A praça central ocupa a maior parte do terreno e tem como objetivo ser um espaço público com qualidade ambiental, que possibilita acessos por todos os ângulos do terreno, que garante visibilidade da rua para o terreno e do terreno para a rua, e que gera um fluxo de pedestres por toda a quadra.

O terreno possibilitaria a criação de uma grande torre, entretanto, em vez de fazer um bloco grande que precisaria inevitavelmente ocupar partes centrais da quadra, a escolha foi dividir em dois blocos e afastá-los para as laterais do terreno, porque assim é mais fácil criar as condições necessárias para a praça, acesso à luz, sol, chuva, como pretendido inicialmente pelo projeto.

Os volumes criados são compatíveis com o gabarito e a morfologia do entorno, o que, além de proporcionar uma harmonia visual, mantém uma distância adequada entre blocos para evitar a obstrução de visão de céu e a vista da cidade.

Figura 88: Croqui da autora na fase de concepção do projeto. Laje-jardim acima do pavimento térreo da praça.

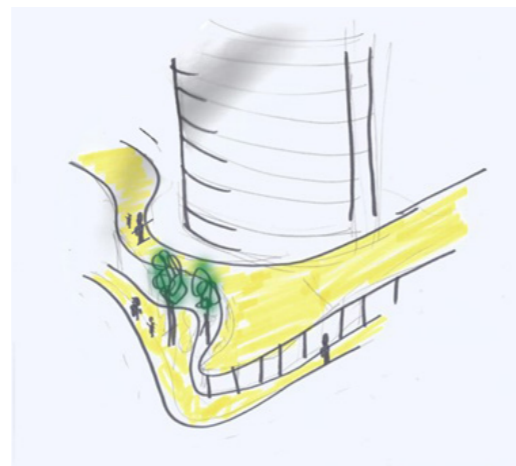


Figura 87: Croqui da autora na fase de concepção do projeto. Corte esquemático com varandas protegendo do excesso de radiação.

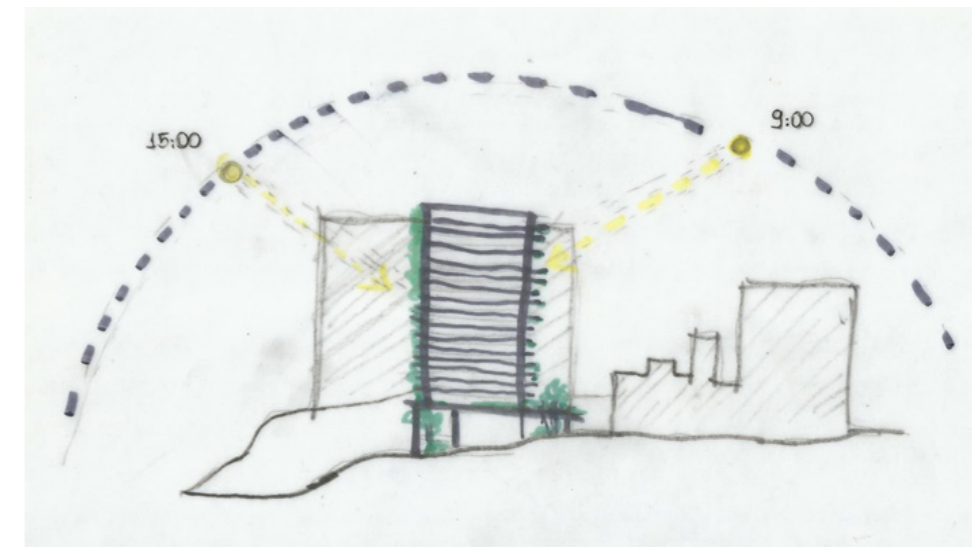
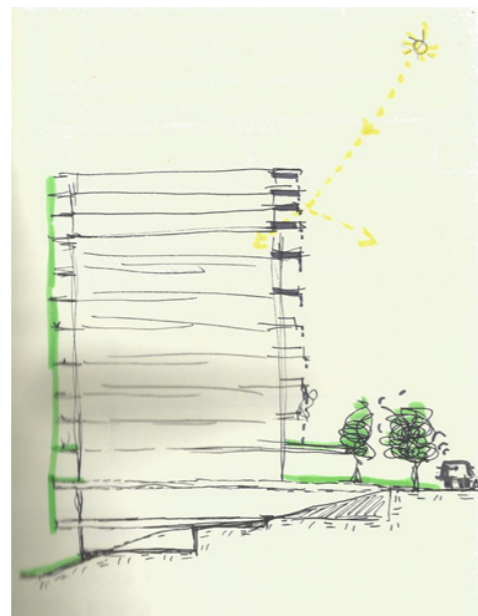


Figura 89: Croqui da autora na fase de concepção do projeto. Direção do sol às 9:00 h e 15:00h em relação às fachadas de uma das torres.

Além da vegetação presente na praça, o projeto conta com o verde presente na fachada oeste de um dos blocos e na cobertura do outro. A fachada oeste recebe muita radiação solar, o que é um ponto positivo em relação à vegetação, e também ao ambiente interno, uma vez que ele não recebe o excesso de sol através de vidros, o que geraria calor, e ainda conta com a contribuição do jardim vertical para isolamento acústico e térmico. Uma das torres é mais baixa que a outra, para evitar a obstrução de céu e da vista da mais alta, e na cobertura dela também há um jardim, que além das vantagens de isolamento térmico, constitui uma área verde adicional, que gera qualidade em mais um espaço externo do projeto.

Vale ressaltar que as áreas verdes presentes nesse projeto apresentam inúmeras vantagens para o próprio edifício e seus usuários, bem como transmitem parte delas para a paisagem urbana, trazendo um impacto visual positivo e um espaço público de passagem e permanência com qualidade ambiental. Além de ajudar a reduzir a reverberação urbana do som.

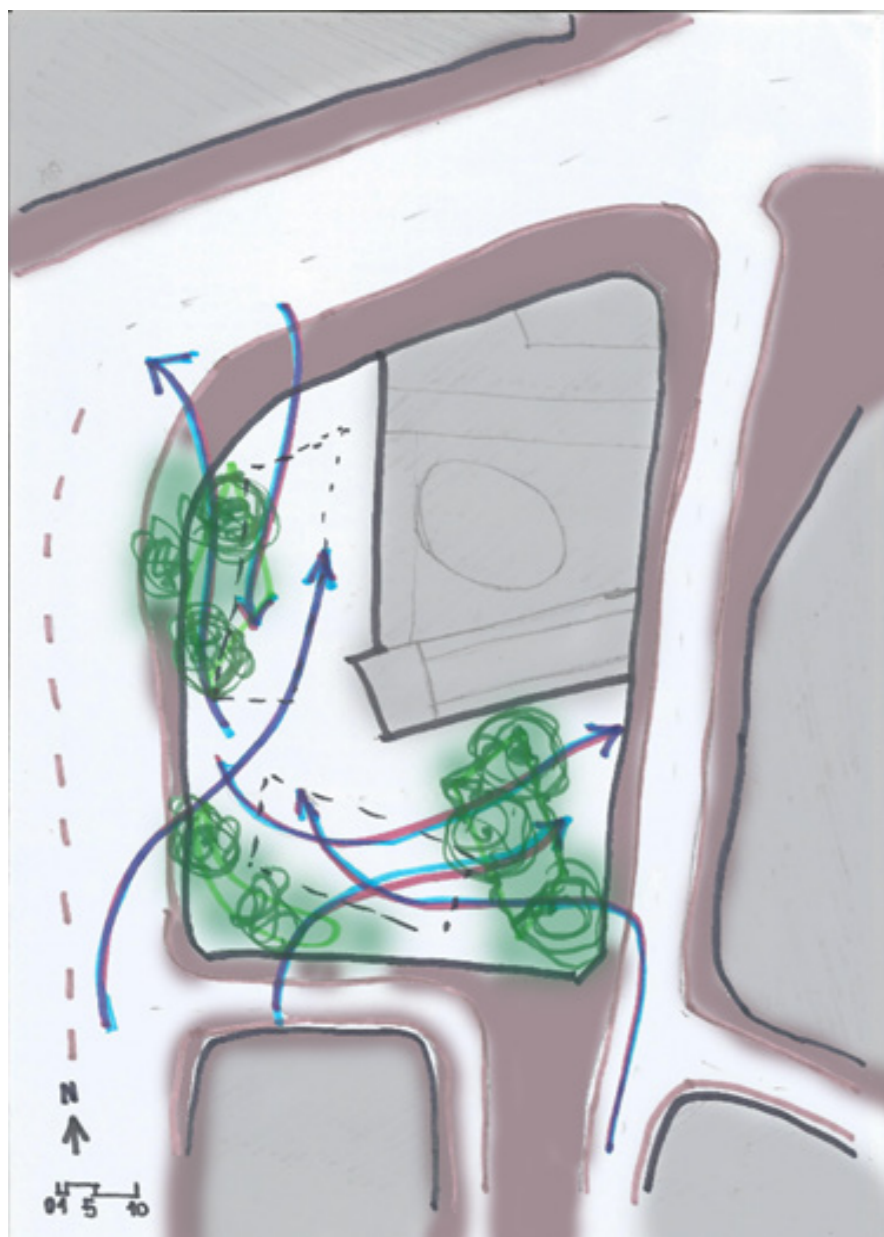


Figura 90: Croqui da autora na fase de concepção do projeto. Fluxos de pessoas pela praça e ruas do entorno.

4.4. ANÁLISES DE DESEMPENHO PRÉ-PROJETO

Segundo Gonçalves (2019), considerações ambientais e soluções arquitetônicas estão atreladas a um processo de projeto diferenciado daquele da caixa de vidro hermeticamente fechada, auxiliado por estudos analíticos com base em procedimentos de simulação computacional para a compreensão do desempenho ambiental das edificações, com toda a sua complexidade. Para Yannas (2008), procedimentos analíticos avançados são fundamentais para a compreensão do complexo balanço energético do edifício e das possibilidades arquitetônicas na redução de sua carga térmica de resfriamento, o que significa sua resposta térmica para relação entre ganhos e perdas de calor ao longo de um dia e em diferentes épocas do ano.









Tendo isso em vista, foram feitas algumas análises pré-projeto com auxílio de ferramentas de simulação para tomar decisões importantes no processo de projeto, como definição de orientação, forma, sombreamentos e porcentagem de área envidraçada em relação à área opaca. As simulações de desempenho térmico e lumínico foram feitas com auxílio das ferramentas *Energy Plus*, *Radiance*, *Ladybug* e *Honeybee*. Já as análises de acústica contaram com o uso do *software* *CadnaA* e tabelas de cálculo de reverberação e isolamento. As simulações consideraram os edifícios do entorno existente, os dados utilizados para essas análises e os resultados encontrados por elas se encontram dispostos nos itens a seguir.

4.4.1 ANÁLISES DE DESEMPENHO TÉRMICO

As análises de desempenho térmico consideraram os dados de entrada dispostos na Tabela 4 a seguir.

Tabela 4: Dados de entrada para simulação de desempenho térmico.

Fonte: Elaborado pela autora

TORRES 1 E 2 OPEN PLAN E SALA FECHADA		
Áreas	242 m ² 24 m ² 243 m ² 24 m ²	
Pé-direito	3 m	
Infiltração	0,25 ACH ³⁸	
Valor U das paredes	1,36	
Ocupação	8:00h às 20:00h 12 m ² /pessoa	
Carga térmica de pessoas	140 W/pessoa	
Carga térmica de equipamentos	10 W/m ²	
Carga térmica de iluminação	8 W/m ²	

As simulações de desempenho térmico foram estruturadas de maneira a analisar os mesmos cenários nas duas torres do projeto, tanto no modelo *open plan* quanto no modelo em salas fechadas. Os três cenários iniciais foram:

- Torre sem varanda
- Torre com varandas de 1,5 m de largura
- Torre com varandas de 2,0 m de largura

38 ACH: air changes per hour, renovações de ar por hora.

Nos três cenários não houve diferenças significativas entre os que possuem varanda, sendo o da varanda de 2,0 m o melhor deles, então ele foi escolhido para os seis testes seguintes. Foram eles:

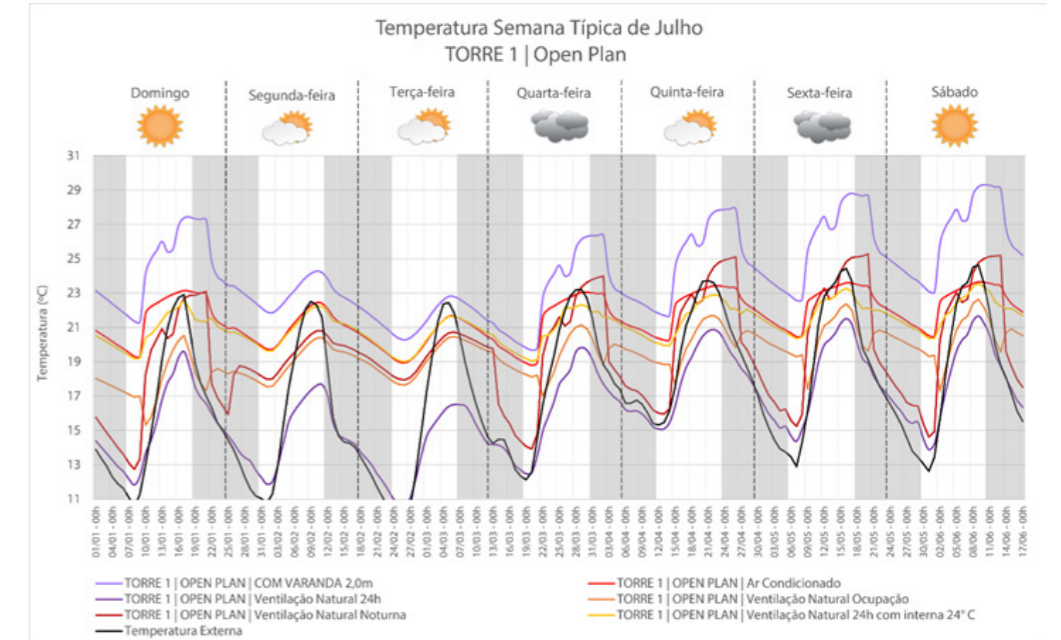
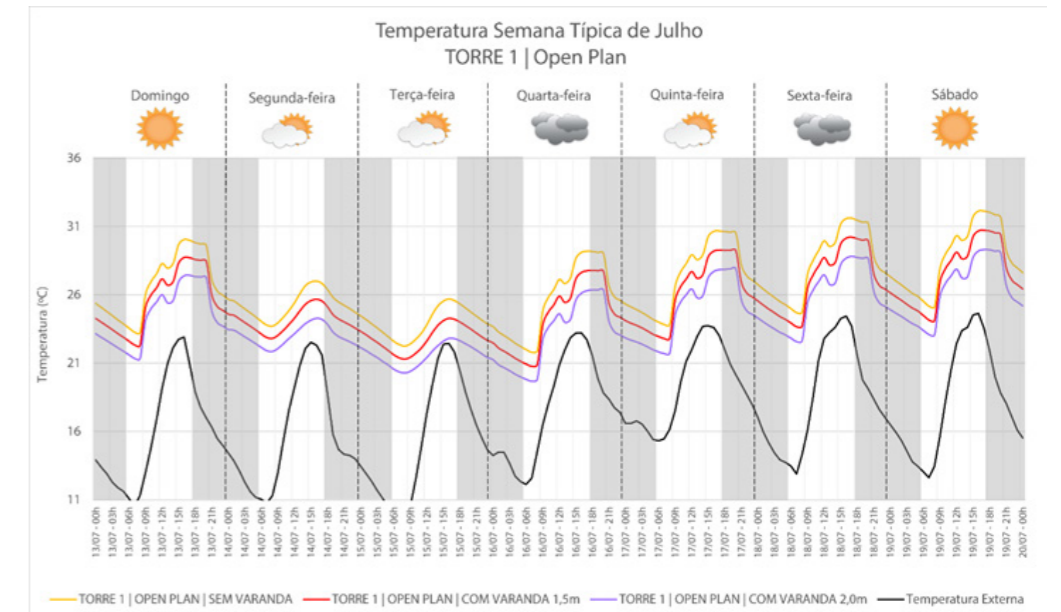
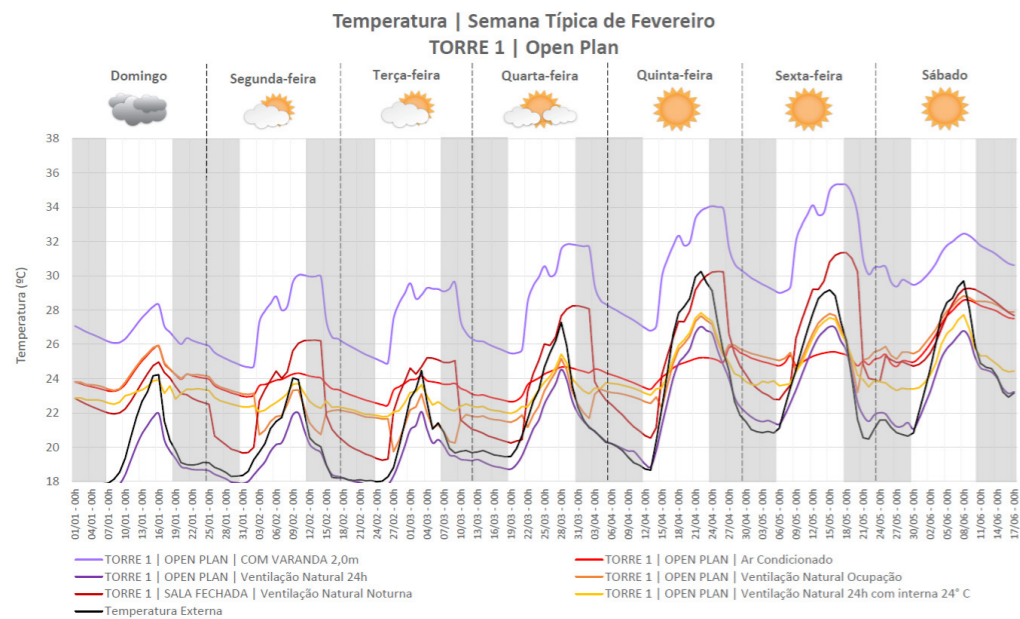
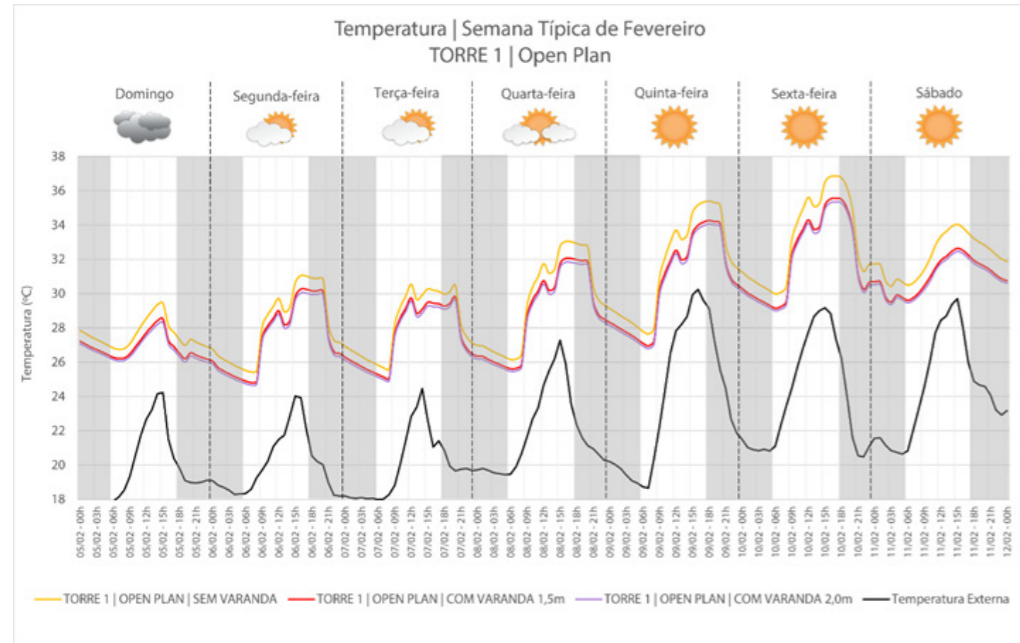
- Ar-condicionado a 24° C
- Ventilação natural 24h
- Ventilação natural durante a ocupação | 8:00 às 20:00
- Ventilação natural no período noturno | 20:00 às 8:00
- Ventilação natural 24h com setpoint de 24° C

Para uma melhor visualização dos resultados foram elaborados gráficos com perfil de temperaturas para uma semana de fevereiro e uma semana de julho, para exemplificar o comportamento das salas em dias de verão e dias de inverno. E para entender o desempenho ao longo de todo o ano foram elaborados gráficos com a porcentagem de horas do ano em cada faixa de temperatura, sendo elas para o verão: abaixo de 24° C, entre 24° C e 26°C, entre 26° C e 28° C e acima de 28° C; e para o inverno todas essas faixas e a faixa abaixo de 21° C.

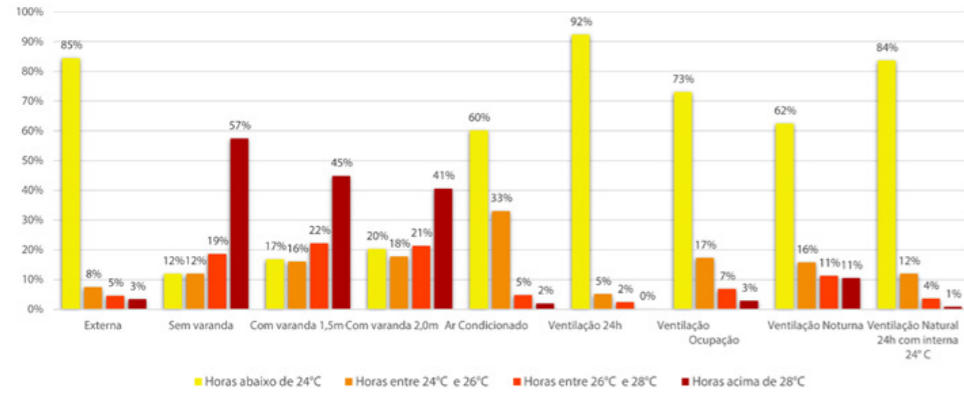
Os resultados estão apresentados a seguir em gráficos na ordem:

- Torre 1 | *Open Plan*
- Torre 1 | Sala fechada
- Torre 2 | *Open Plan*
- Torre 2 | Sala fechada

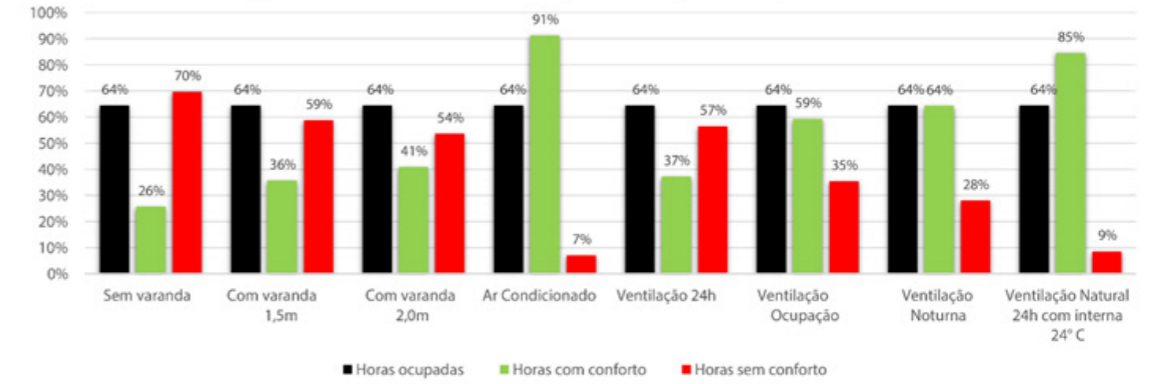
ANÁLISES DA TORRE 1 | OPEN PLAN



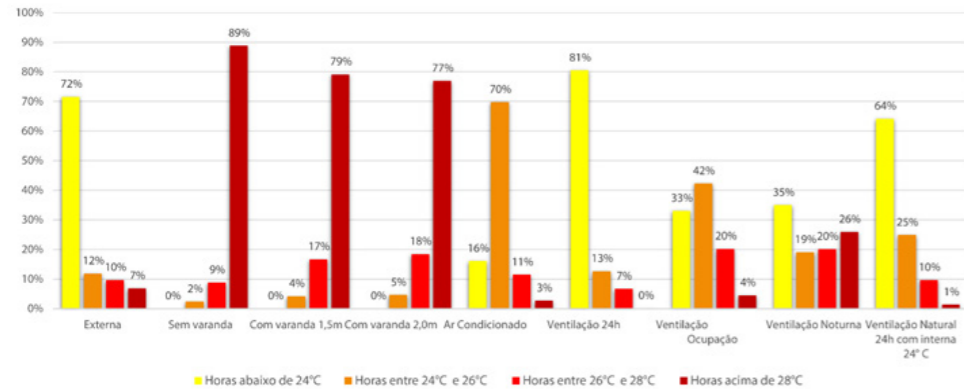
Porcentagens de Temperaturas ANO | TORRE 1 | OPEN PLAN



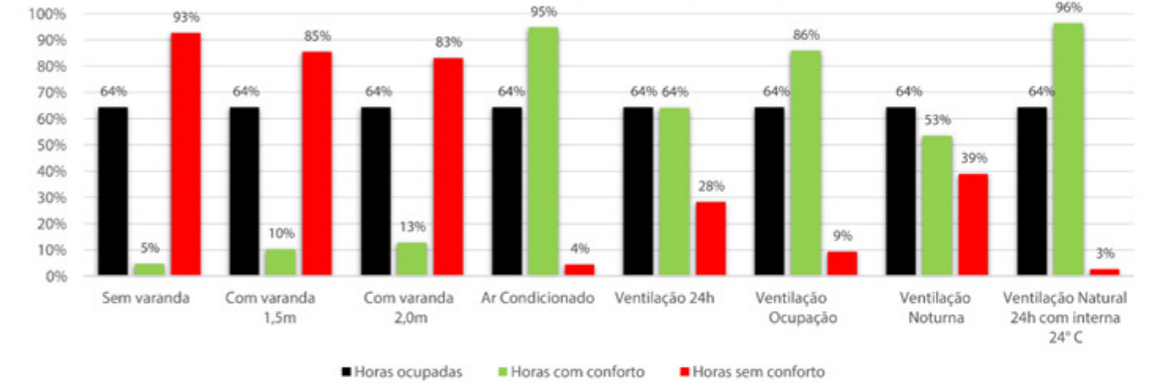
Porcentagens de horas em Conforto ANO | ASHRAE 55 | TORRE 1 | OPEN PLAN



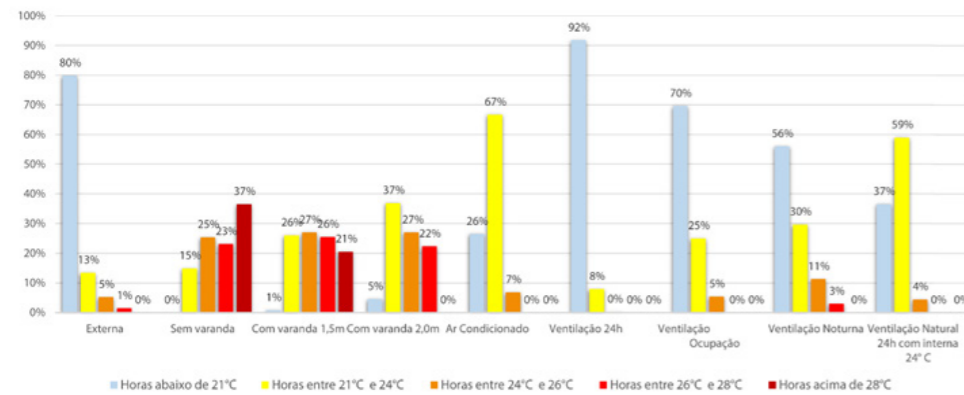
Porcentagens de Temperaturas FEVEREIRO | TORRE 1 | OPEN PLAN



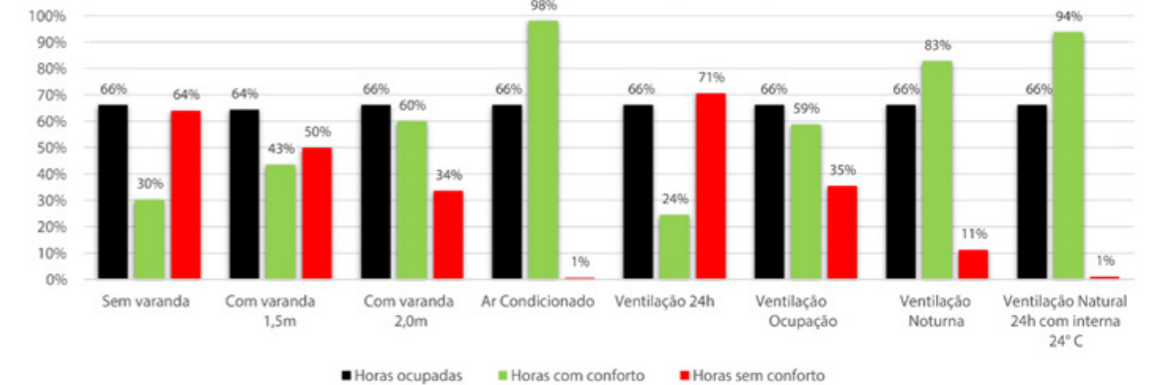
Porcentagens de horas em Conforto FEVEREIRO | ASHRAE 55 | TORRE 1 | OPEN PLAN



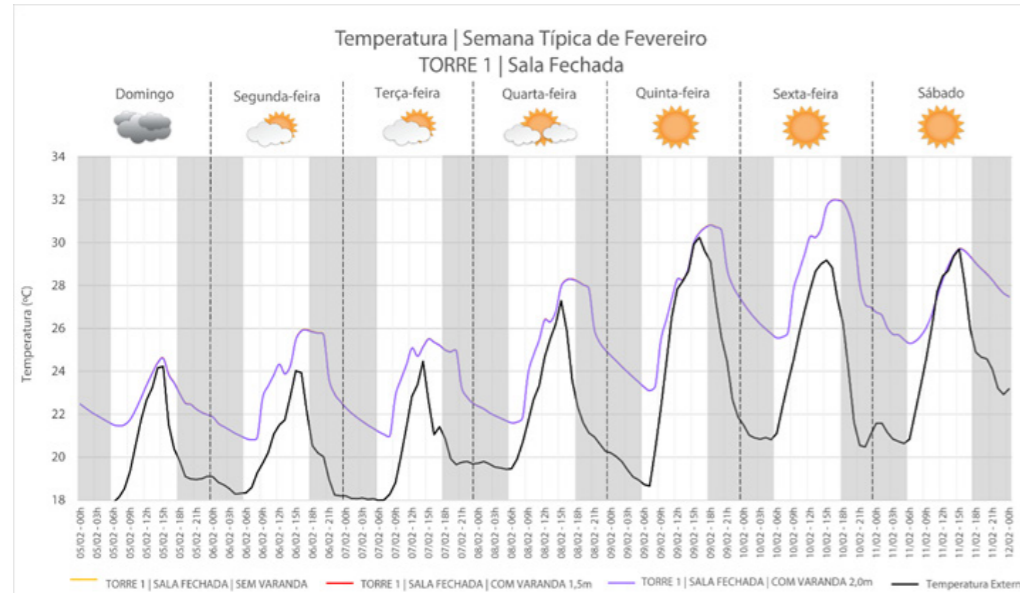
Porcentagens de Temperaturas JULHO | TORRE 1 | OPEN PLAN



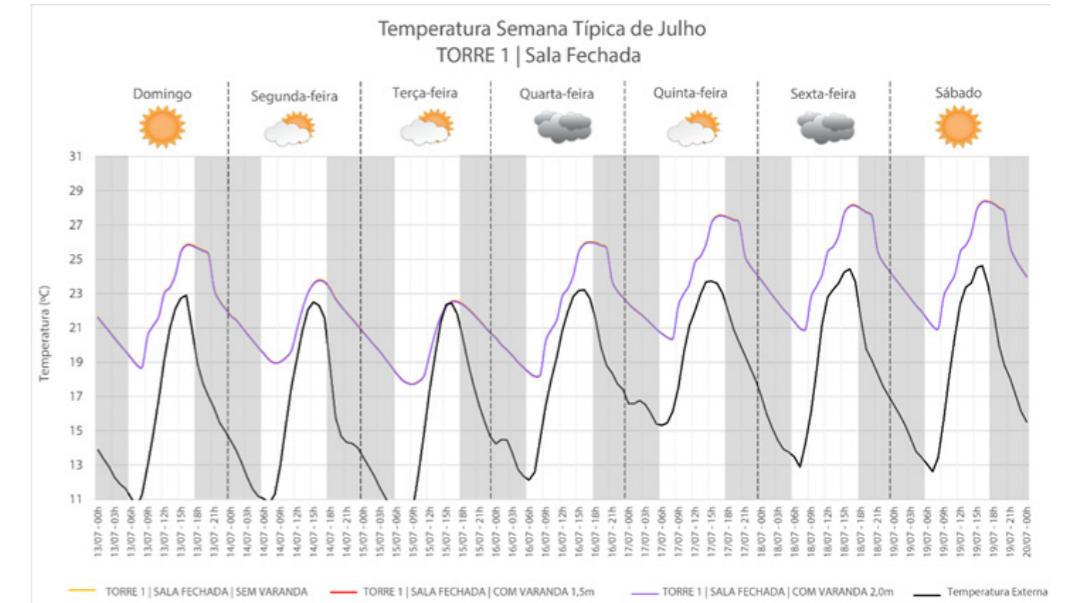
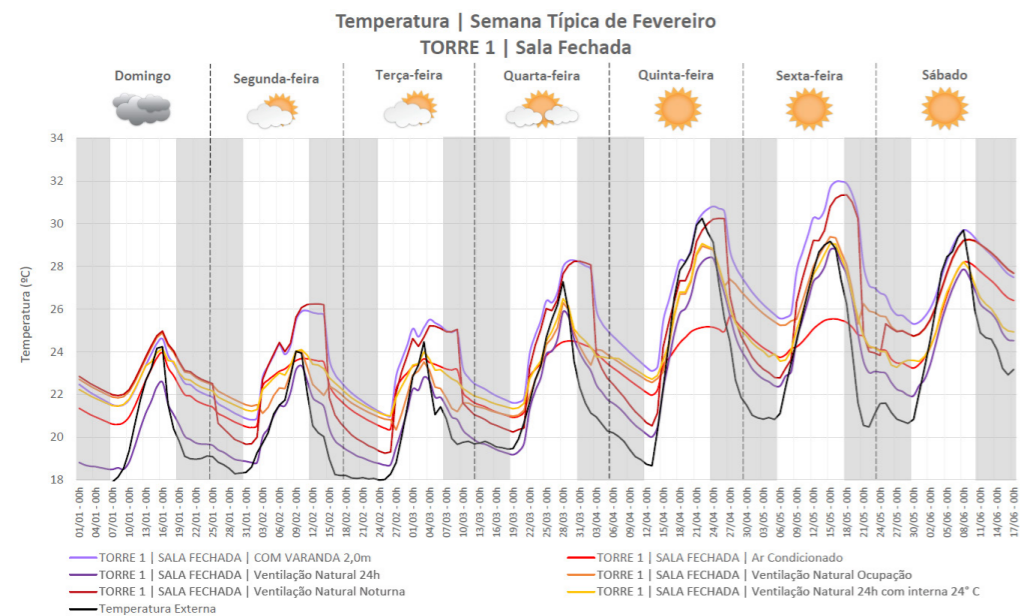
Porcentagens de horas em Conforto JULHO | ASHRAE 55 | TORRE 1 | OPEN PLAN



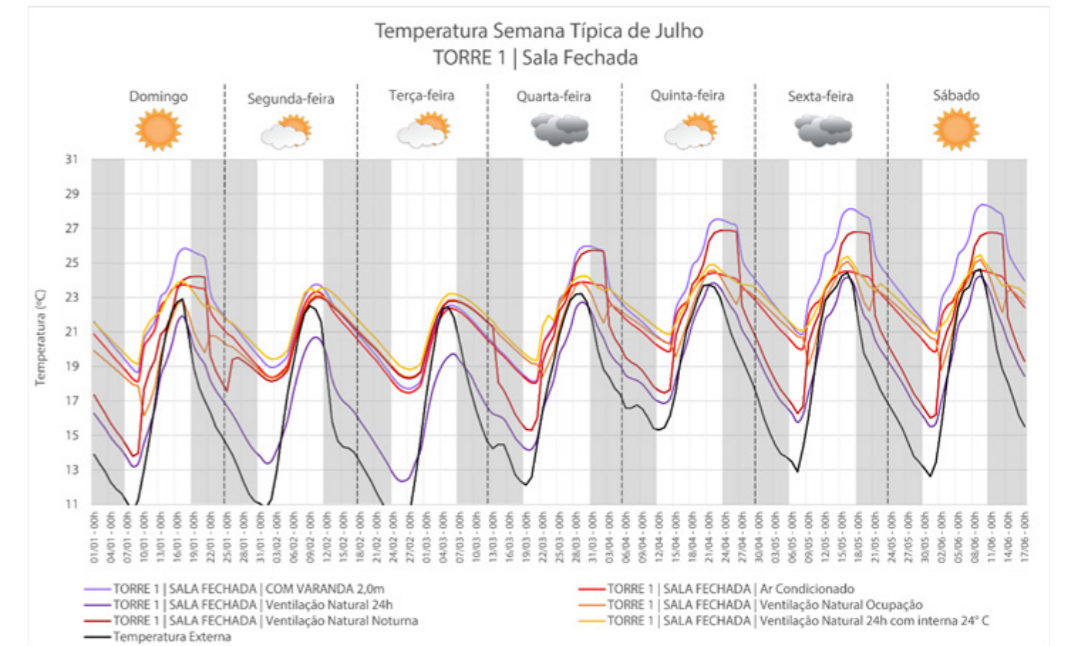
ANÁLISES DA TORRE 1 | SALA FECHADA



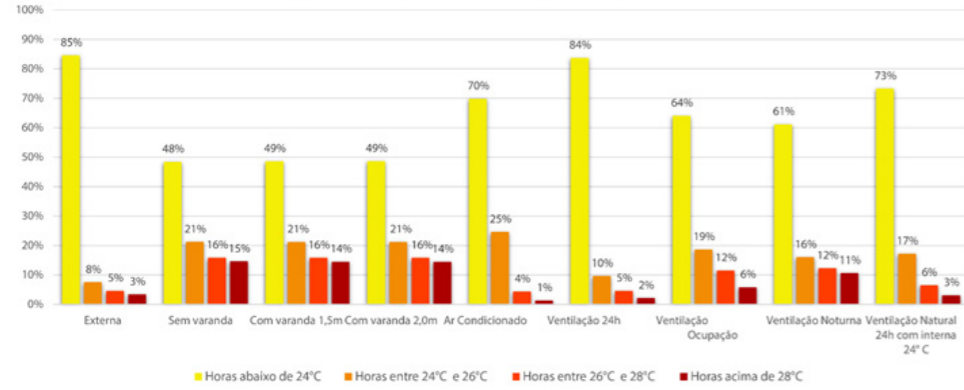
Obs: Devido à diferença mínima nos resultados dos 3 cenários, as linhas nesse gráfico estão unidas parecendo uma só.



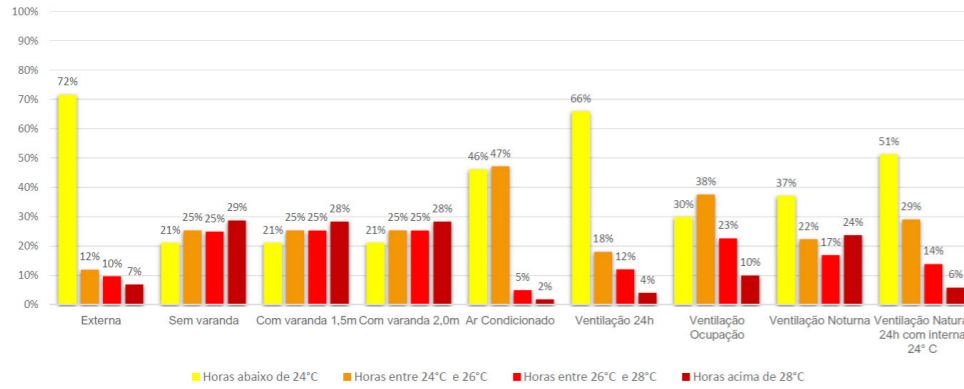
Obs: Devido à diferença mínima nos resultados dos 3 cenários, as linhas nesse gráfico estão unidas parecendo uma só.



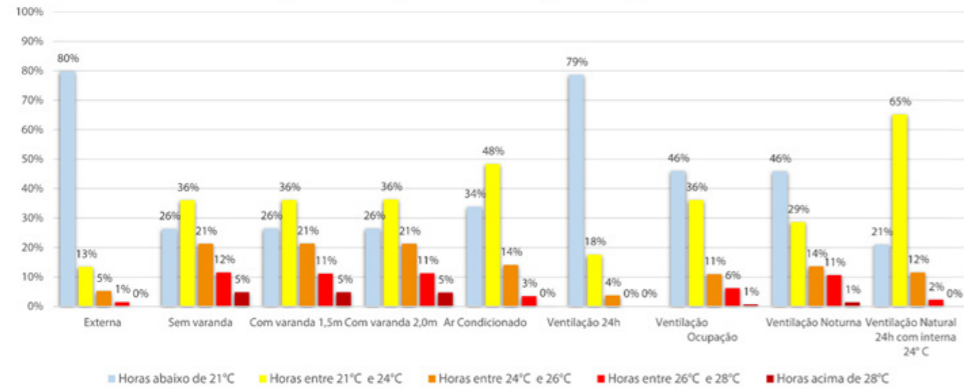
Porcentagens de Temperaturas ANO | TORRE 1 | SALA FECHADA



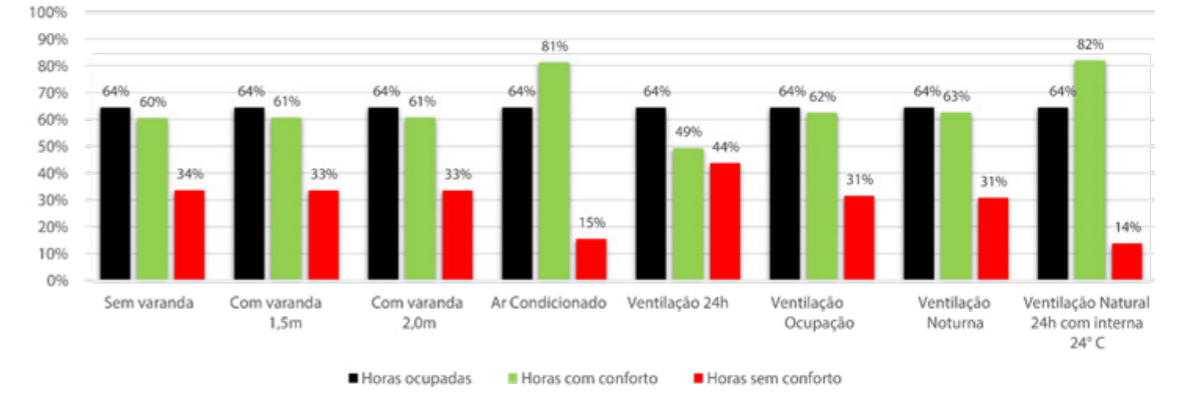
Porcentagens de Temperaturas FEVEREIRO | TORRE 1 | SALA FECHADA



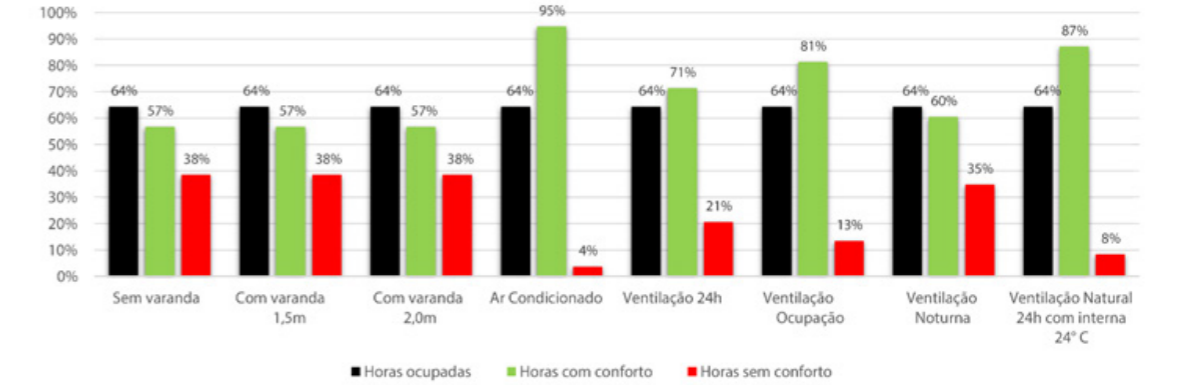
Porcentagens de Temperaturas JULHO | TORRE 1 | SALA FECHADA



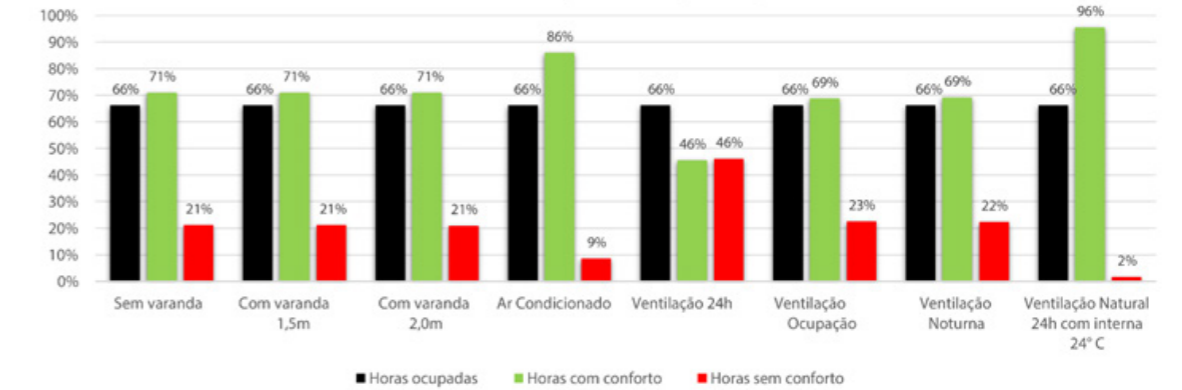
Porcentagens de horas em Conforto ANO | ASHRAE 55 | TORRE 1 | SALA FECHADA



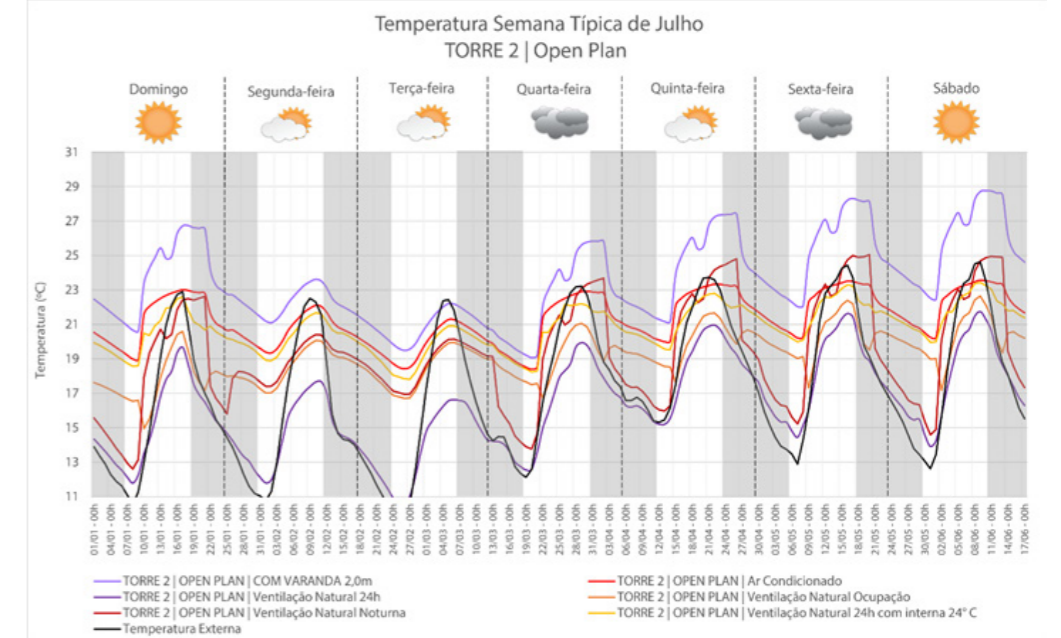
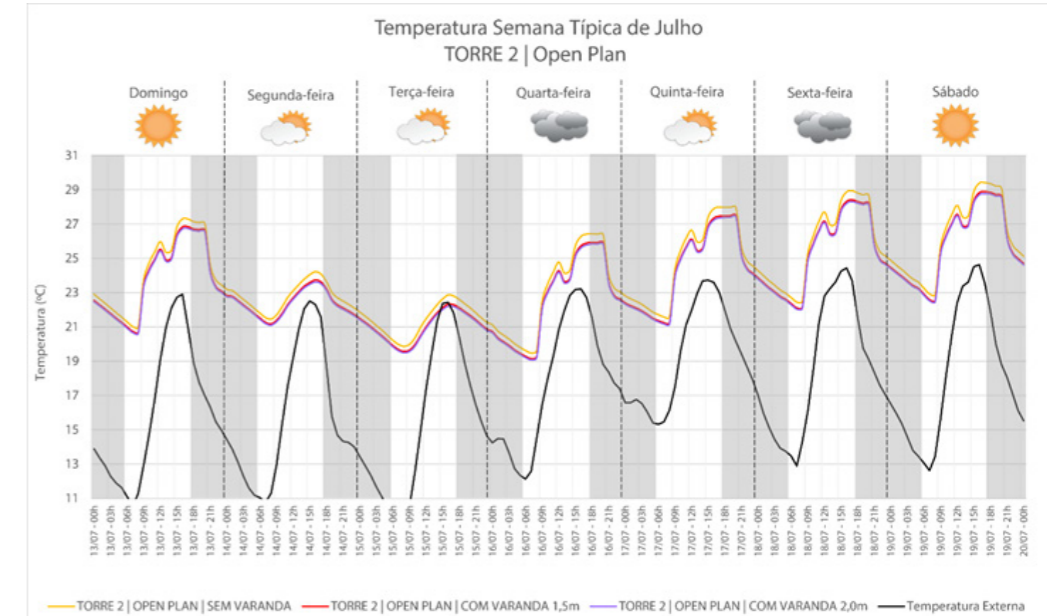
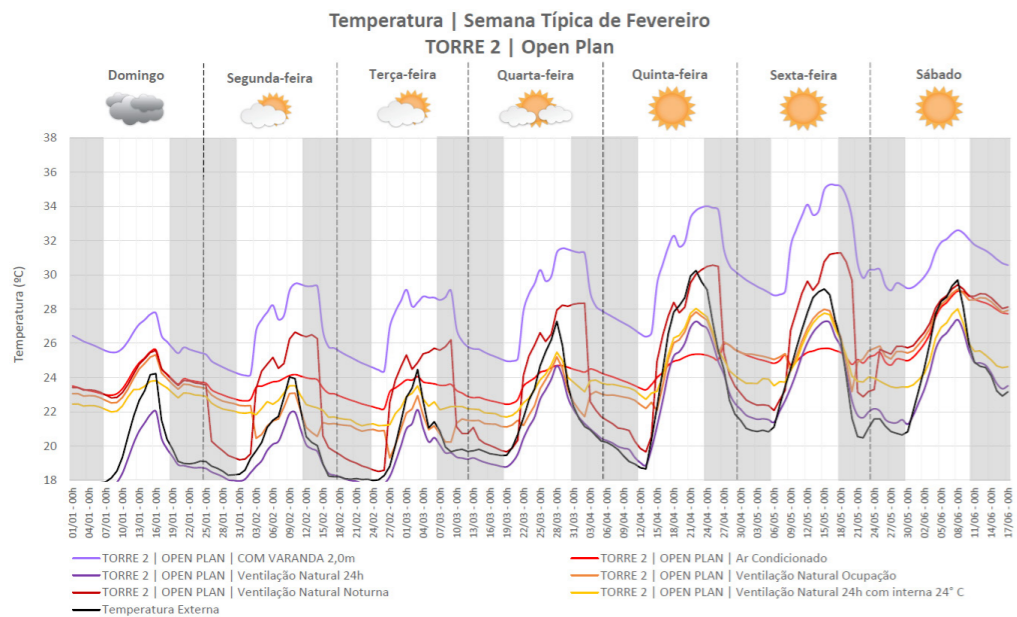
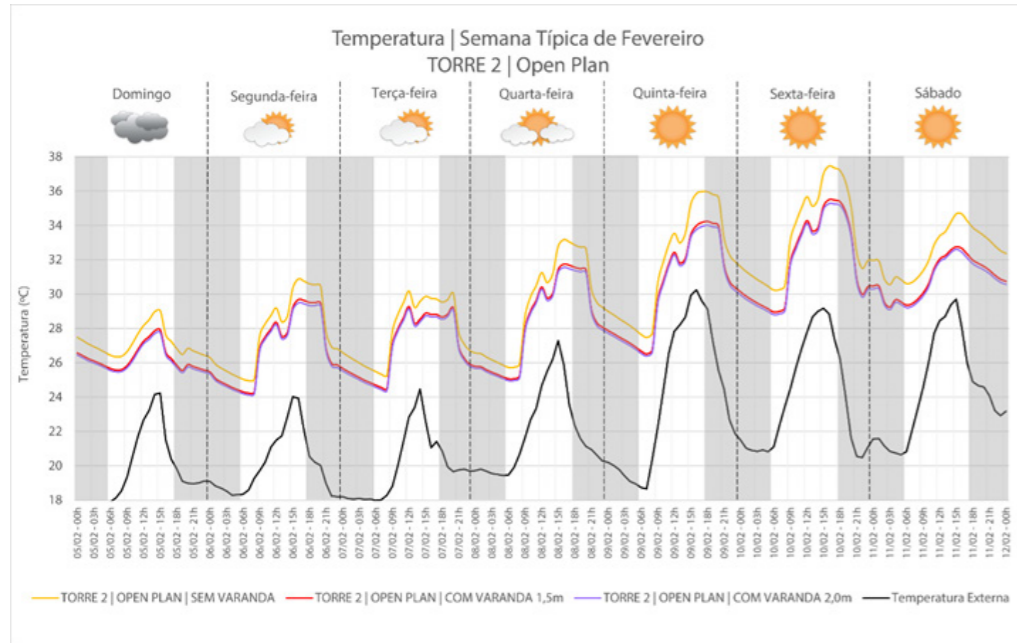
Porcentagens de horas em Conforto FEVEREIRO | ASHRAE 55 | TORRE 1 | SALA FECHADA



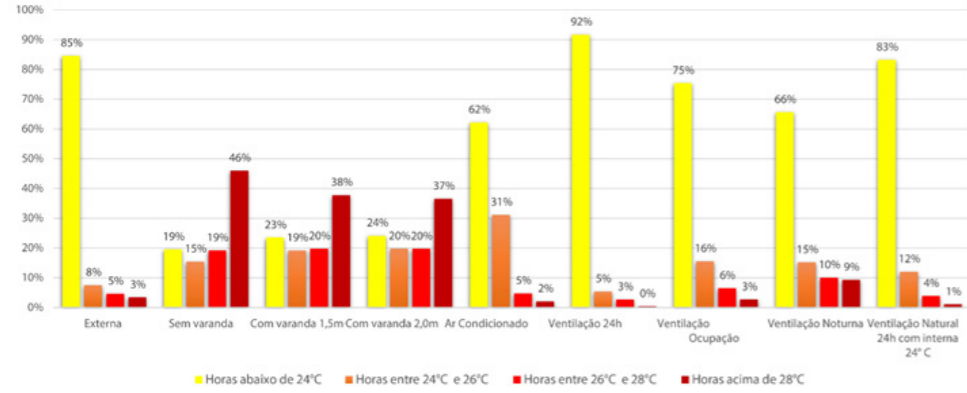
Porcentagens de horas em Conforto JULHO | ASHRAE 55 | TORRE 1 | SALA FECHADA



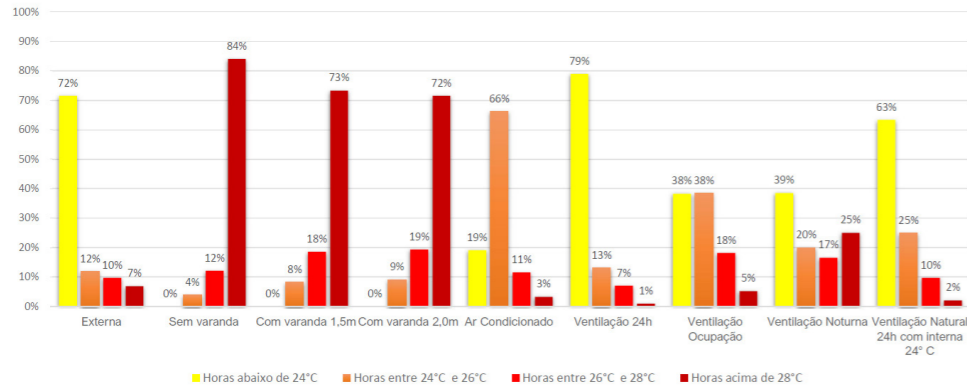
ANÁLISES DA TORRE 2 | OPEN PLAN



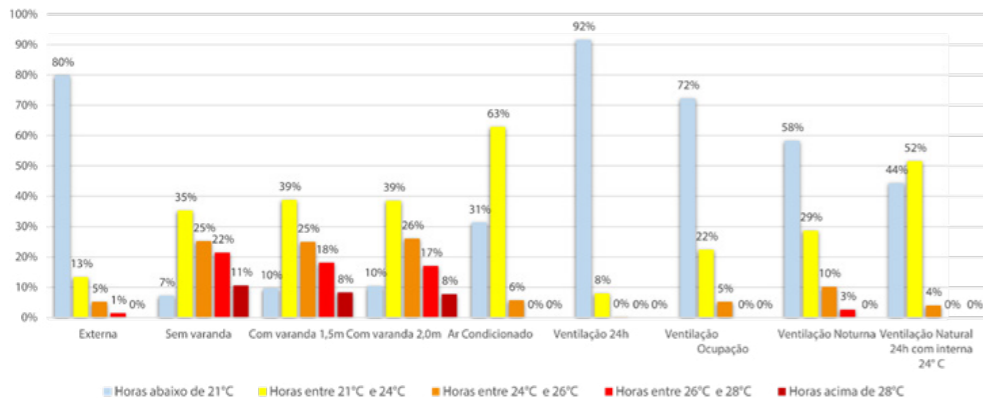
Porcentagens de Temperaturas ANO | TORRE 2 | OPEN PLAN



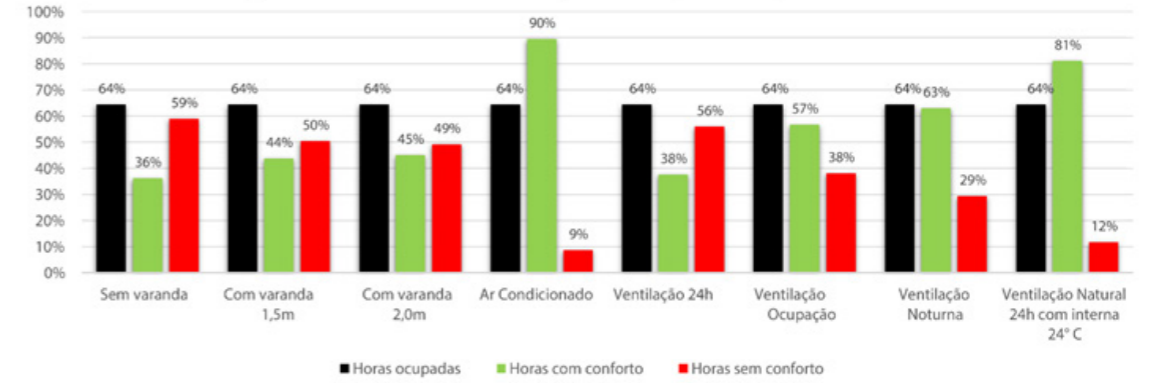
Porcentagens de Temperaturas FEVEREIRO | TORRE 2 | OPEN PLAN



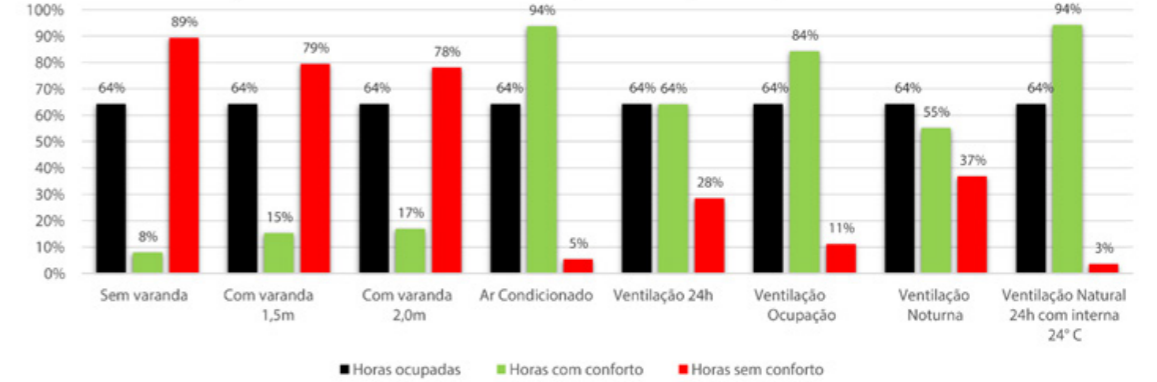
Porcentagens de Temperaturas JULHO | TORRE 2 | OPEN PLAN



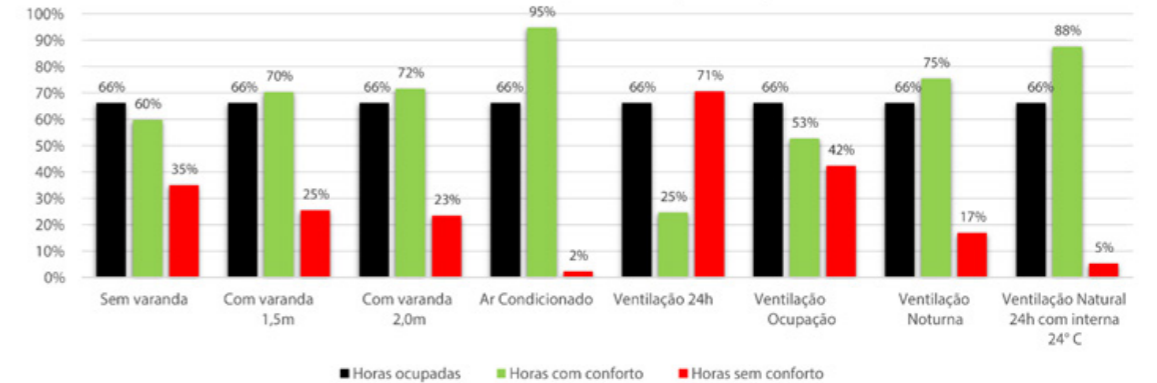
Porcentagens de horas em Conforto ANO | ASHRAE 55 | TORRE 2 | OPEN PLAN



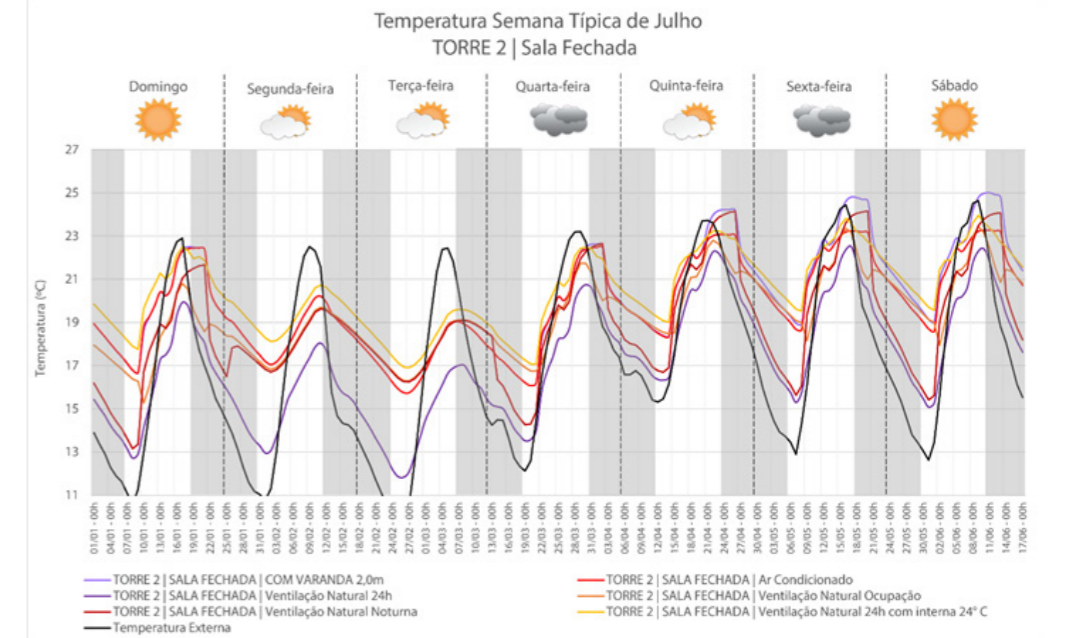
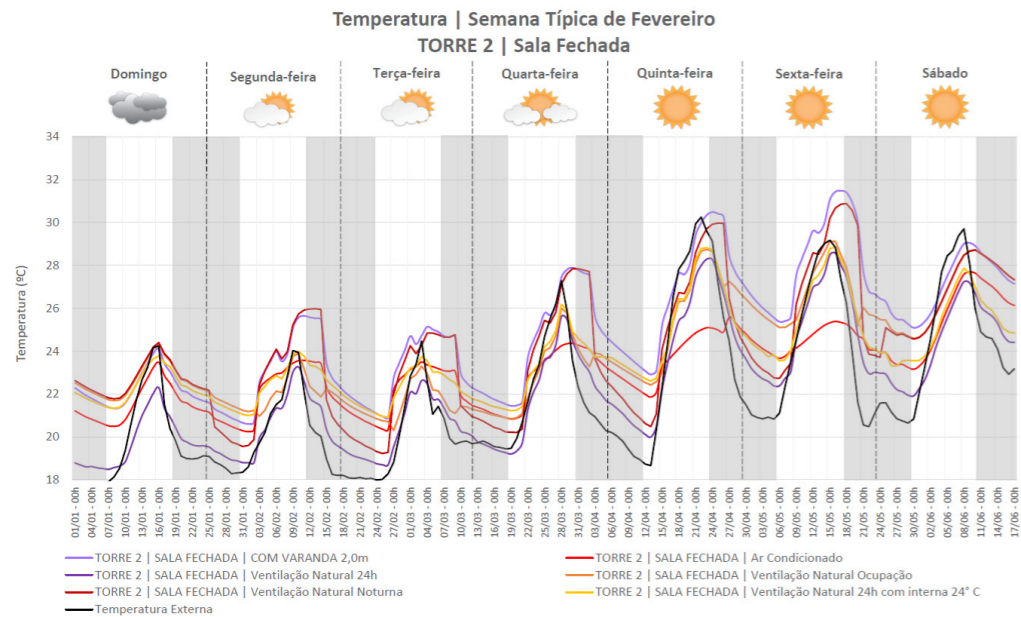
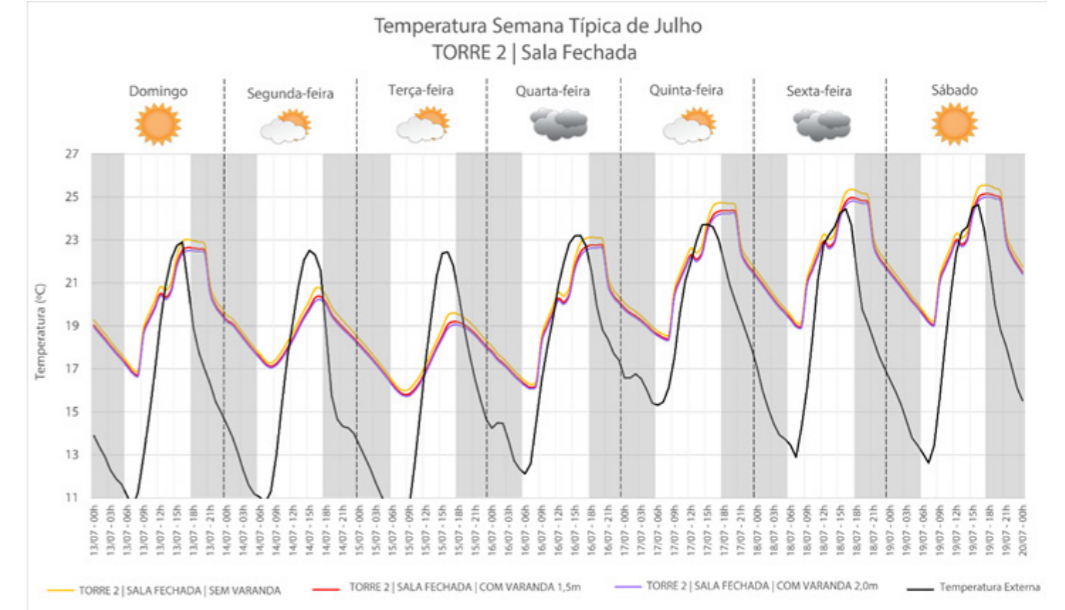
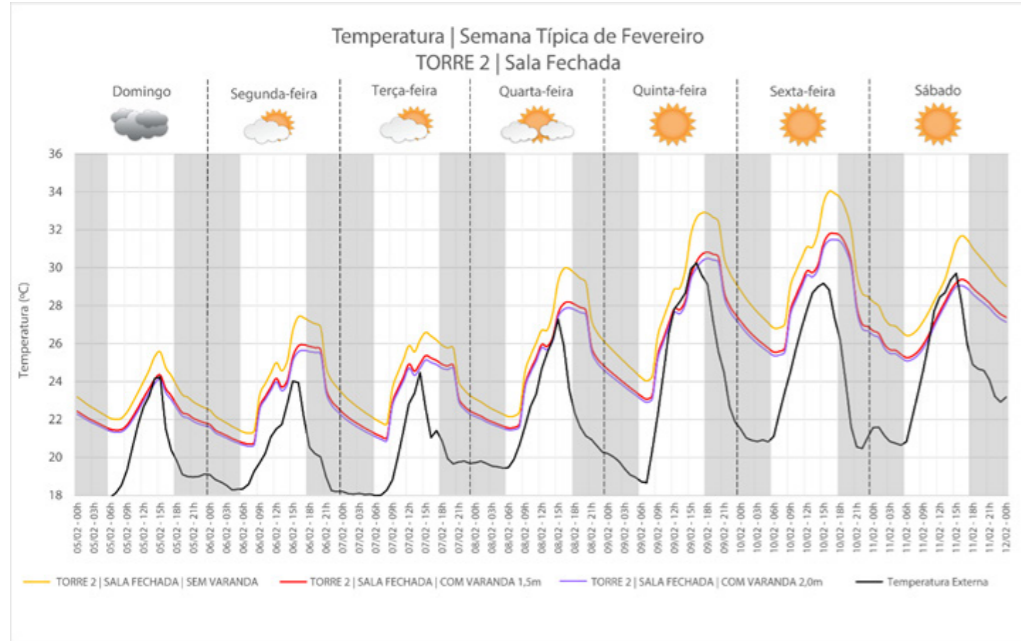
Porcentagens de horas em Conforto FEVEREIRO | ASHRAE 55 | TORRE 2 | OPEN PLAN



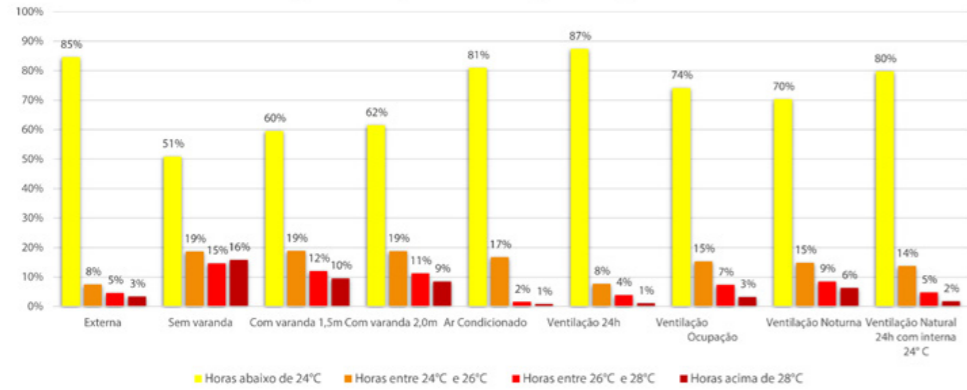
Porcentagens de horas em Conforto JULHO | ASHRAE 55 | TORRE 2 | OPEN PLAN



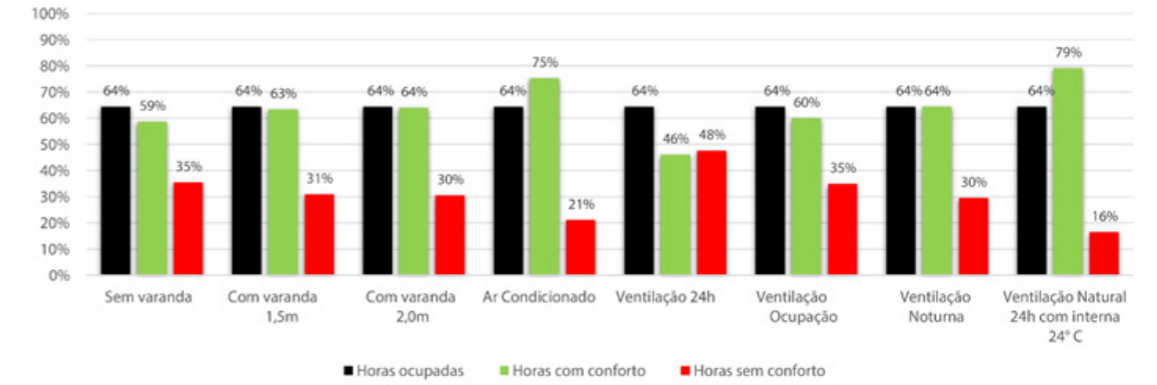
ANÁLISES DA TORRE 2 | SALA FECHADA



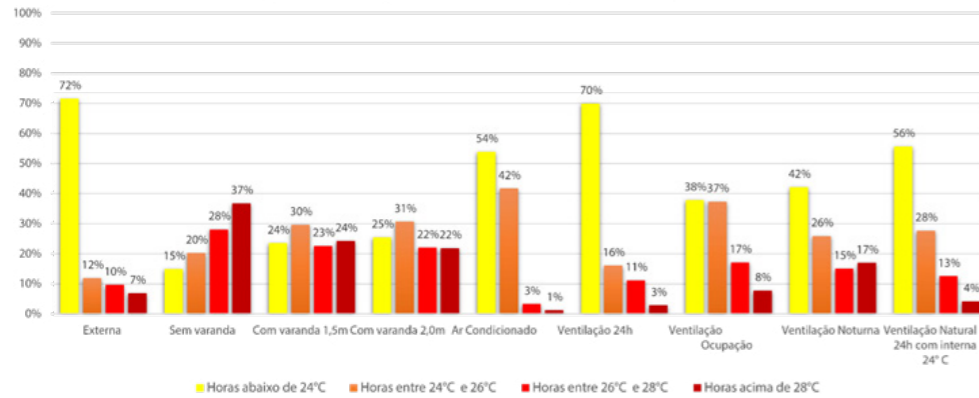
Porcentagens de Temperaturas ANO | TORRE 2 | SALA FECHADA



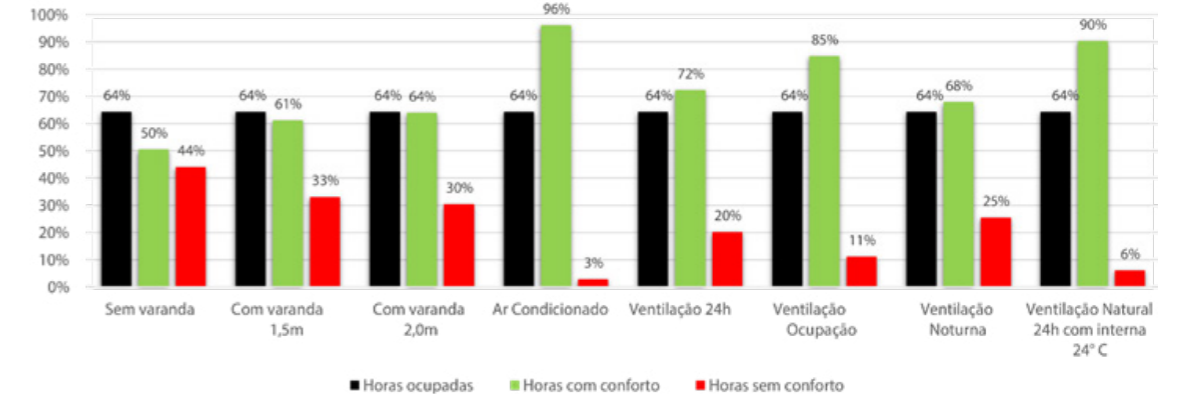
Porcentagens de horas em Conforto ANO | ASHRAE 55 | TORRE 2 | SALA FECHADA



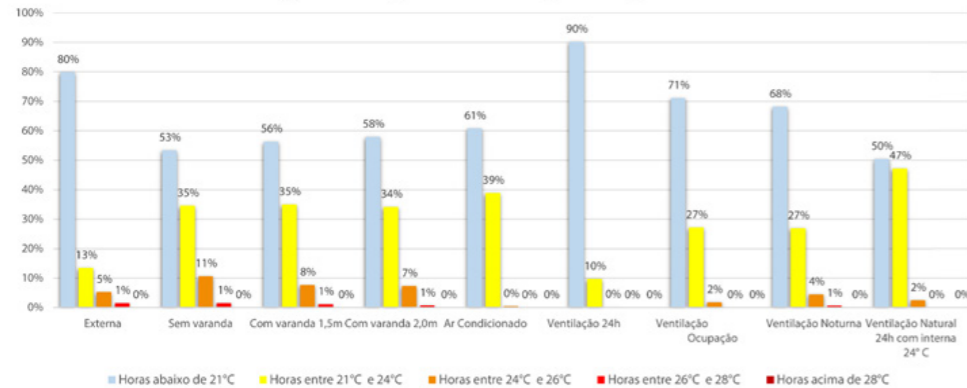
Porcentagens de Temperaturas FEVEREIRO | TORRE 2 | SALA FECHADA



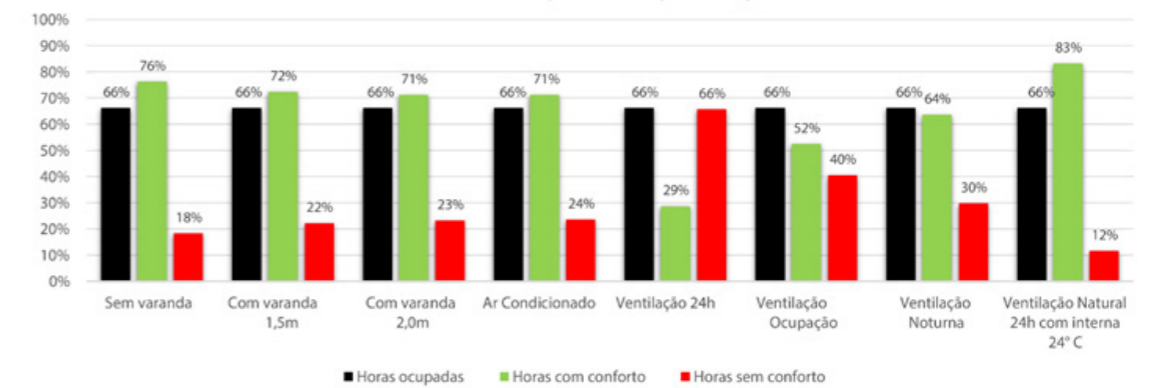
Porcentagens de horas em Conforto FEVEREIRO | ASHRAE 55 | TORRE 2 | SALA FECHADA



Porcentagens de Temperaturas JULHO | TORRE 2 | SALA FECHADA



Porcentagens de horas em Conforto JULHO | ASHRAE 55 | TORRE 2 | SALA FECHADA



ANÁLISES DOS PRIMEIROS RESULTADOS

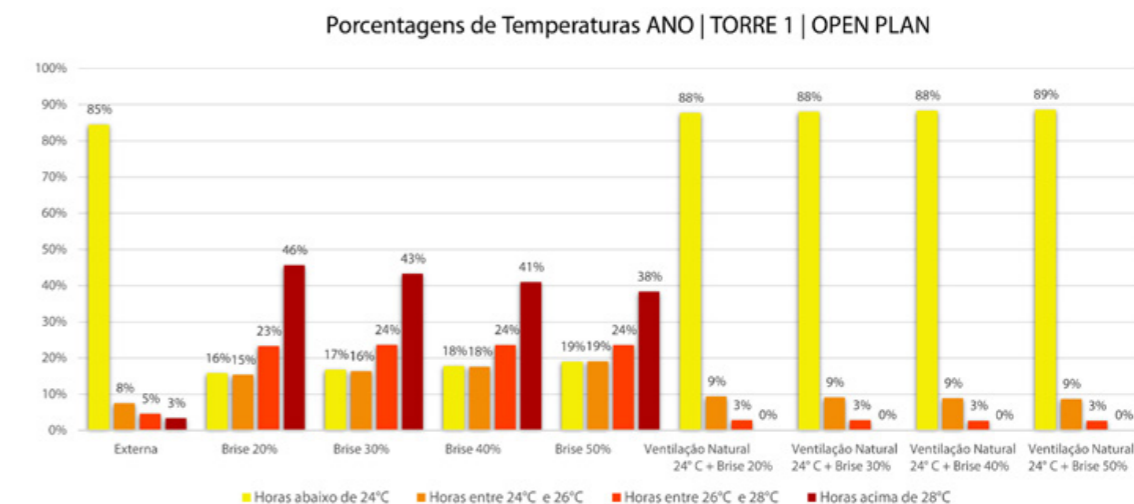
Os gráficos de perfil de temperaturas em fevereiro e julho permitem a visualização das diferenças de cenários considerados, principalmente como a curva se desloca nos casos com e sem varanda e depois com o uso ou não de ventilação natural, e ainda a diferença entre o uso da ventilação natural durante a ocupação ou noturna. Os gráficos que podem ser considerados um resumo dos resultados anuais de temperatura são os gráficos de porcentagens de temperatura. Eles indicam que, em todos os casos, a presença da varanda como estratégia de sombreamento é importante para a diminuição das temperaturas internas, porém a partir de 1,5 m de largura a diferença é pequena. Também vemos a importância da ventilação natural nos 4 casos (salas fechadas e planta aberta das duas torres), em que o uso da ventilação abaixa muito as temperaturas internas, principalmente quando analisamos as salas do tipo *open plan*.

Já os gráficos de conforto, feitos com o uso do modelo adaptativo da ASHRAE 55 (2013), mostram quantos % das horas ocupadas apresentam conforto aos usuários. No caso da Torre 1 *Open Plan*, o conforto no ano melhora 15% apenas com a adição da varanda, e quando consideramos a ventilação natural o índice chega a 85%. No caso da Torre 1 em uma sala de 26 m², o conforto no ano não muda tanto com a adição da varanda, mas quando consideramos a ventilação natural o índice chega a 82%. A Torre 2 *Open Plan* possui índices um pouco maiores de horas de conforto anuais sem a ventilação natural, quando comparada à outra torre, porém quando há uso da ventilação natural o desempenho é levemente pior, mas ainda assim chega a 81% de horas de conforto. Já na Torre 2 em uma sala de 26 m², o conforto no ano melhora 5% com a adição da varanda, e quando consideramos a ventilação natural o índice atinge 79%.

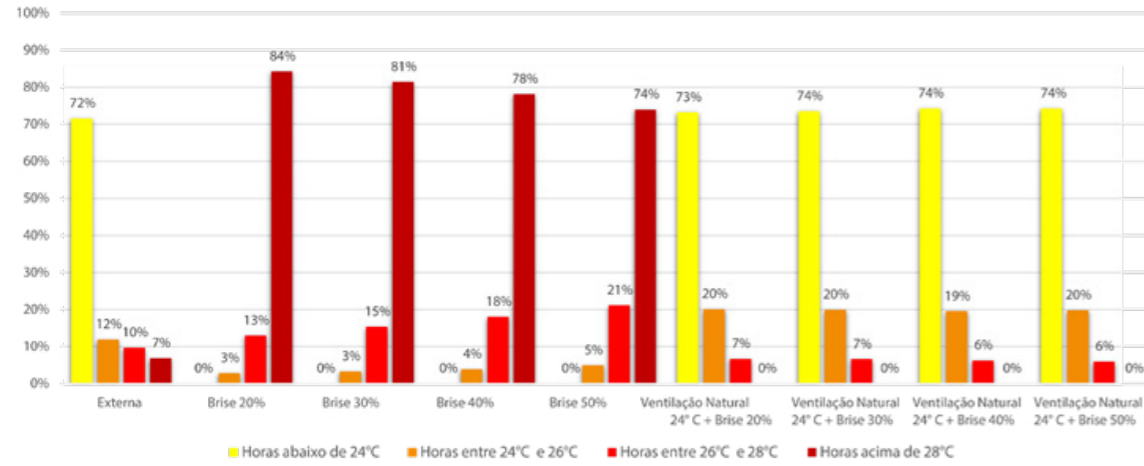
Essas análises permitem concluir que as premissas de orientação, sombreamento e uso de ventilação natural estavam corretas e melhoram o desempenho térmico dos ambientes. Então o projeto seguiu com os melhores cenários para os próximos estudos, em que a varanda de 2,0 m foi adotada sempre a partir daqui.

Após as simulações iniciais foram feitos testes considerando diferentes sombreamentos, simulando algum tipo de brise ou persiana externa que protegesse o edifício da radiação direta. Os testes foram feitos com um sombreamento barrando 20%, 30%, 40% e 50% de radiação, e ainda outros testes somando esses sombreamentos com ventilação natural. Os resultados iniciais atingiram resultados satisfatórios, porém vale lembrar que as simulações foram feitas para pavimentos intermediários dos edifícios e os pavimentos superiores geralmente recebem mais radiação então têm o desempenho diferente. E ainda há a possibilidade de os usuários escolherem fechar as janelas em partes do dia devido ao desconforto acústico gerado pela cidade do lado de fora. Os gráficos obtidos com esses testes de sombreamento estão dispostos a seguir.

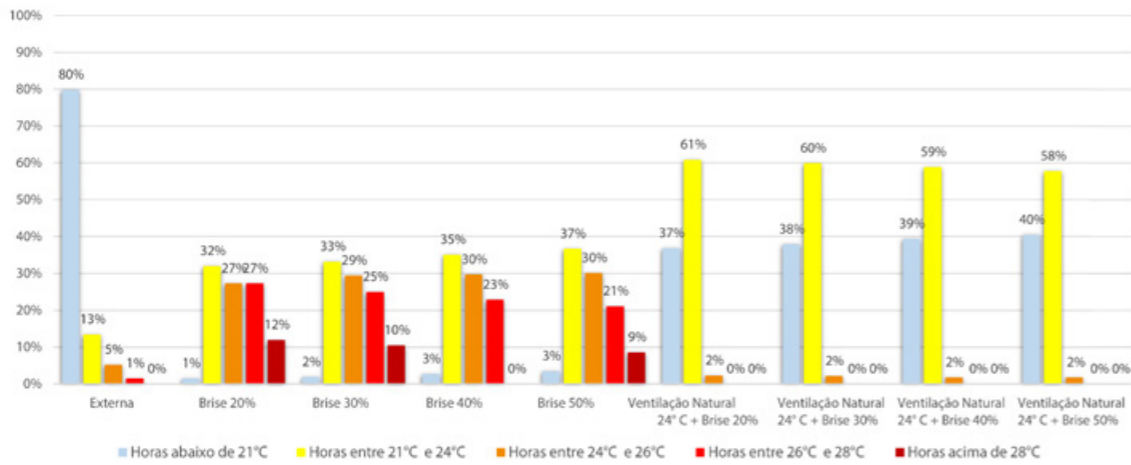
ANÁLISES COM SOMBREAMENTO DA TORRE 1 | OPEN PLAN



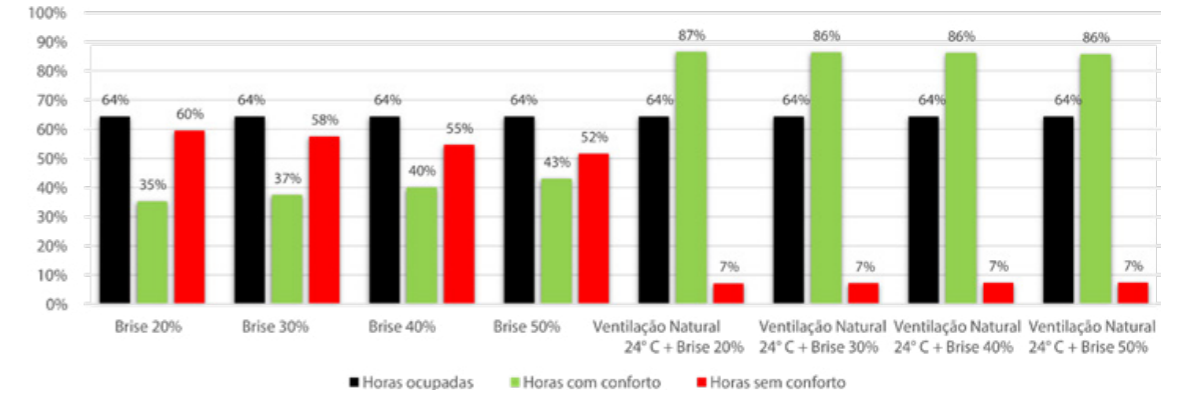
Porcentagens de Temperaturas FEVEREIRO | TORRE 1 | OPEN PLAN



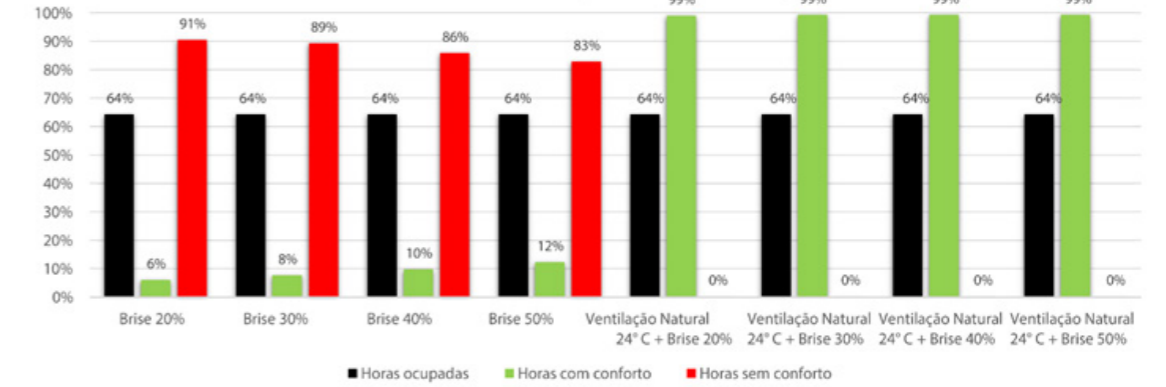
Porcentagens de Temperaturas JULHO | TORRE 1 | OPEN PLAN



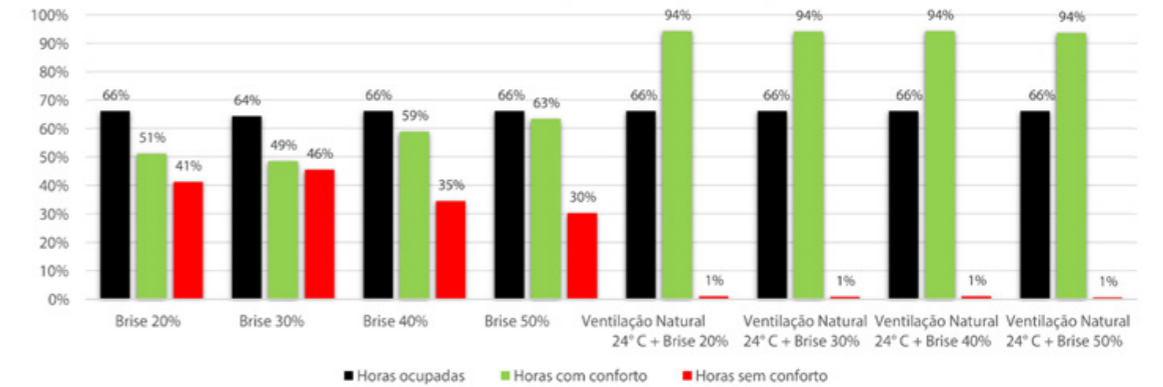
Porcentagens de horas em Conforto ANO | ASHRAE 55 | TORRE 1 | OPEN PLAN



Porcentagens de horas em Conforto FEVEREIRO | ASHRAE 55 | TORRE 1 | OPEN PLAN

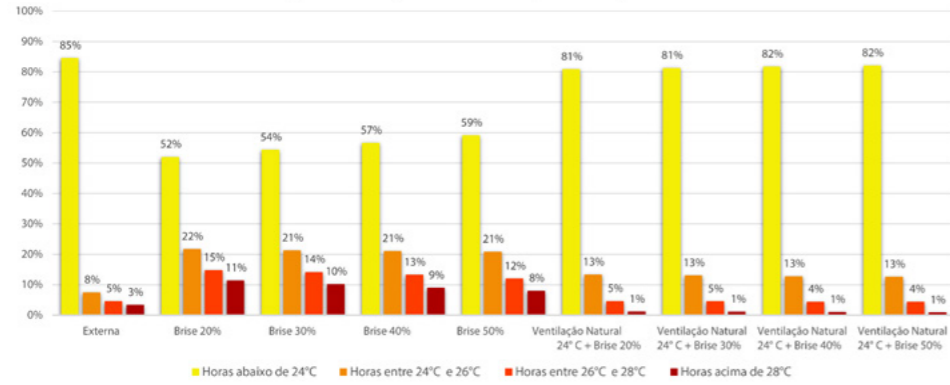


Porcentagens de horas em Conforto JULHO | ASHRAE 55 | TORRE 1 | OPEN PLAN

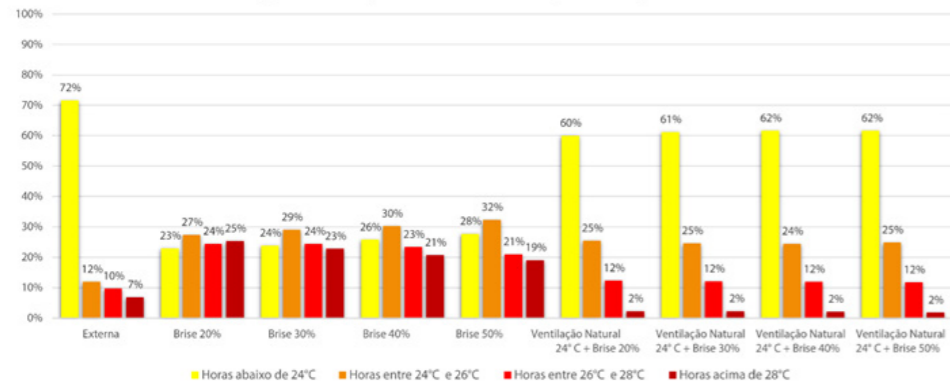


ANÁLISES COM SOMBREAMENTO DA TORRE 1 | SALA FECHADA

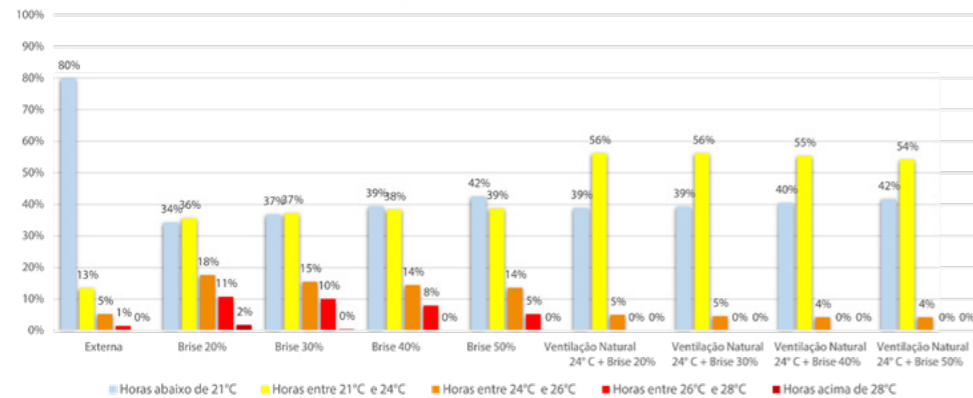
Porcentagens de Temperaturas ANO | TORRE 1 | SALA FECHADA



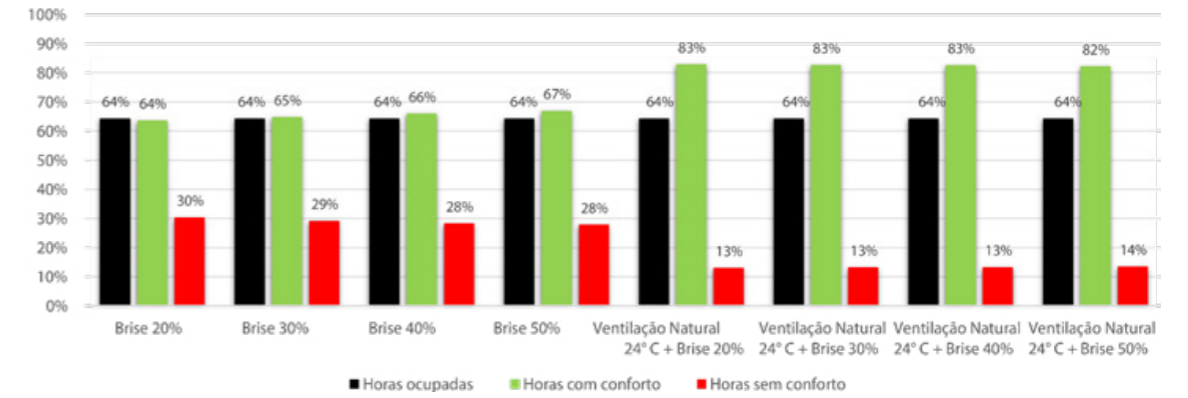
Porcentagens de Temperaturas FEVEREIRO | TORRE 1 | SALA FECHADA



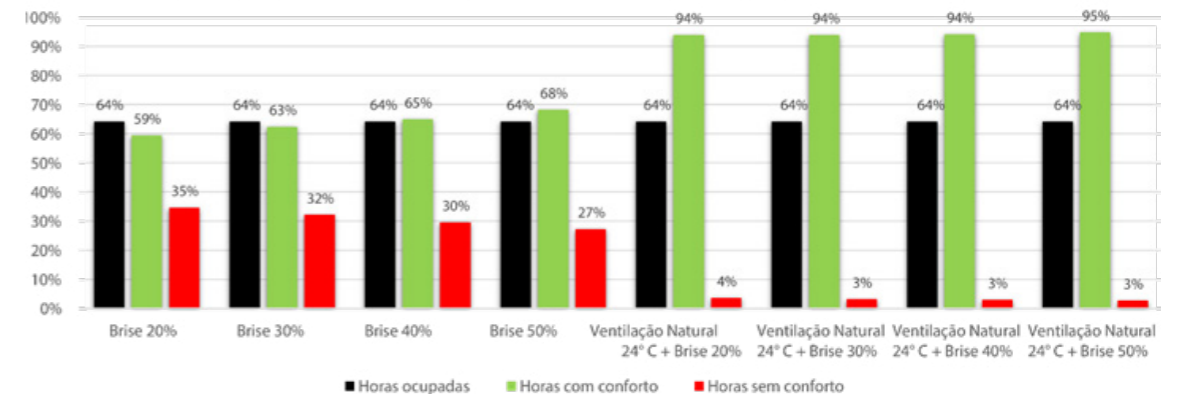
Porcentagens de Temperaturas JULHO | TORRE 1 | SALA FECHADA



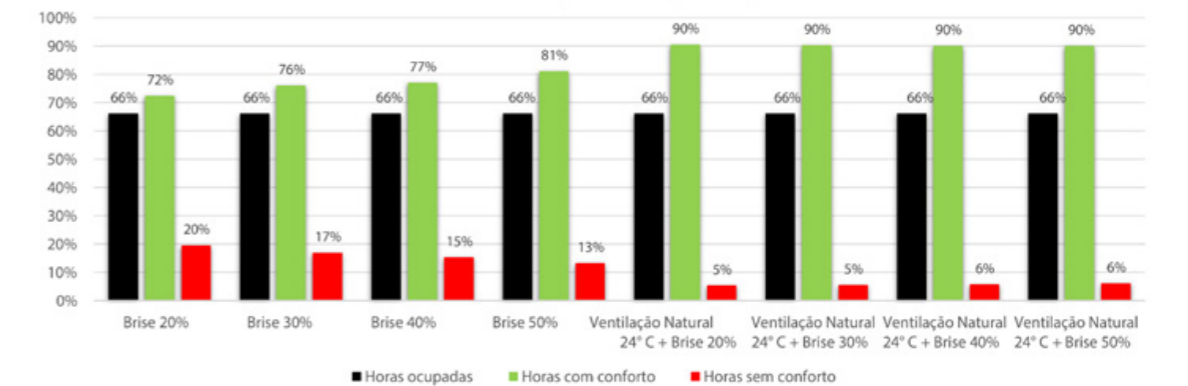
Porcentagens de horas em Conforto ANO | ASHRAE 55 | TORRE 1 | SALA FECHADA



Porcentagens de horas em Conforto FEVEREIRO | ASHRAE 55 | TORRE 1 | SALA FECHADA

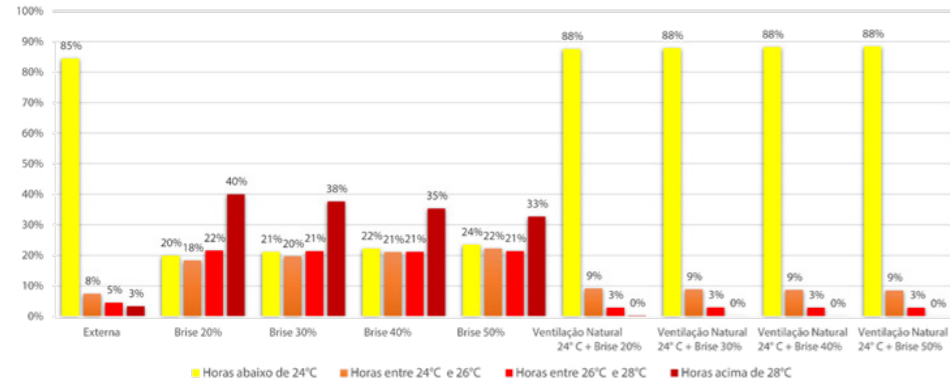


Porcentagens de horas em Conforto JULHO | ASHRAE 55 | TORRE 1 | SALA FECHADA

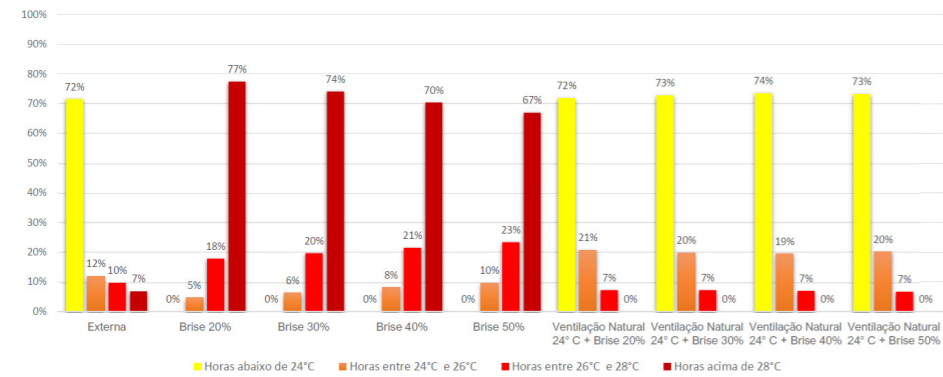


ANÁLISES COM SOMBREAMENTO DA TORRE 2 | OPEN PLAN

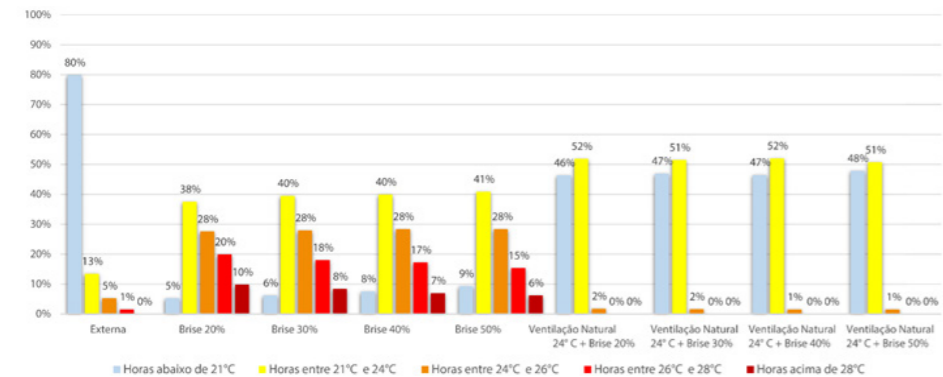
Porcentagens de Temperaturas ANO | TORRE 2 | OPEN PLAN



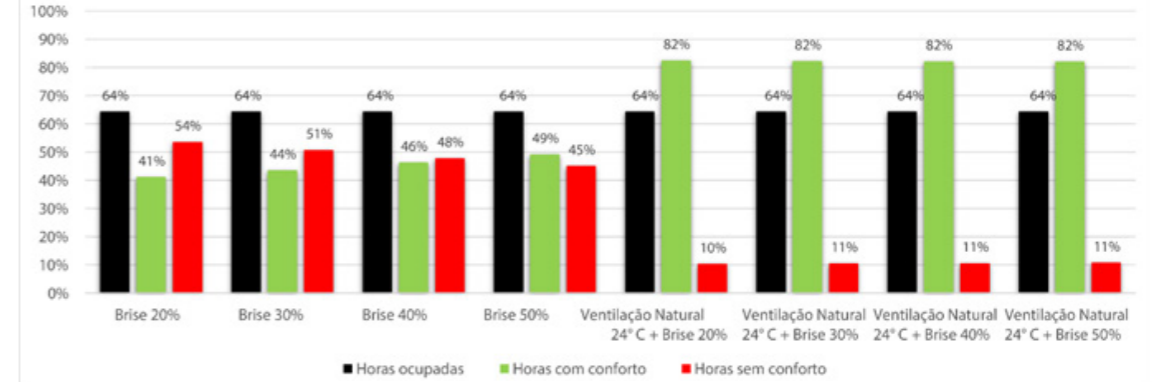
Porcentagens de Temperaturas FEVEREIRO | TORRE 2 | OPEN PLAN



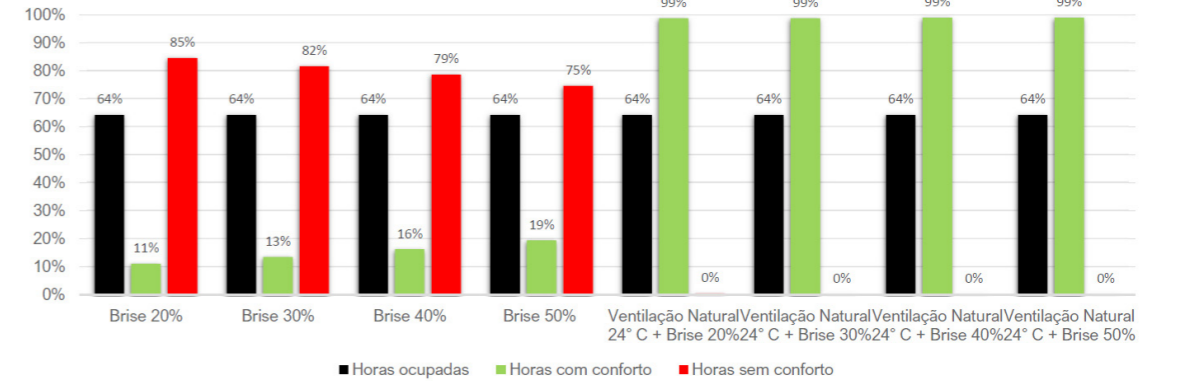
Porcentagens de Temperaturas JULHO | TORRE 2 | OPEN PLAN



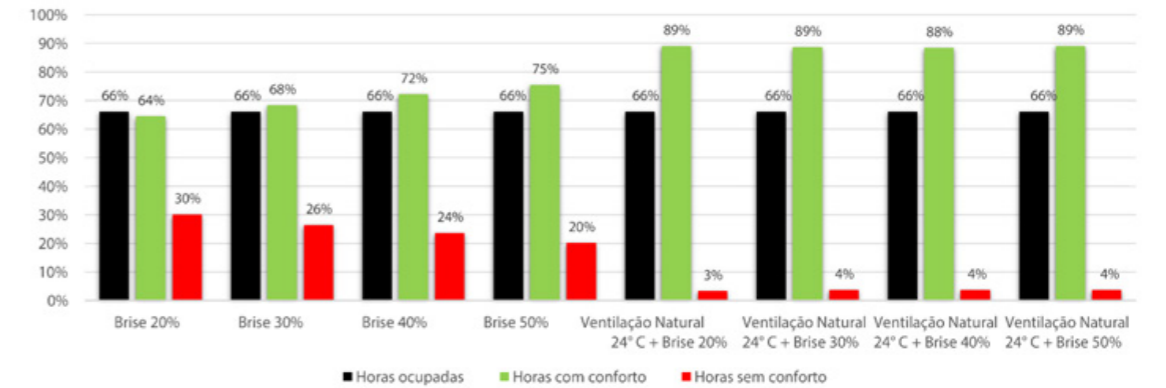
Porcentagens de horas em Conforto ANO | ASHRAE 55 | TORRE 2 | OPEN PLAN



Porcentagens de horas em Conforto FEVEREIRO | ASHRAE 55 | TORRE 2 | OPEN PLAN

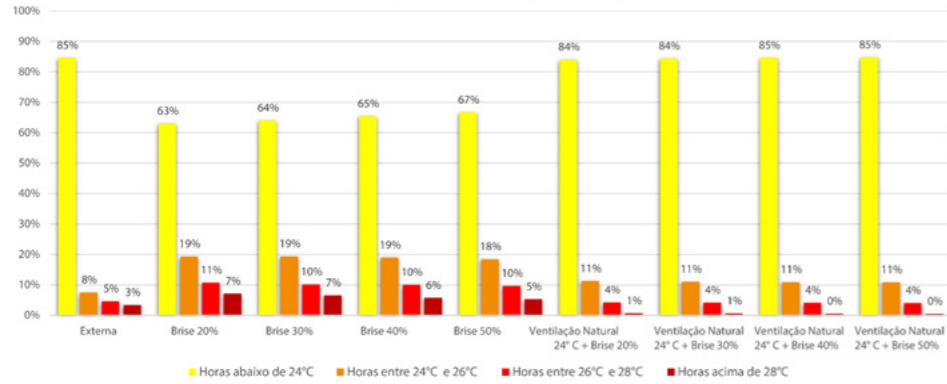


Porcentagens de horas em Conforto JULHO | ASHRAE 55 | TORRE 2 | OPEN PLAN

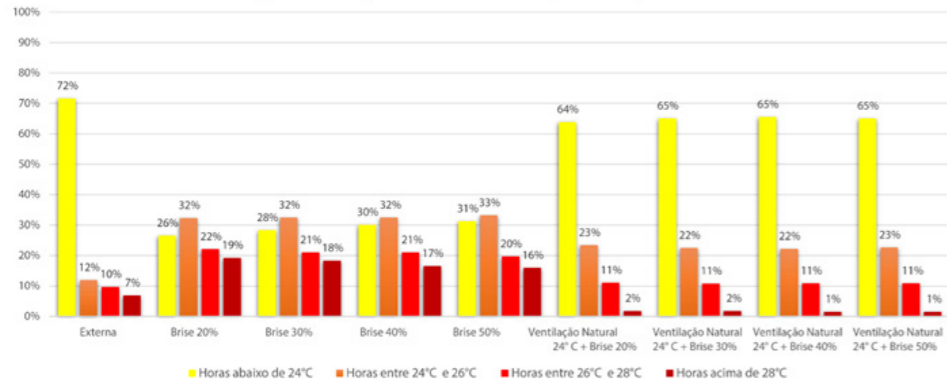


ANÁLISES COM SOMBREAMENTO DA TORRE 2 | SALA FECHADA

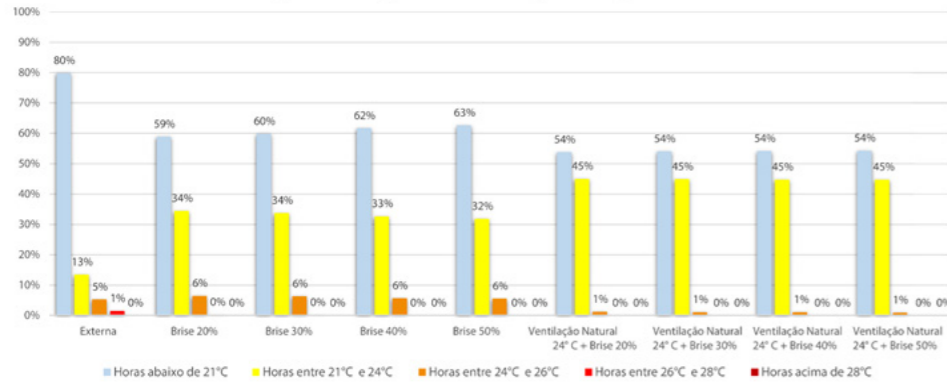
Porcentagens de Temperaturas ANO | TORRE 2 | SALA FECHADA



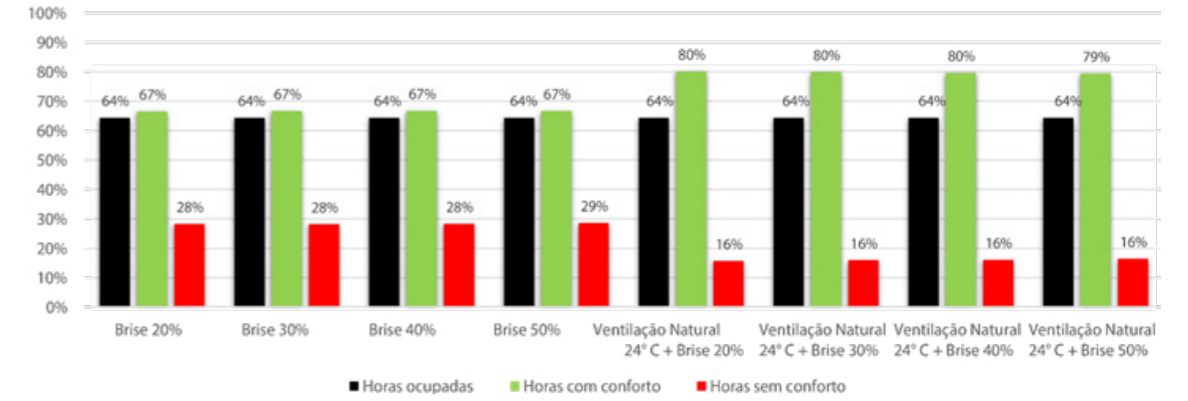
Porcentagens de Temperaturas FEVEREIRO | TORRE 2 | SALA FECHADA



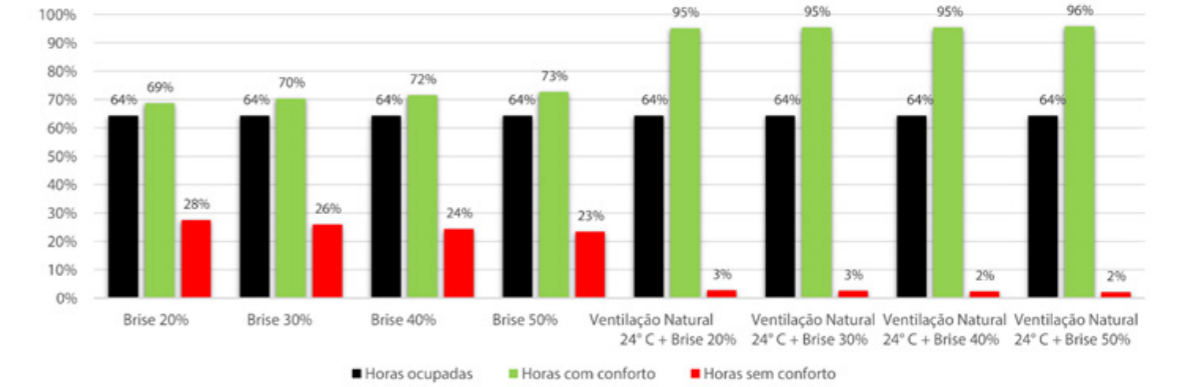
Porcentagens de Temperaturas JULHO | TORRE 2 | SALA FECHADA



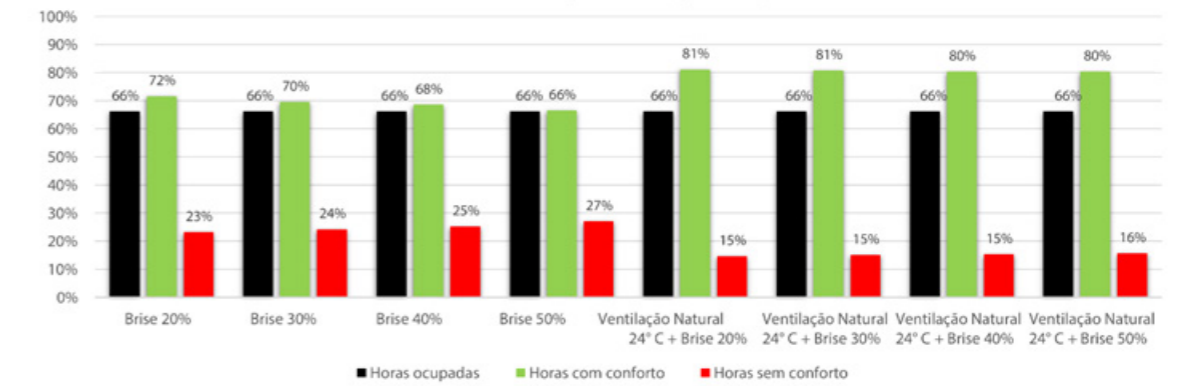
Porcentagens de horas em Conforto ANO | ASHRAE 55 | TORRE 2 | SALA FECHADA



Porcentagens de horas em Conforto FEVEREIRO | ASHRAE 55 | TORRE 2 | SALA FECHADA



Porcentagens de horas em Conforto JULHO | ASHRAE 55 | TORRE 2 | SALA FECHADA



ANÁLISES DOS RESULTADOS COM SOMBREAMENTO

Nessa segunda análise também pode-se considerar os gráficos resumo dos resultados anuais de temperatura como os gráficos de porcentagens de temperatura. Eles indicam que, nos casos das plantas abertas, em ambas as torres, o aumento do sombreamento de 20 para 50% gera uma maior diferença do que no caso das salas fechadas. A presença de um tipo de sombreamento que barre parte da radiação solar é eficaz, porém não é suficiente. Quando aliamos as estratégias, sombreamento mais ventilação natural, os resultados são bem satisfatórios, em que quase 90% das horas do ano apresentam temperaturas abaixo de 24° C. As temperaturas internas mais altas devem acontecer nos meses mais quentes, o que é exemplificado pelos gráficos de fevereiro, em que as temperaturas abaixo de 24° C ocorrem em 62 e 74% do mês, considerando ventilação e sombreamento de 20%, sendo que o pior caso ocorre nas salas fechadas. Já em julho o problema é um pouco mais simples de ser resolvido, a maior parte do tempo as temperaturas estão adequadas, entre 21 e 24° C, e se estiver abaixo é só fechar as janelas.

Já os gráficos de conforto, também feitos com o uso do modelo adaptativo da ASHRAE 55 (2013), são compatíveis com os resultados de temperatura. No caso da Torre 1 *Open Plan*, o conforto no ano atinge 86% quando há sombreamento e ventilação. Na Torre 1 em uma sala de 26 m², esse índice chega a 82%. A Torre 2 *Open Plan* possui também 82% das horas ocupadas em conforto e na Torre 2 em uma sala de 26 m², o conforto no ano atinge 79%.

Considerando esses resultados e que existe diferença entre pavimentos foi feita uma simulação de radiação nas fachadas dos edifícios, para entender onde há maior incidência de sol (Figura 91). A partir dela foram definidos brises móveis que são espaçados, para que não haja muita obstrução da iluminação natural. Assim, os pavimentos mais altos possuem uma maior densidade de brises, enquanto os pavimentos inferiores possuem menor quantidade. Isso poderá ser visto no projeto no próximo item do presente trabalho.

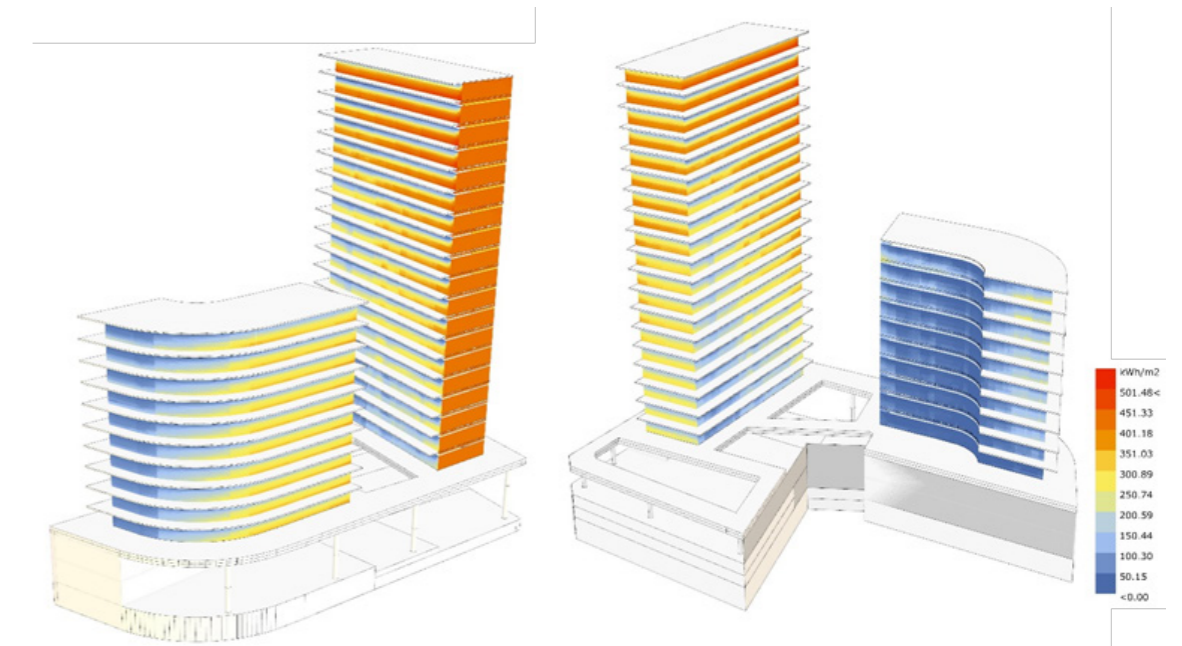


Figura 91: Simulação de radiação nas fachadas.

4.4.2 ANÁLISES DE DESEMPENHO LUMÍNICO

As análises de desempenho térmico e acústico foram o foco deste trabalho, porém, a iluminação natural é um requisito essencial em um projeto sustentável. Então, com o objetivo de verificação, foram feitas algumas simulações de iluminância, para observar se a iluminação natural não foi prejudicada pelas estratégias de sombreamento aplicadas para obter benefícios de conforto térmico.

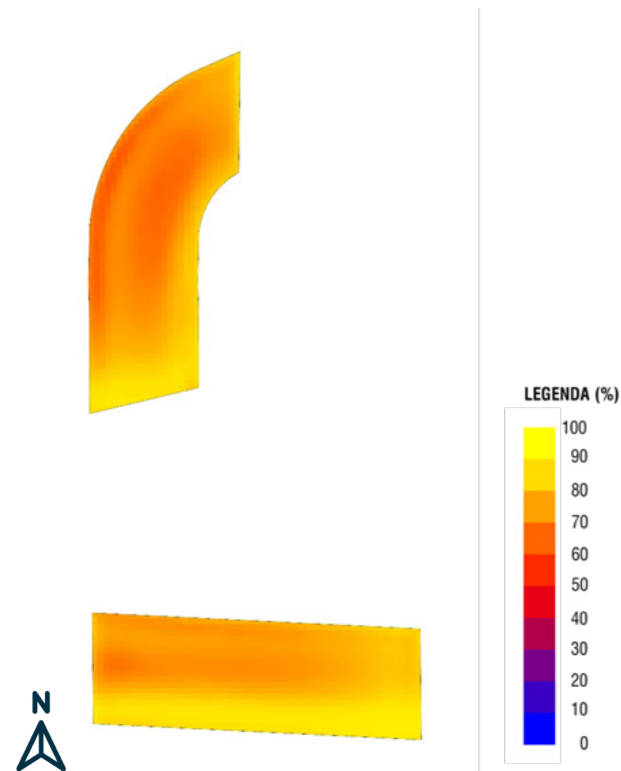


Figura 92: Resultado da simulação de UDI | Horas entre 300 e 3000 lux.

A simulação de UDI apresenta o resultado de um grid de pontos definido que permite uma boa visualização geral do desempenho de iluminação natural. *Useful Daylight Illuminance* (UDI) é definido como a porcentagem de horas no ano em que os níveis de iluminância permanecem em uma faixa considerada útil. Inicialmente essa 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 3000 lux (MARDALJEVIC, 2012). Nessa análise, como se trata de um edifício comercial, a taxa foi definida como 300 e 3000 lux. A Figura 92 apresenta os resultados dentro dessa faixa e as Figuras 93 e 94 apresentam os resultados abaixo e acima dela, respectivamente.

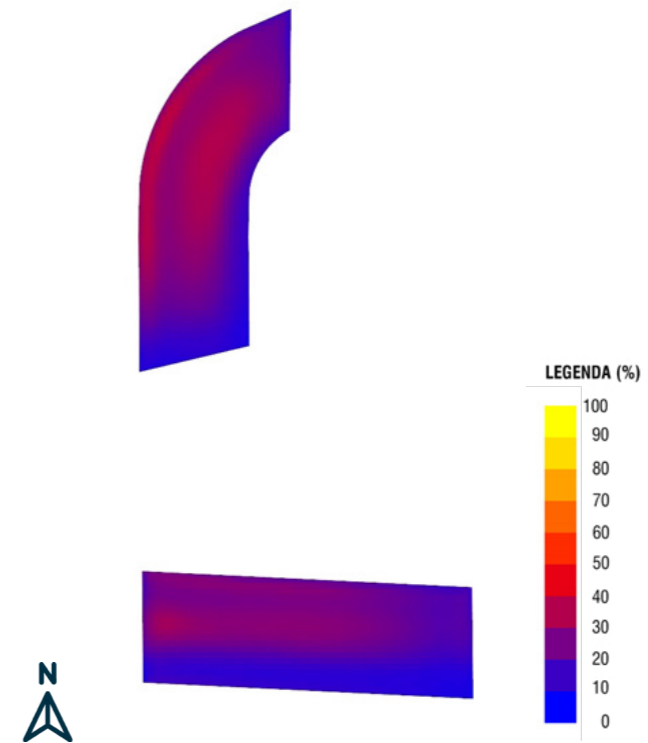


Figura 93: Resultado simulação de UDI | Horas abaixo de 300 lux.

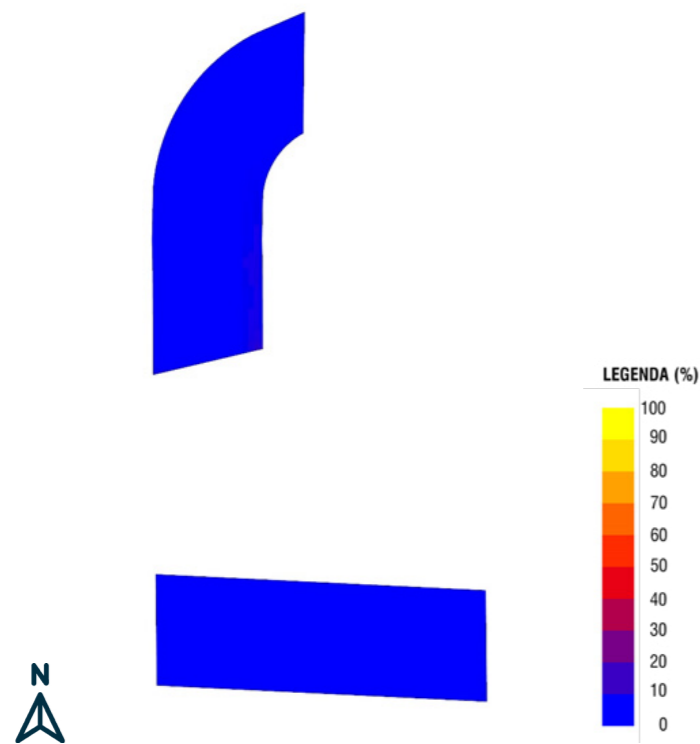


Figura 94: Resultado simulação de UDI | Horas acima de 3000 lux.

Podemos ver nos resultados que a iluminação natural apresenta resultados satisfatórios, com taxas de 100% em algumas áreas das plantas, sendo que a maior parte da área possui taxa de mais de 70% das horas dentro da faixa determinada, ou seja, não apresenta ofuscamento e na maior parte do ano a iluminação natural atinge mais de 300 lux.

Ainda nos estudos de iluminação foram feitos estudos de insolação na praça. A praça nesse projeto é um espaço essencial. Para visualizar o caminho do sol foi realizado um estudo de seu sombreamento, no solstício de inverno, solstício de verão, e equinócio, ao longo do dia de 6:00 às 17:00, mostrando como a sombra desses blocos altera a luz que é recebida no térreo. As figuras abaixo mostram os resultados.

SOLSTÍCIO DE VERÃO | 21/12

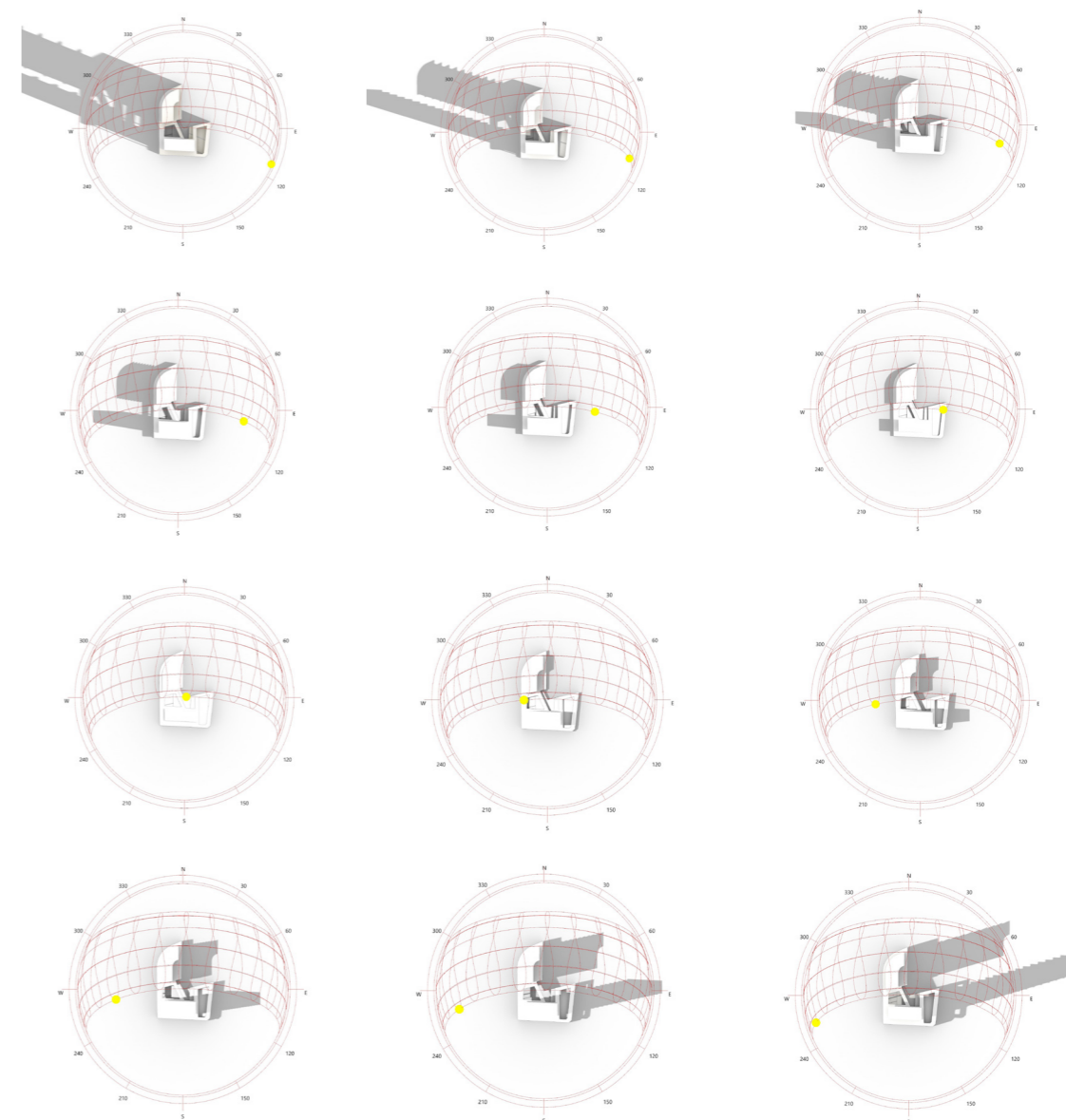


Figura 95: Caminho do sol ao longo de 12 horas do dia | 6:00 às 17:00 no dia 21/12.

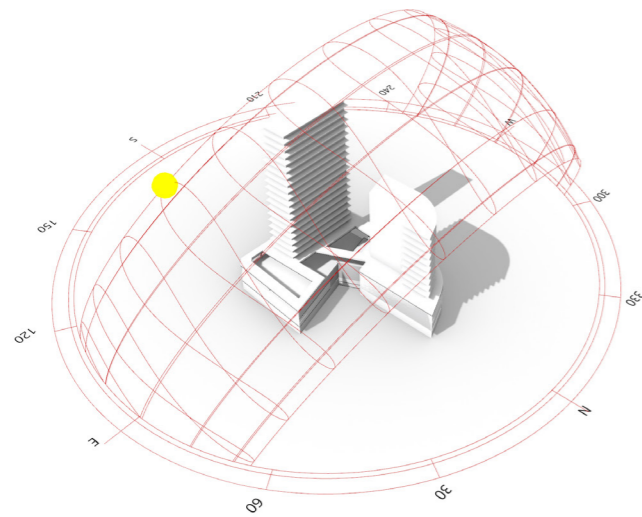


Figura 96: Posição do sol e sombras às 9:00 horas do dia 21/12.

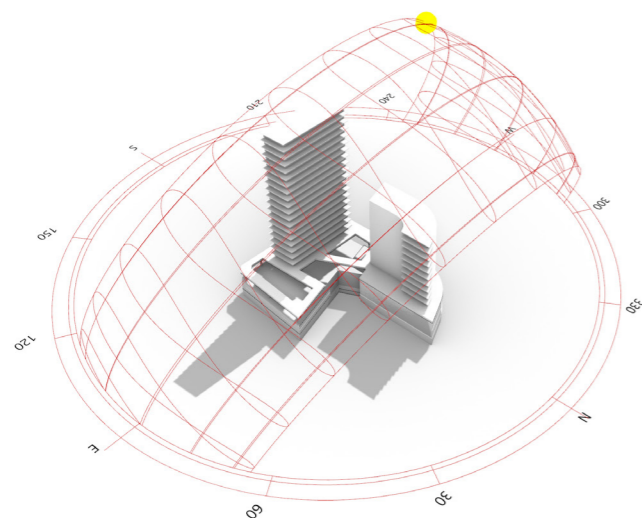


Figura 97: Posição do sol e sombras às 15:00 horas do dia 21/12.

SOLSTÍCIO DE INVERNO | 21/06

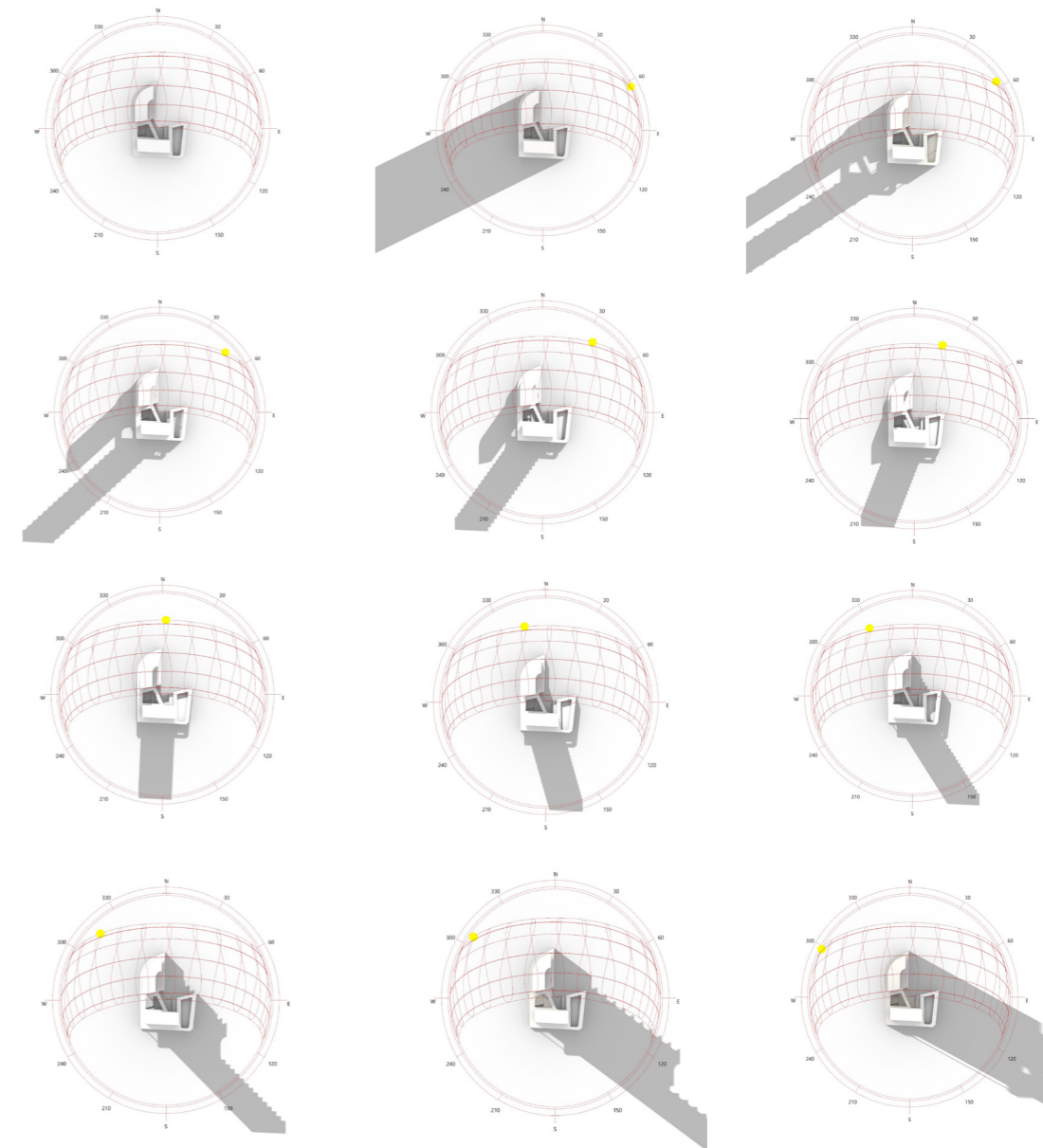


Figura 98: Caminho do sol ao longo de 12 horas do dia | 6:00 às 17:00 no dia 21/06.

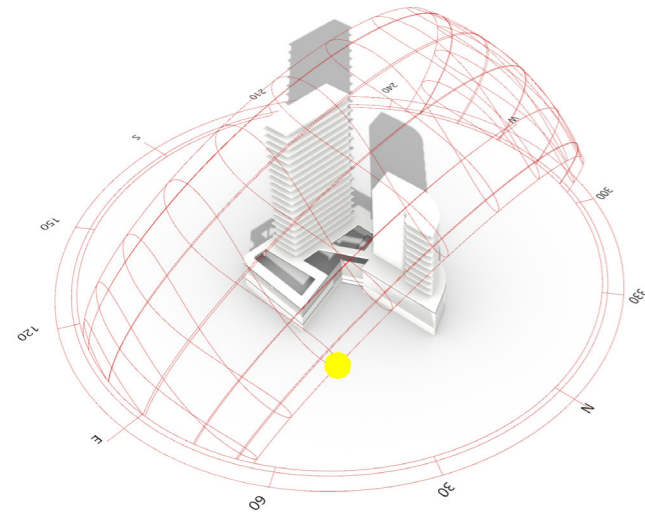


Figura 99: Posição do sol e sombras às 9:00 horas do dia 21/06.

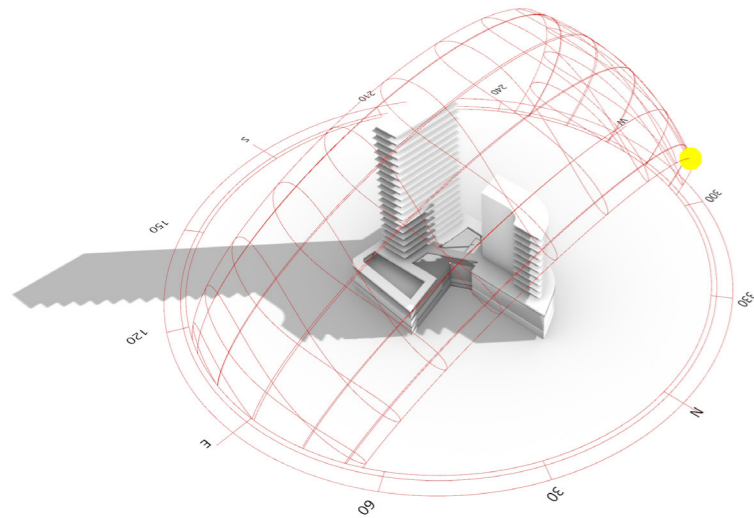


Figura 100: Posição do sol e sombras às 15:00 horas do dia 21/06.

EQUINÓCIO | 23/09

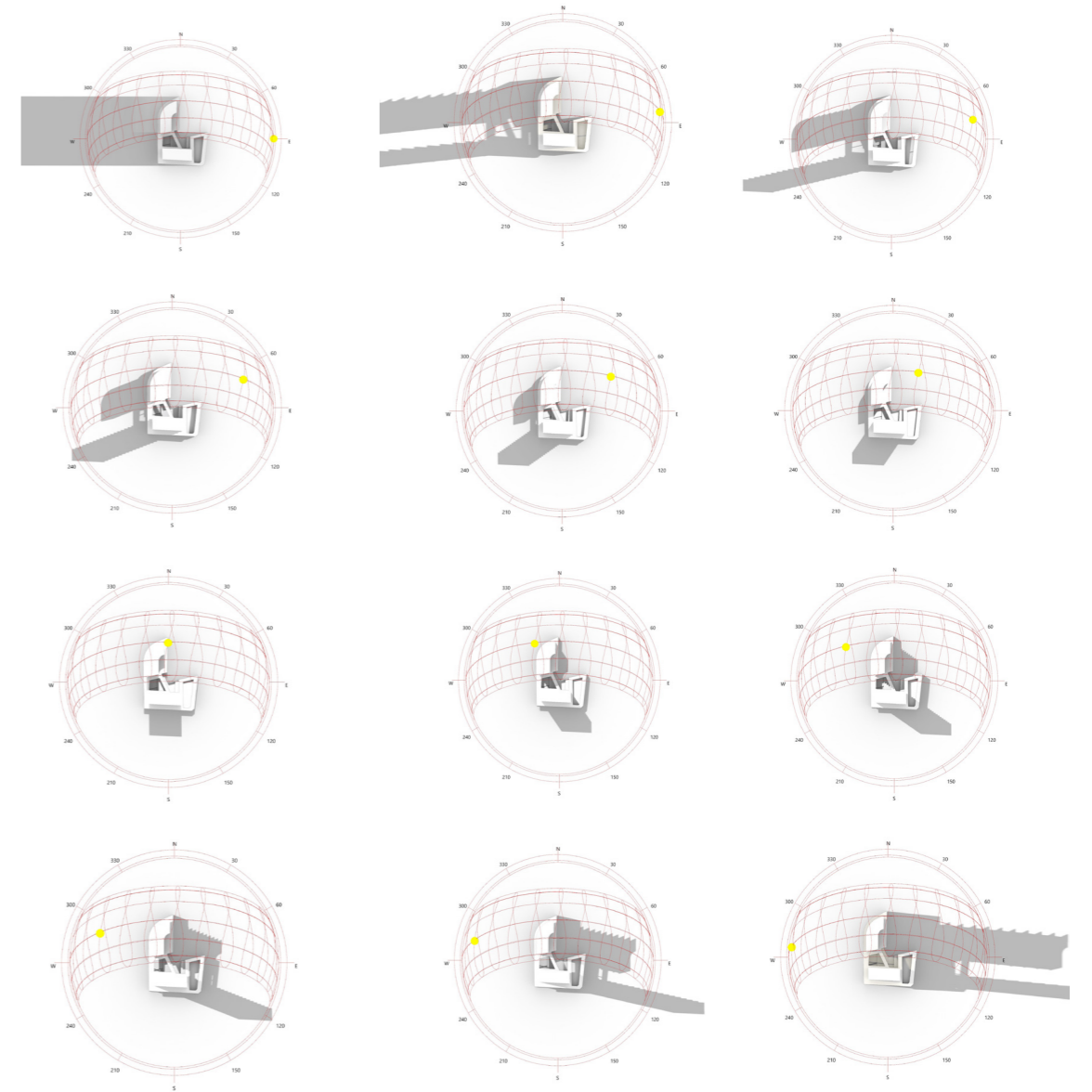


Figura 101: Caminho do sol ao longo de 12 horas do dia | 6:00 às 17:00 no dia 23/09.

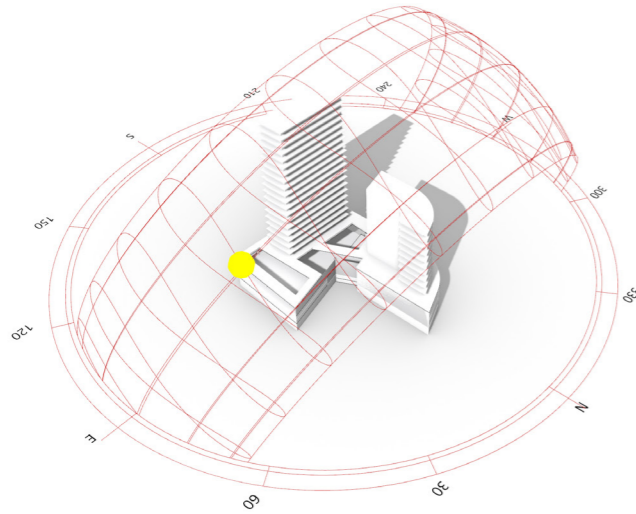


Figura 102: Posição do sol e sombras às 9:00 horas do dia 23/09.

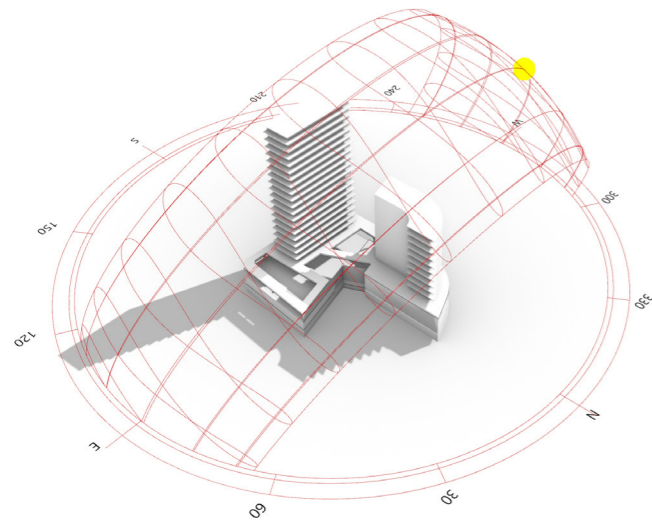


Figura 103: Posição do sol e sombras às 15:00 horas do dia 23/09.

No solstício de verão, podemos ver que os edifícios sombreiam a praça no início da manhã e parte dela no meio da tarde e totalmente no início da noite, sendo que de 9:00 às 14:00 ela fica praticamente toda exposta.

Já no solstício de inverno, podemos ver que a praça está sombreada pela manhã, o sol começa a entrar nela às 10:00, há sombreamento de novo às 14:00 e depois no final da tarde. No inverno, embora tenha mais sombreamento, há bastante sol principalmente na área à direita da planta.

E no equinócio, que representa grande parte do ano, há sol atingindo a superfície da praça por quase todo o dia, principalmente de 9:00 às 15:00, havendo sombra no início da manhã e final da tarde.

4.4.3 ANÁLISES DE DESEMPENHO ACÚSTICO

O primeiro passo para análise do conforto acústico foi identificar o nível de ruído externo. Para identificar o ruído externo foi então encontrado o valor do nível de pressão sonora ponderado em A de 66 dB do Mapa de Ruído Urbano Centro SP (<http://www.mapaderuidosp.org.br/>).



Figura 104: Mapa de Ruído Urbano Centro SP.
Fonte: <http://www.mapaderuidosp.org.br/>

Considerando que a principal fonte sonora local é o ruído de tráfego rodoviário, para chegar aos valores em função da frequência, foi utilizada uma curva típica de ruído de tráfego, que fornece o mesmo NPS ponderado em A obtido para o nível de pressão sonora externo (L_e) obtido no mapa, conforme abaixo:

L_e , em dB	77	69	62	56	54	49
ponderação em A	-16,1	-8,6	-3,2	0	1,2	1
L_e , em dB ponderado em A	60,9	60,4	58,8	56	55,2	50
L_e global, em dB ponderado em A	66					

O segundo passo foi calcular o isolamento sonoro global das fachadas, a partir dos elementos que compõem as fachadas (conjunto parede + janela). A **perda na transmissão sonora composta ou global PTc** é determinada, em dB, pela seguinte equação:

$$PTc = 10 \log \frac{\sum S_i}{\sum \tau_i S_i}$$

Onde:

S_i é a área do elemento i (m^2)

τ_i é o coeficiente de transmissão sonora do elemento i , obtido a partir da perda na transmissão sonora do elemento i : $\tau_i = 10^{\frac{-PT_i}{10}}$.

Pode-se assumir que a **perda na transmissão sonora composta ou global PTc** equivale ao **índice de redução sonora aérea da parede R** , expresso em dB, e determinado pela seguinte equação:

$$R = L_1 - L_2 + 10 \log \left(\frac{S}{A} \right)$$

Onde:

L_1 é o nível de pressão sonora médio na sala emissora, em dB. Neste caso, será o nível de pressão sonora externo à fachada, L_e , em dB.

L_2 é o nível de pressão sonora médio na sala receptora, em dB. Neste caso, será o nível de pressão sonora interno, L_r , em dB.

S é a área da fachada, em m^2 .

A é a área de absorção sonora equivalente da sala receptora, em m^2 *Sabin*.

Sabendo-se R , L_e , S e A , é possível estimar o nível de pressão sonora interno, L_i , a partir da seguinte equação:

$$L_i = R + L_e - 10 \log \left(\frac{S}{A} \right)$$

Para o cálculo da área de absorção sonora equivalente A , são necessárias informações de todos os objetos e superfícies internas e de seus coeficientes de absorção sonora. Cada superfície interna é revestida por uma determinada área S_i de um material, que possui características específicas, como o coeficiente de absorção sonora α_i . Na presença de objetos que absorvem o som, como pessoas, cadeiras, mesas, etc., a absorção sonora total desses elementos A_{obj} também deve ser considerada. Portanto, a área de absorção sonora equivalente do ambiente será:

$$A = \alpha_1 S_1 + \alpha_2 S_2 + \dots + \alpha_n S_n + A_{obj} = \sum \alpha_i S_i + A_{obj}$$

Onde:

α_i é o coeficiente de absorção sonora das n superfícies da sala.

S_i são as áreas das n superfícies da sala (m^2).

A_{obj} é a absorção sonora total dos objetos que compõem o ambiente, como pessoas, cadeiras, mesas, etc.

Outro parâmetro acústico a ser calculado é o tempo de reverberação da sala receptora, TR , expresso em segundos, e obtido por meio da seguinte equação:

$$TR = 0,161 \frac{V}{A}$$

Onde:

V é o volume da sala receptora, em m^3 .

A é a área de absorção sonora equivalente da sala receptora, em m^2 *Sabin*.

CÁLCULOS

As perdas na transmissão sonora dos elementos construtivos estão na Tabela 5. Os coeficientes de absorção das superfícies internas estão na Tabela 6.

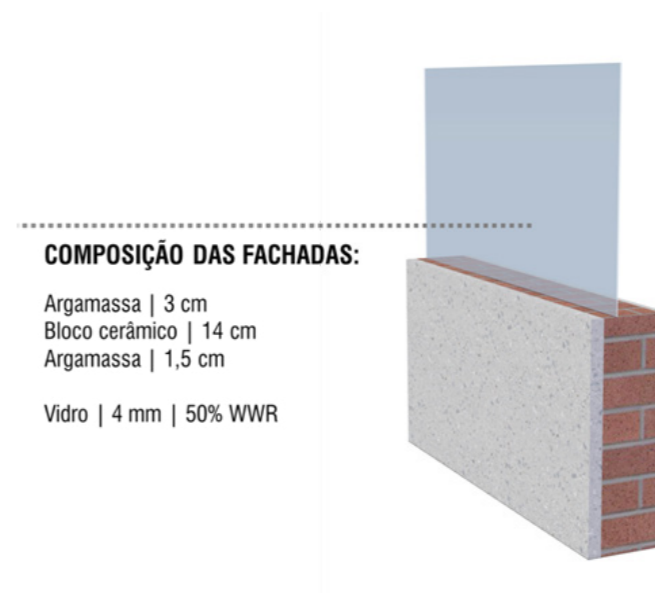


Figura 105: Composição das paredes externas.

Fonte: Elaborado pela autora

Tabela 5: Tabela de perdas na transmissão sonora.

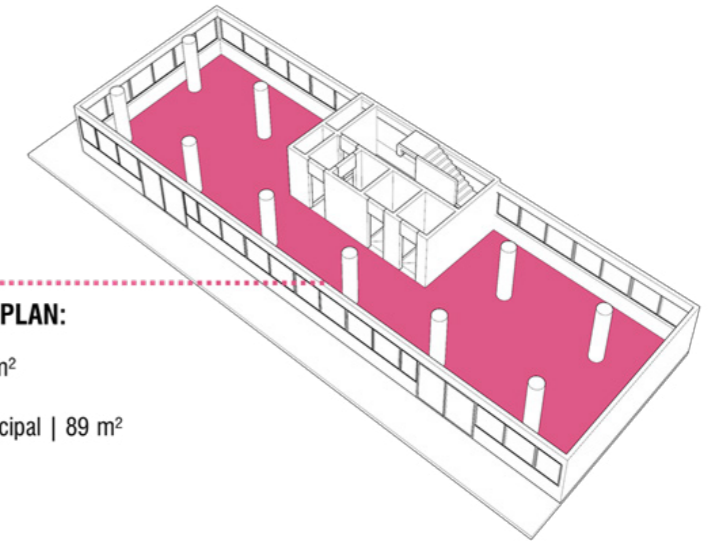
Frequências (Hz)	125	250	500	1000	2000	4000
Perda na transmissão sonora do elemento Argamassa 3 cm + Bloco Cerâmico 14 cm + Argamassa 1,5 cm (em dB)	45,2	42,5	43,1	52,4	58,2	61,1
Perda na transmissão sonora do elemento vidro monolítico comum de 4 mm de espessura, fixado em quadro de alumínio (em dB)	20,7	18,9	24,6	29,4	31,9	30

Tabela 6: Coeficientes de absorção das superfícies.

Superfícies	Materiais das superfícies	Frequências (Hz)					
		125	250	500	1000	2000	4000
PISO_1	Carpete fino sobre feltro fino em concreto	0,10	0,15	0,25	0,30	0,30	0,30
PISO_2	Laminado - placa de madeira / linóleo / borracha / cortiça (fina) no piso sólido	0,02	0,04	0,05	0,05	0,10	0,05
PAREDES	Argamassa - Alvenaria padrão	0,05	0,04	0,02	0,04	0,05	0,05
TETO	Concreto liso sem pintura	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02	0,05
JANELAS	Vidro - Janelas envidraçadas	0,12	0,08	0,05	0,04	0,03	0,02

Foram considerados 3 casos para os cálculos: Torre 1, Torre 1 Sala fechada e Torre 2.

TORRE 1



TORRE 1 | OPEN PLAN:

Área de piso | 242 m²
 Volume | 726 m³
 Área da fachada principal | 89 m²

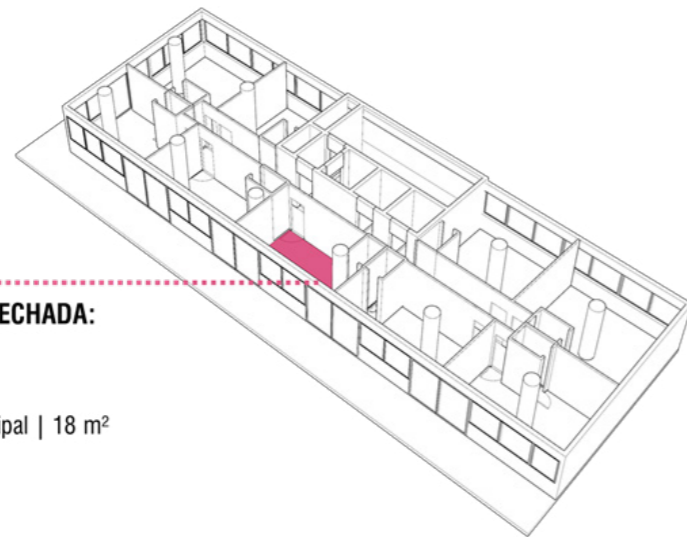
Figura 106: Áreas e volumes da Torre 1.
 Fonte: Elaborado pela autora

No caso da torre 1 vazia, o índice de redução sonora, a área de absorção sonora equivalente, o tempo de reverberação e os níveis de pressão sonora externo e interno obtidos estão na Tabela 7.

Tabela 7: Resultados dos cálculos da Torre 1 vazia.

Frequência (Hz)	125	250	500	1000	2000	4000
R (dB)	23,7	21,9	27,5	32,4	34,9	33,0
A (m ² Sabin)	39,9	41,6	50,6	58,0	64,0	63,9
TR (s)	2,9	2,8	2,3	2,0	1,8	1,8
L _e (dB)	77	69	62	56	54	49
L _i (dB)	56,8	50,4	36,9	25,5	20,5	17,4
L _i ponderado em A	45 dB					

TORRE 1 | SALA FECHADA



TORRE 1 | SALA FECHADA:

Área de piso | 24 m²

Volume | 72 m³

Área da fachada principal | 18 m²

Figura 107: Áreas e volumes da sala da Torre 1.

Fonte: Elaborado pela autora

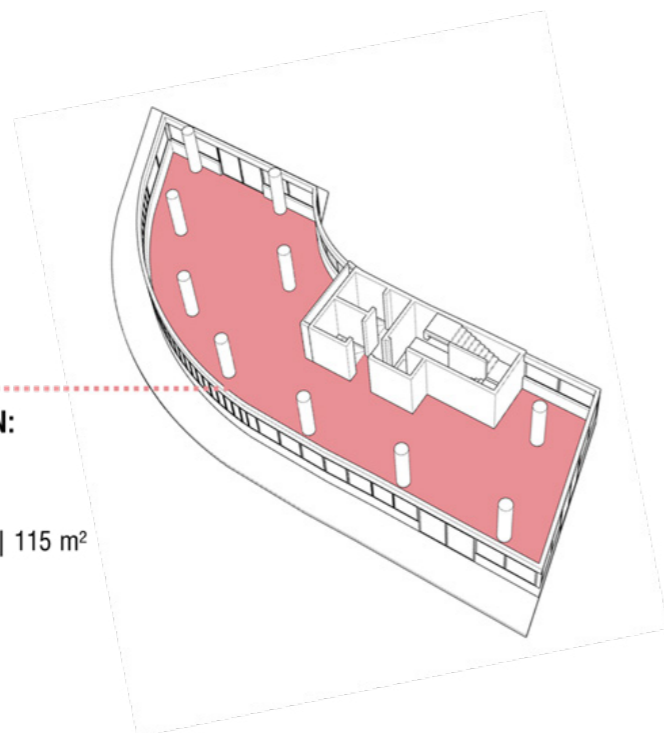
No caso da sala vazia na torre 1, com área de fachada igual a 18 m² e volume igual a 72 m³, o índice de redução sonora, a área de absorção sonora equivalente, o tempo de reverberação e os níveis de pressão sonora externo e interno obtidos estão na Tabela 8.

Tabela 8: Resultados dos cálculos da sala da Torre 1 vazia.

Frequência (Hz)	125	250	500	1000	2000	4000
R (dB)	23,7	21,9	27,5	32,4	34,9	33,0
A (m ² Sabin)	5,3	5,3	5,6	7,1	8,1	8,1
TR (s)	2,2	2,2	2,1	1,6	1,4	1,4
L _e (dB)	77	69	62	56	54	49
L _i (dB)	58,6	52,4	39,6	27,7	22,6	19,4
L _i ponderado em A	46,7 dB					

TORRE 2

No caso da torre 2 vazia, o índice de redução sonora, a área de absorção sonora equivalente, o tempo de reverberação e os níveis de pressão sonora externo e interno obtidos estão na Tabela 9.



TORRE 2 | OPEN PLAN:

Área de piso | 243 m²
 Volume | 729 m³
 Área da fachada principal | 115 m²

Figura 108: Áreas e volumes da Torre 2.
 Fonte: Elaborado pela autora

Tabela 9: Resultados dos cálculos da Torre 2 vazia.

Frequência (Hz)	125	250	500	1000	2000	4000
R (dB)	23,7	21,9	27,6	32,4	34,9	33,0
A (m ² Sabin)	39,9	41,7	50,7	58,2	64,2	64,1
TR (s)	2,9	2,8	2,3	2,0	1,8	1,8
L _c (dB)	77	69	62	56	54	49
L_i (dB)	57,9	51,5	38,0	26,6	21,6	18,5
L_i ponderado em A	46 dB					

Embora os níveis de pressão sonora internos estejam próximos aos valores recomendados pela norma ABNT NBR 10152 (2017) para escritórios coletivos (*open plan*), que é de 45 dB, os valores dos tempos de reverberação estão muito acima dos recomendados. Devido às semelhanças, os valores dos tempos de reverberação das torres 1 e 2 são quase idênticos, já os da Sala da torre 1 são menores, devido ao seu menor volume. O gráfico da Figura 109 ilustra os níveis de pressão sonora e o gráfico da Figura 110 ilustra os *TRs*.

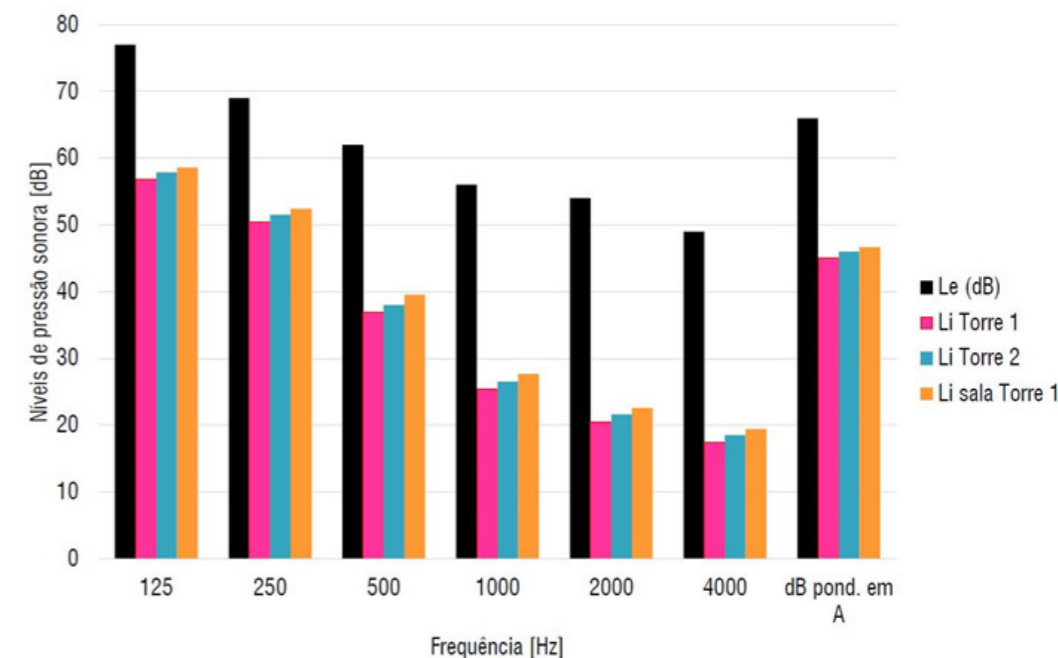


Figura 109: Gráfico dos níveis de pressão sonora | Ambientes sem mobiliário.

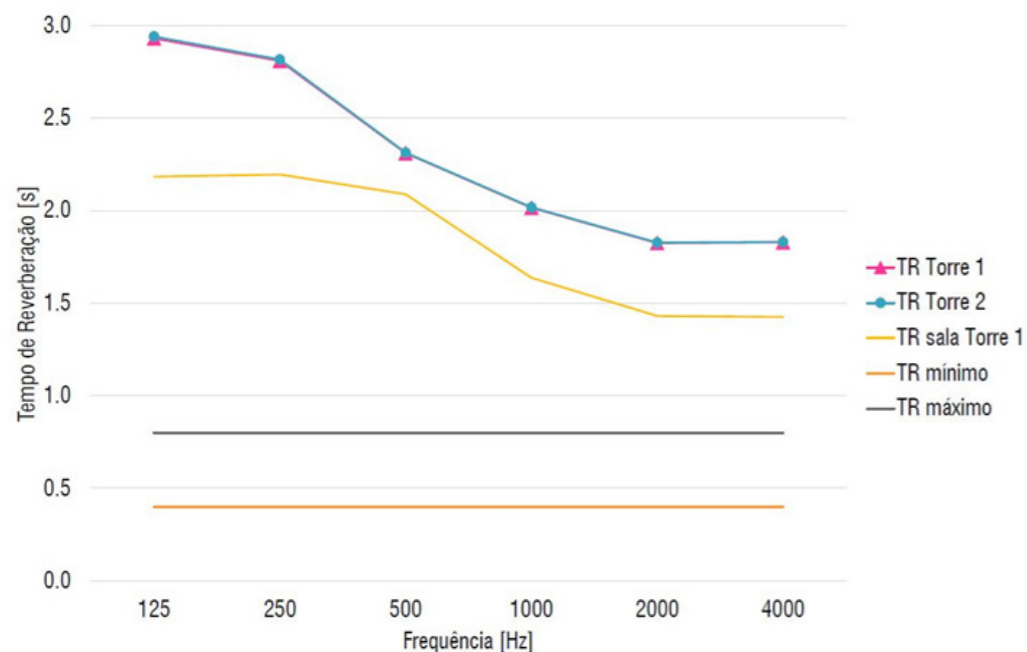


Figura 110: Gráfico dos tempos de reverberação | Ambientes sem mobiliário.

Os cálculos foram realizados novamente considerando o mobiliário. Os coeficientes de absorção das superfícies internas do mobiliário estão na Tabela 10.

No caso das torres 1 e 2, e sala fechada da torre 1, com todos os ambientes mobiliados, o índice de redução sonora, a área de absorção sonora equivalente, o tempo de reverberação e os níveis de pressão sonora externo e interno obtidos estão nas Tabelas 11, 12 e 13.

Tabela 10: Coeficientes de absorção das superfícies do mobiliário.

Superfícies	Materiais das superfícies	Frequências (Hz)					
		125	250	500	1000	2000	4000
PAREDE VIDRO	Vidro - Janelas envidraçadas	0.12	0.08	0.05	0.04	0.03	0.02
PAREDE MADEIRA	Painéis de parede de madeira acústica (<i>acoustic timber wall</i>)	0.18	0.34	0.42	0.59	0.83	0.68
DIVISÓRIA TIPO 1 (ABSORÇÃO)	Placa Acústica Sonex illtec Plano, dens. 11 kg/m ³ , 45 mm de espessura	0.12	0.45	0.88	0.96	0.97	0.99
DIVISÓRIA TIPO 1 (VIDRO)	Vidro - Janelas envidraçadas	0.12	0.08	0.05	0.04	0.03	0.02
DIVISÓRIA TIPO 2 (ABSORÇÃO)	Placa Acústica Sonex illtec Plano, dens. 11 kg/m ³ , 45 mm de espessura	0.12	0.45	0.88	0.96	0.97	0.99
DIVISÓRIA TIPO 2 (VIDRO)	Vidro - Janelas envidraçadas	0.12	0.08	0.05	0.04	0.03	0.02
ARMARIO 1	Porta de núcleo vazio de madeira (por m ²)	0.30	0.25	0.15	0.10	0.10	0.07
ARMARIO 2	Porta de núcleo vazio de madeira (por m ²)	0.30	0.25	0.15	0.10	0.10	0.07
ARMARIO 3	Porta de núcleo vazio de madeira (por m ²)	0.30	0.25	0.15	0.10	0.10	0.07
ESCRIVANINHA	Mobiliário de escritório para adultos (por mesa)	0.50	0.40	0.45	0.45	0.60	0.70
MESA	Mobiliário de escritório para adultos (por mesa)	0.50	0.40	0.45	0.45	0.60	0.70
CADEIRA	Cadeira estofada com couro, desocupada	0.44	0.54	0.6	0.62	0.58	0.58
SOFÁ	1 sofá - supondo igual a 3 cadeiras	0.44	0.54	0.6	0.62	0.58	0.58
VASO DE PLANTA	Objeto 5	0.50	0.40	0.45	0.45	0.60	0.70

Tabela 11: Resultados dos cálculos da Torre 1 mobiliada.

Frequência (Hz)	125	250	500	1000	2000	4000
R (dB)	23.7	21.9	27.5	32.4	34.9	33.0
A (m ² Sabin)	104.6	128.6	164.8	177.3	189.2	187.8
TR (s)	1.1	0.9	0.7	0.7	0.6	0.6
L _e (dB)	77	69	62	56	54	49
L _i (dB)	52.6	45.5	31.8	20.6	15.8	12.8
L_i ponderado em A	40 dB					

Tabela 12: Resultados dos cálculos da sala fechada da Torre 1 mobiliada.

Frequência (Hz)	125	250	500	1000	2000	4000
R (dB)	23.7	21.9	27.5	32.4	34.9	33.0
A (m ² Sabin)	12.6	13.1	14.1	15.5	17.0	17.1
TR (s)	0.9	0.9	0.8	0.7	0.7	0.7
L _e (dB)	77	69	62	56	54	49
L _i (dB)	54.8	48.5	35.5	24.3	19.4	16.2
L_i ponderado em A	42.9 dB					

Tabela 13: Resultados dos cálculos da Torre 2 mobiliada.

Frequência (Hz)	125	250	500	1000	2000	4000
R (dB)	23.7	21.9	27.6	32.4	34.9	33.0
A (m ² Sabin)	108.0	121.2	145.9	155.6	164.1	163.0
TR (s)	1.1	1.0	0.8	0.8	0.7	0.7
L _e (dB)	77	69	62	56	54	49
L _i (dB)	53.6	46.9	33.4	22.3	17.5	14.5
L_i ponderado em A	41.3 dB					

Pode-se perceber nos resultados dos cálculos com mobiliário que os níveis de pressão sonora internos estão abaixo dos valores recomendados pela norma ABNT NBR 10152 para escritórios coletivos (*open plan*), que é de 45 dB. Já os valores dos tempos de reverberação estão dentro da faixa adequada para frequências acima de 500 Hz, conforme a norma australiana AS/NZS 2107 (2016). O gráfico da Figura 111 ilustra os níveis de pressão sonora e o gráfico da figura 112 ilustra os *TRs*.

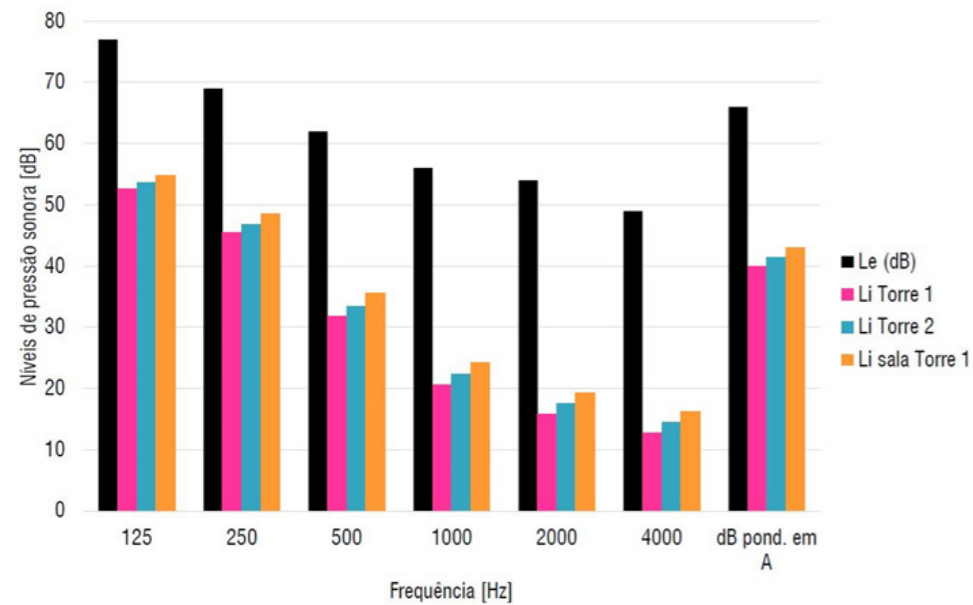


Figura 111: Gráfico dos níveis de pressão sonora | Ambientes com mobiliário.

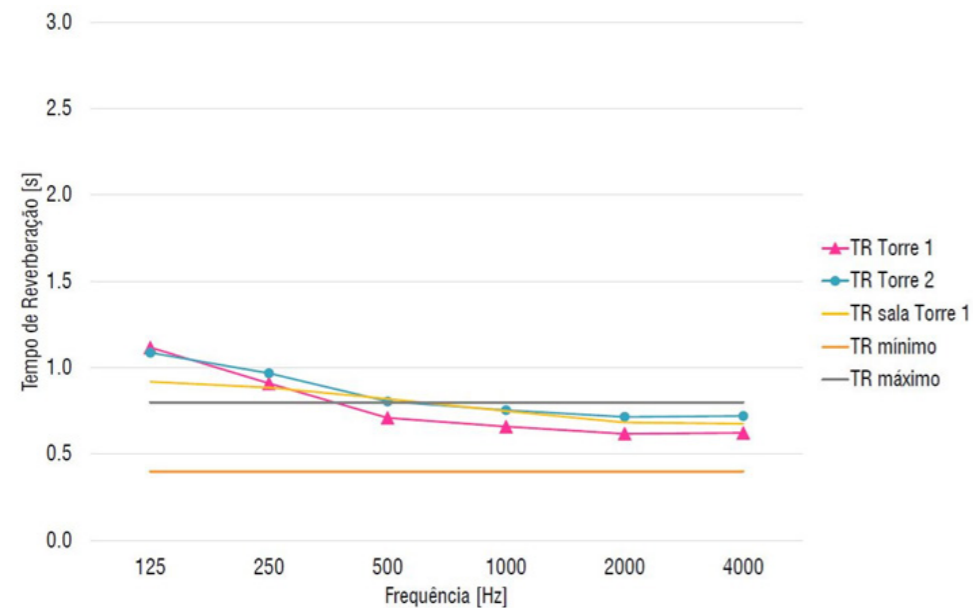


Figura 112: Gráfico dos tempos de reverberação | Ambientes com mobiliário.

Frequência baixas são geralmente mais difíceis tanto de absorver como isolar. Existem dispositivos que ajudam a melhorar o desempenho, como ressoadores de Helmholtz⁴⁰ ou painéis de membrana. Painéis perfurados com material de absorção por trás são um tipo de ressoador de Helmholtz, e há ainda quadros que podem ser painéis de membrana. A frequência de absorção vai depender da cavidade do ressoador, do tamanho do painel e de seu afastamento da parede. O projeto atende ao desempenho desejado em relação aos tempos de reverberação nas frequências mais altas, já para atender nas frequências mais baixas seria então interessante acrescentar no interior dos espaços materiais como os descritos aqui.



Figura 113: Exemplo de painel como opção acústica aplicado na parede. Fonte: OWA Sonex Brasil.

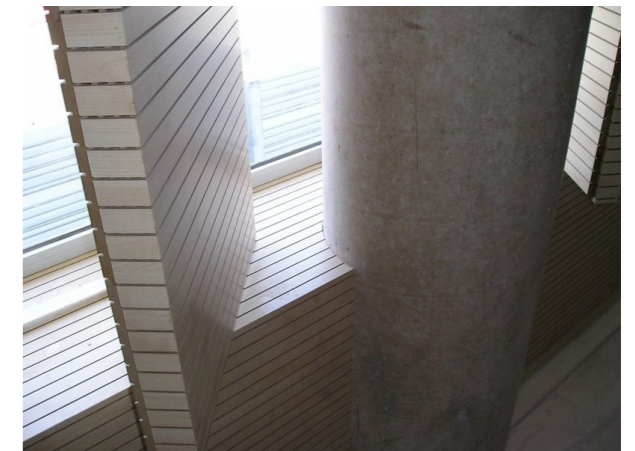


Figura 114: Exemplo de painel como opção acústica. Fonte: OWA Sonex Brasil.

⁴⁰ Ressorador de Helmholtz é um sistema absorvedor baseado na propriedade de dissipar energia em torno de uma frequência de ressonância a qual é função das características geométricas do sistema. É um material acústico que atua em baixas frequências com absorção sonora restrita a uma faixa de frequência limitada (LISOT et al., 2008).

4.5. PROJETO DE ARQUITETURA

A seguir são apresentadas imagens do projeto do edifício (perspectivas, perspectivas explodidas, implantação, plantas, cortes e vistas).

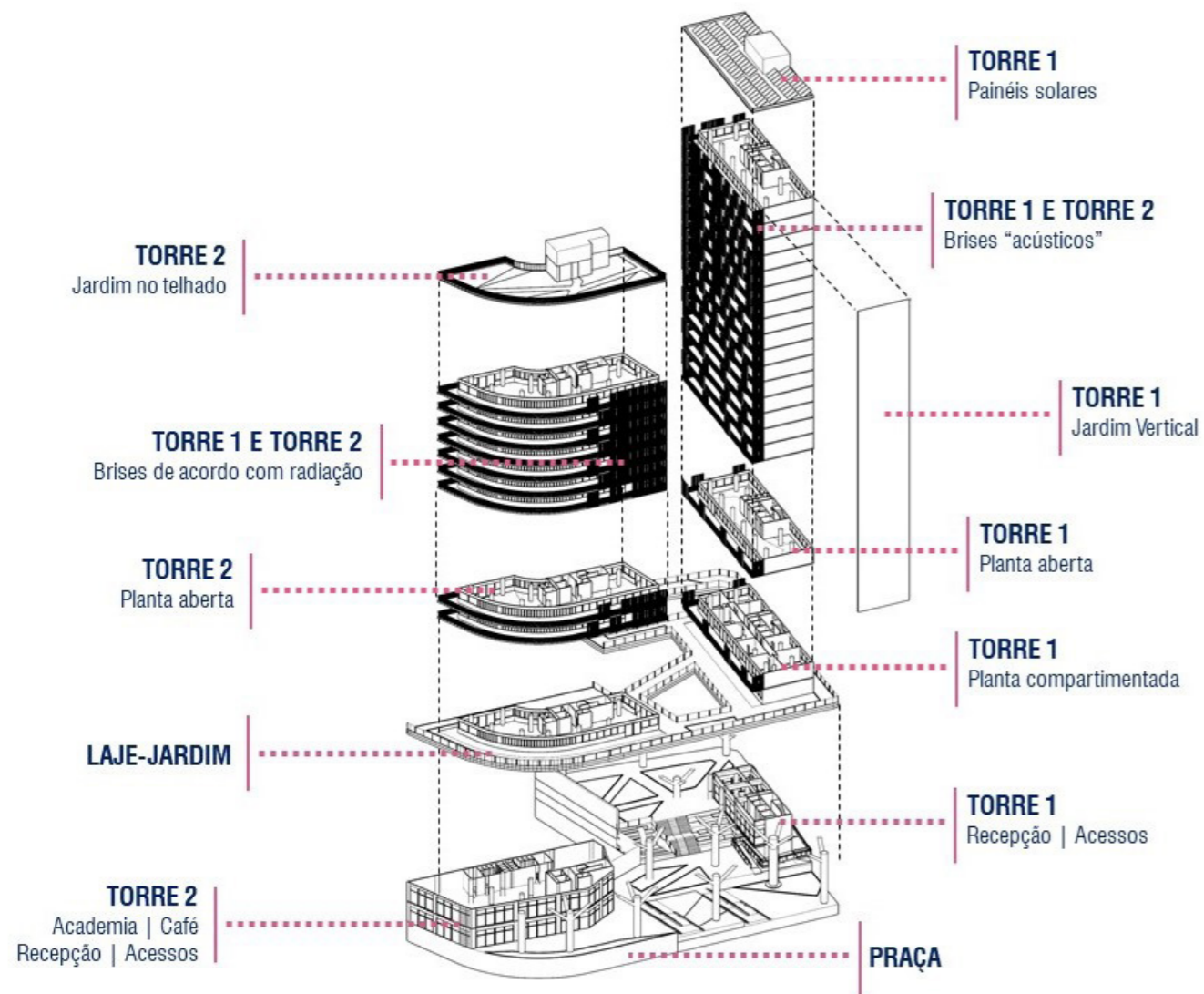


Figura 115: Perspectiva explodida com localização dos espaços do projeto.

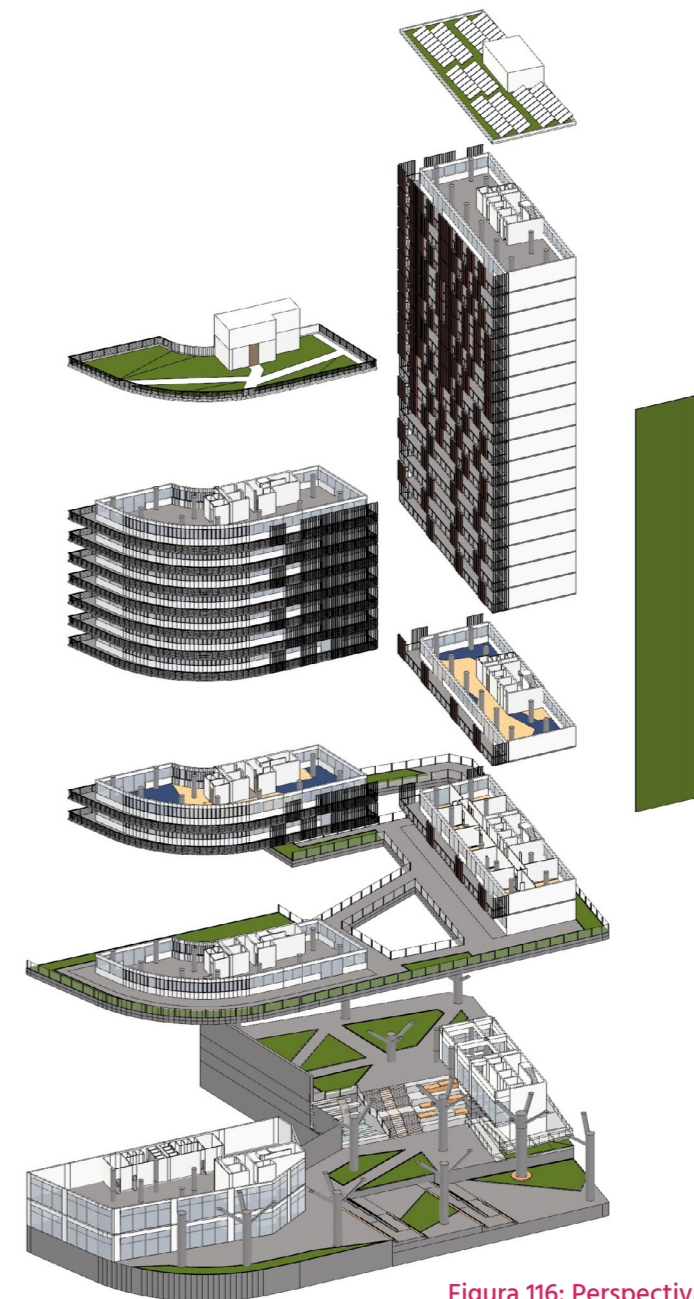
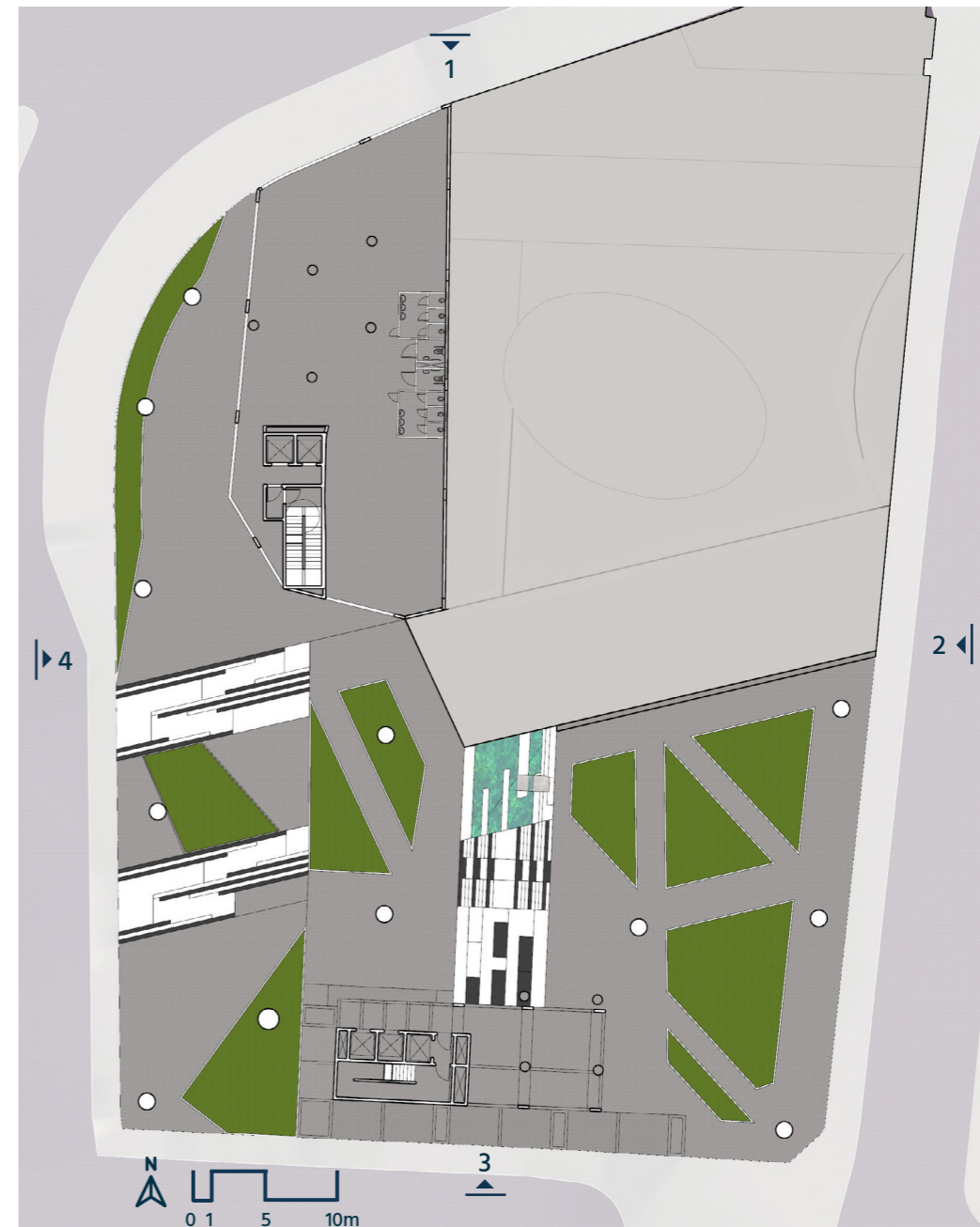


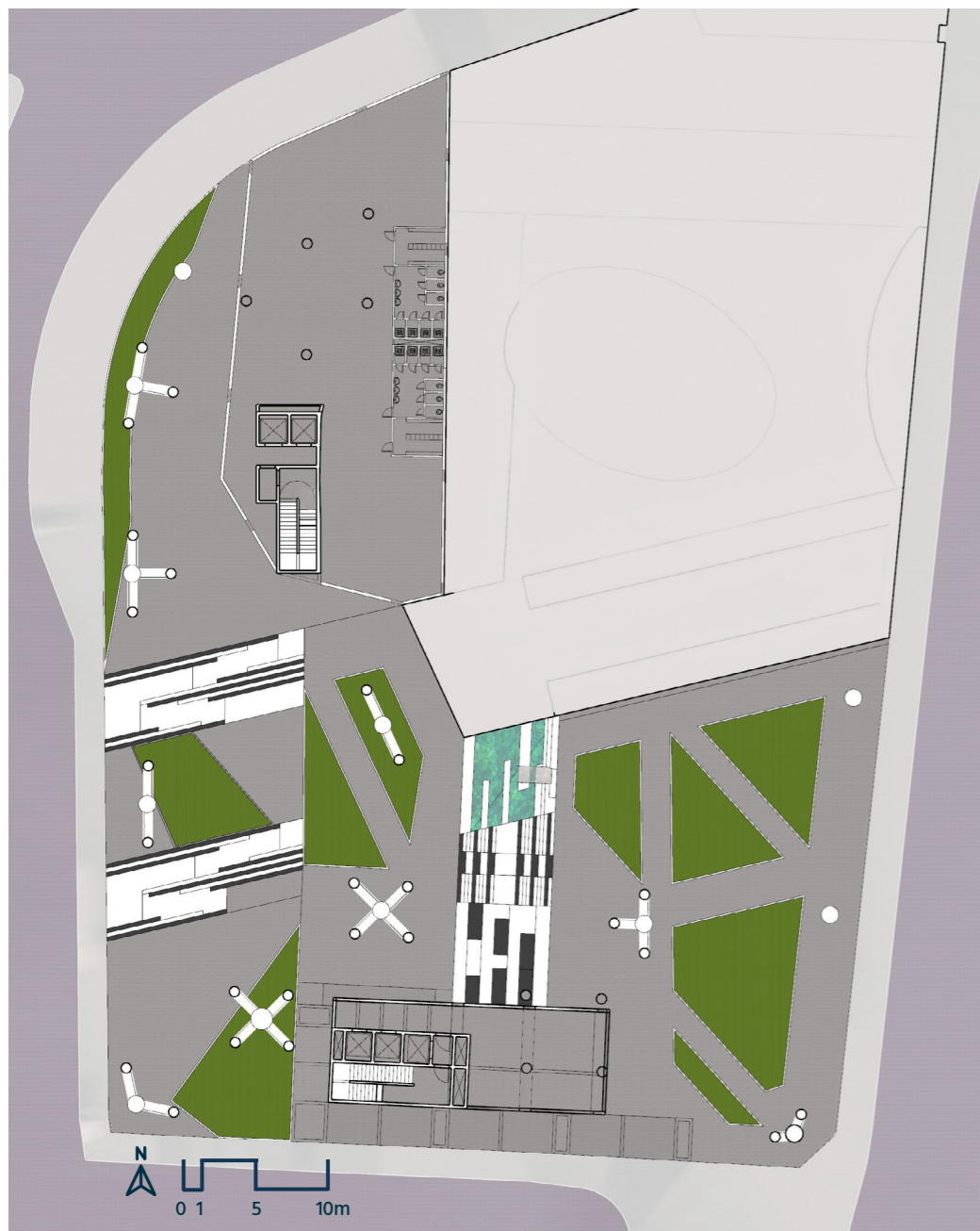
Figura 116: Perspectiva explodida do projeto.



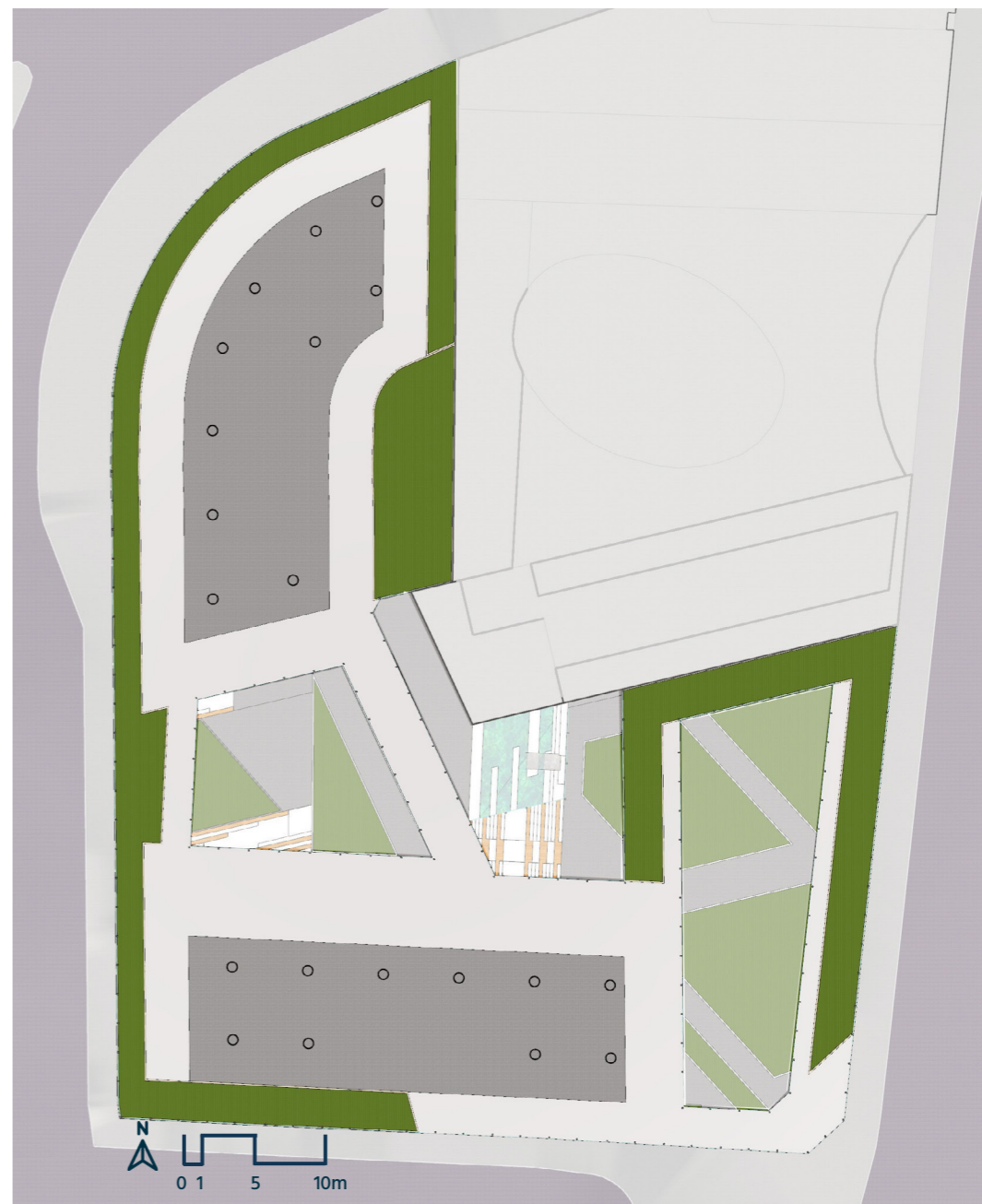
IMPLANTAÇÃO



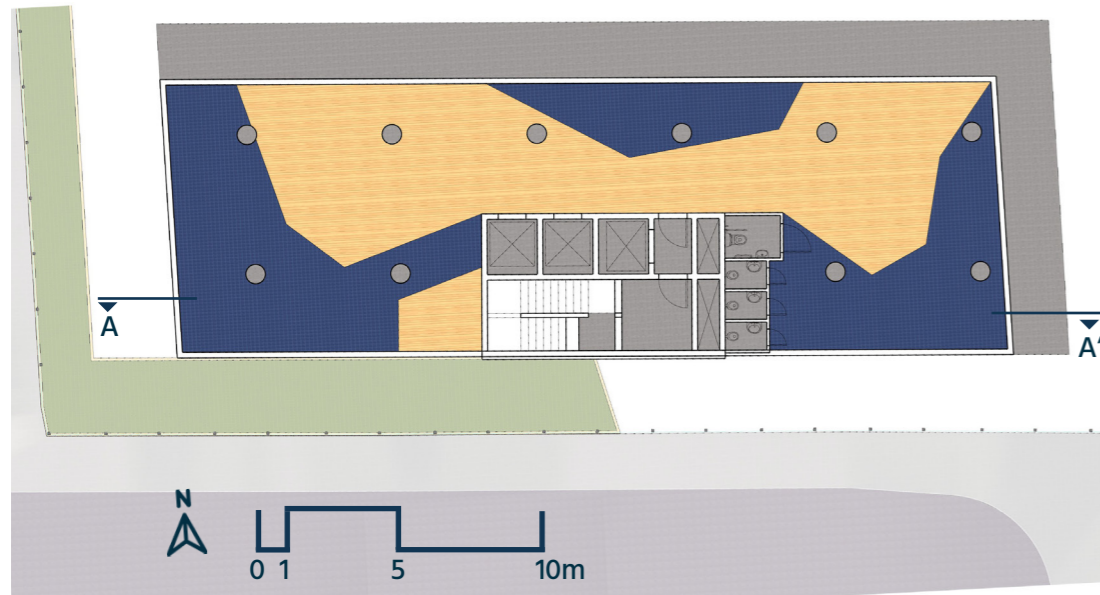
PLANTA DO TÉRREO



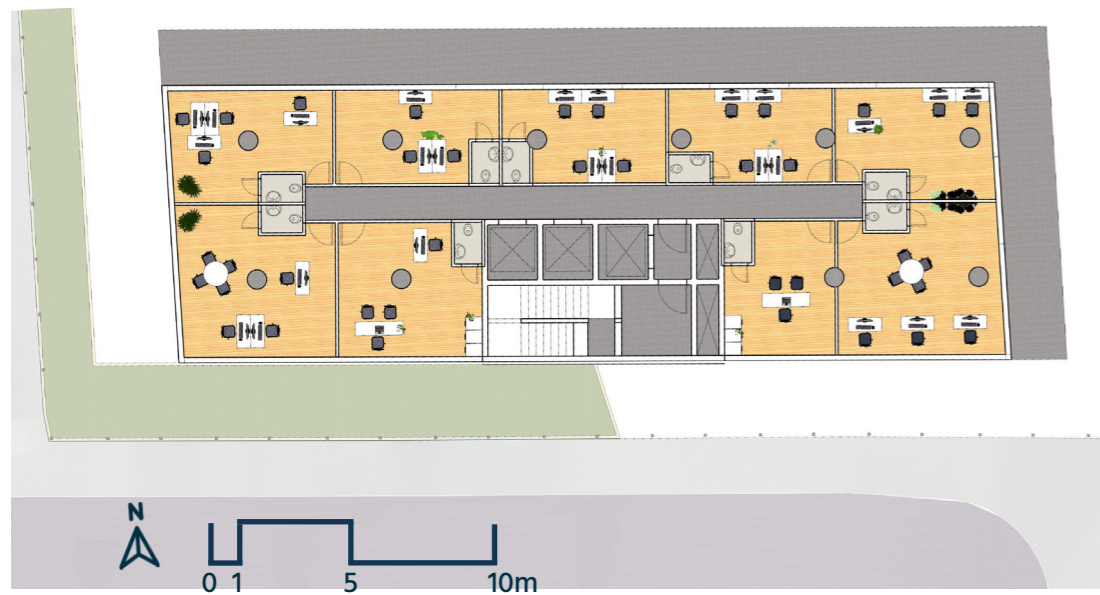
PLANTA DO 2º PAVIMENTO



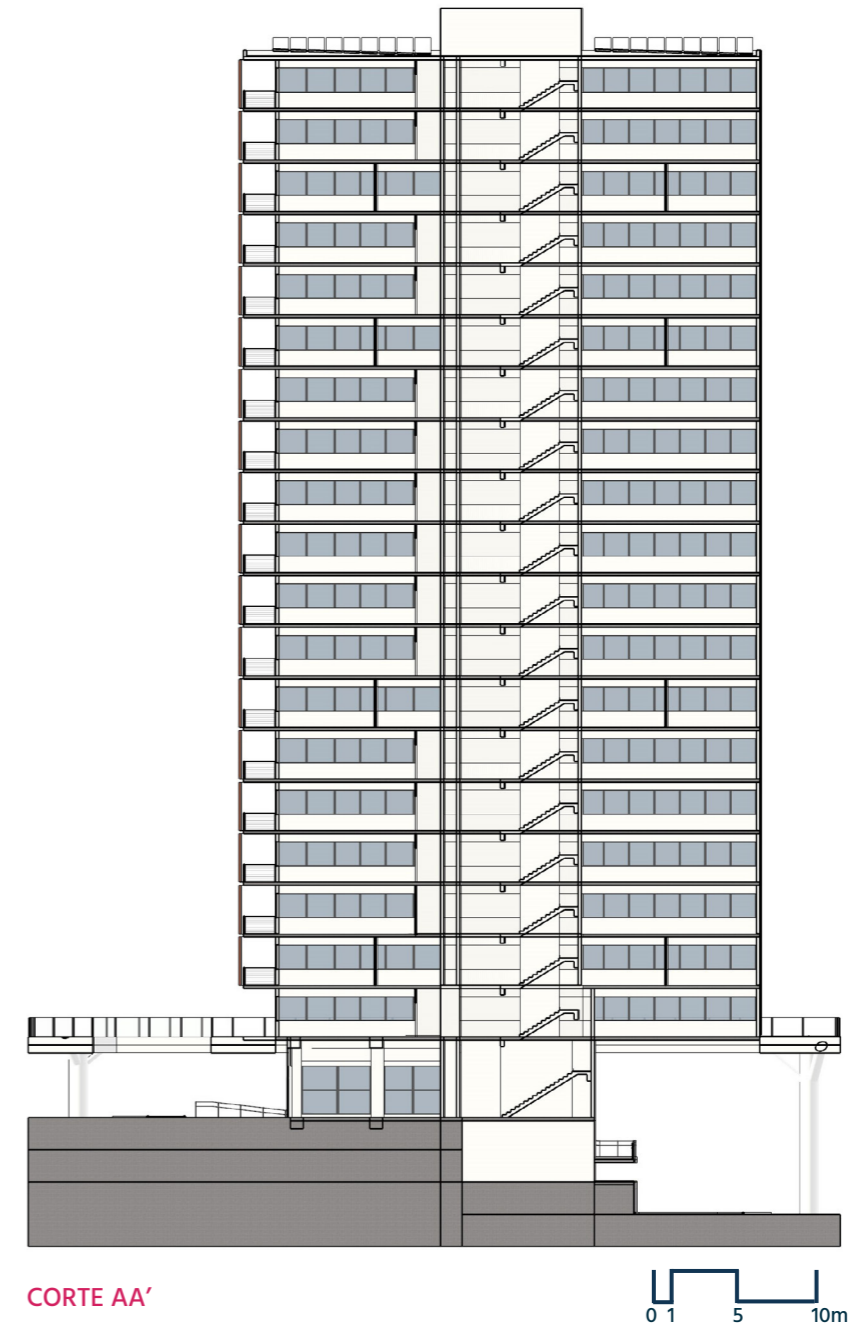
PLANTA DA LAJE-JARDIM



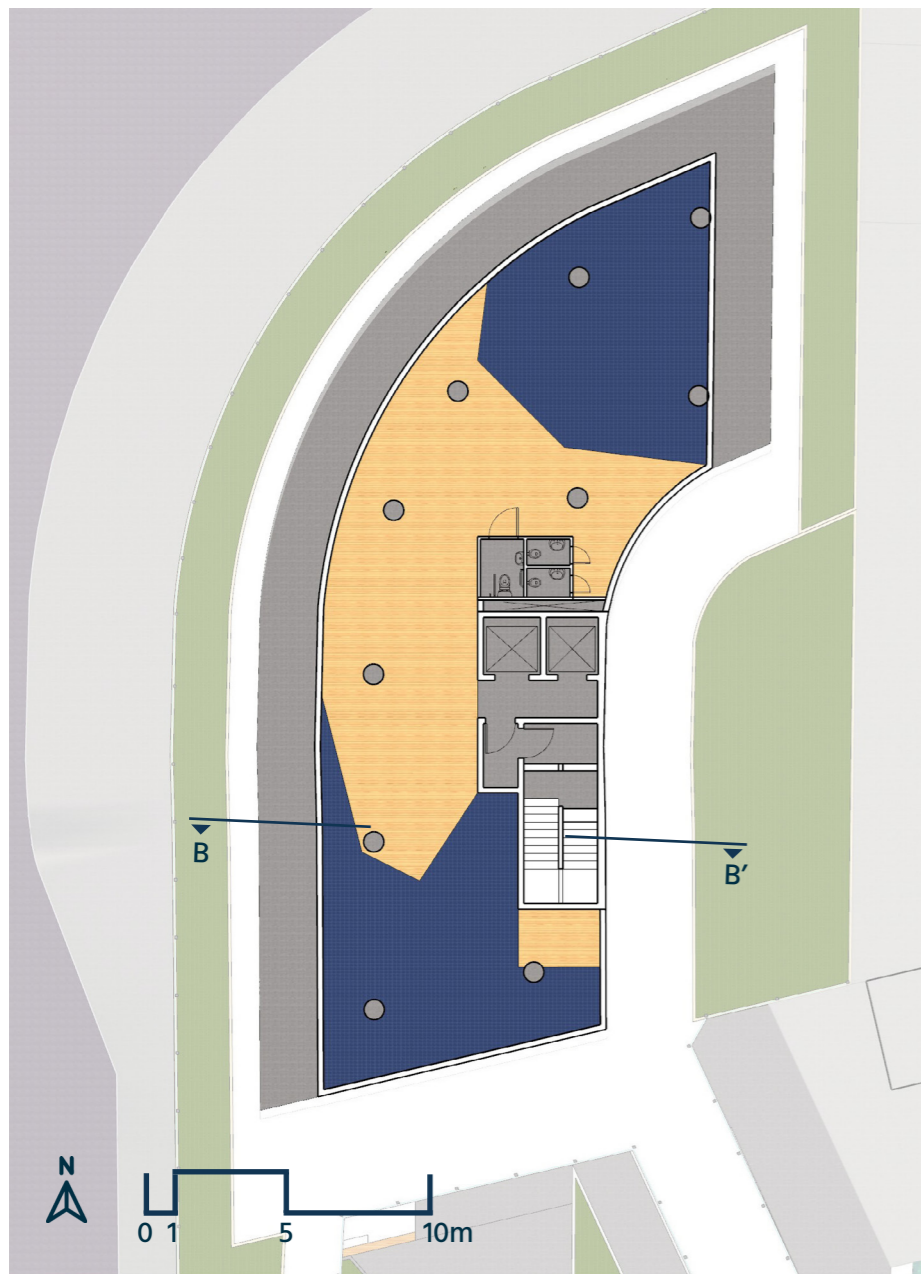
PLANTA DO PAVIMENTO TIPO DA TORRE 1 | PLANTA LIVRE



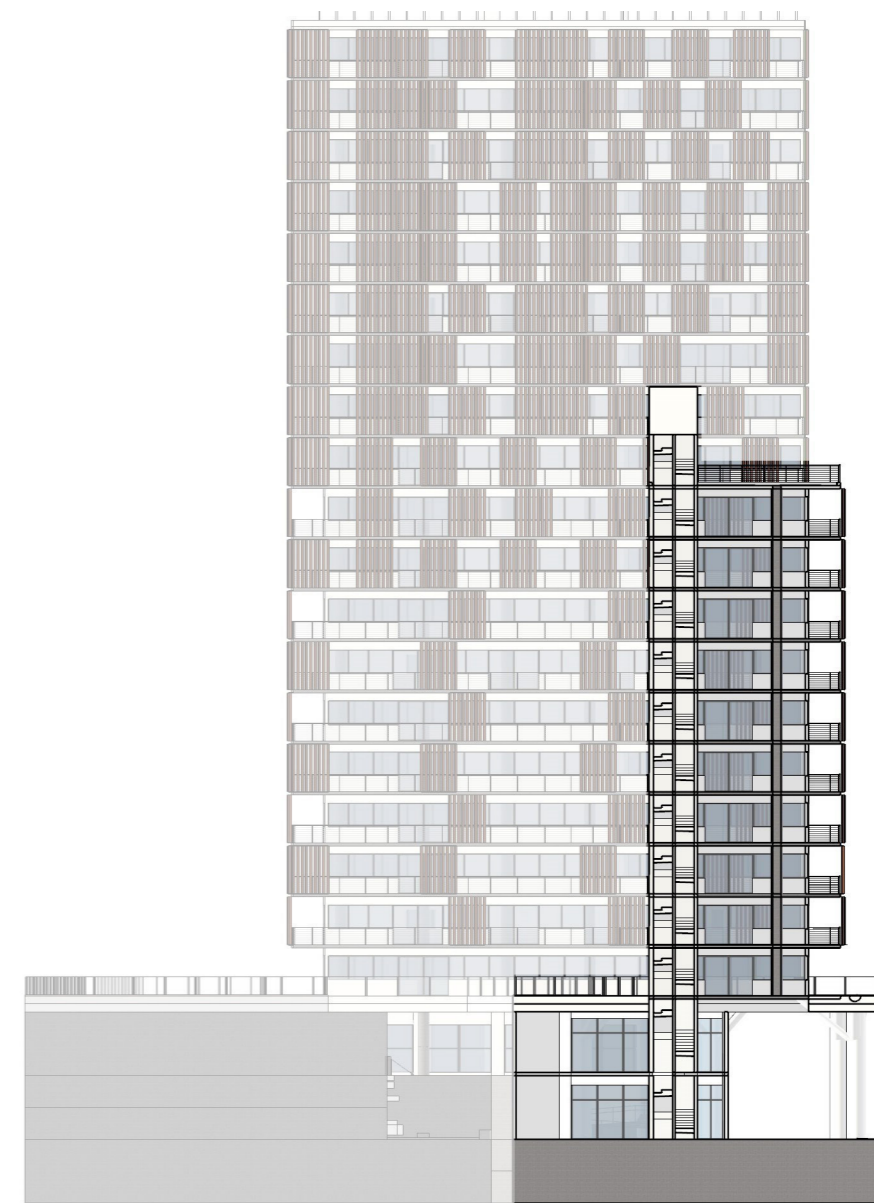
PLANTA DO PAVIMENTO TIPO DA TORRE 1 | PLANTA COMPARTIMENTADA



CORTE AA'

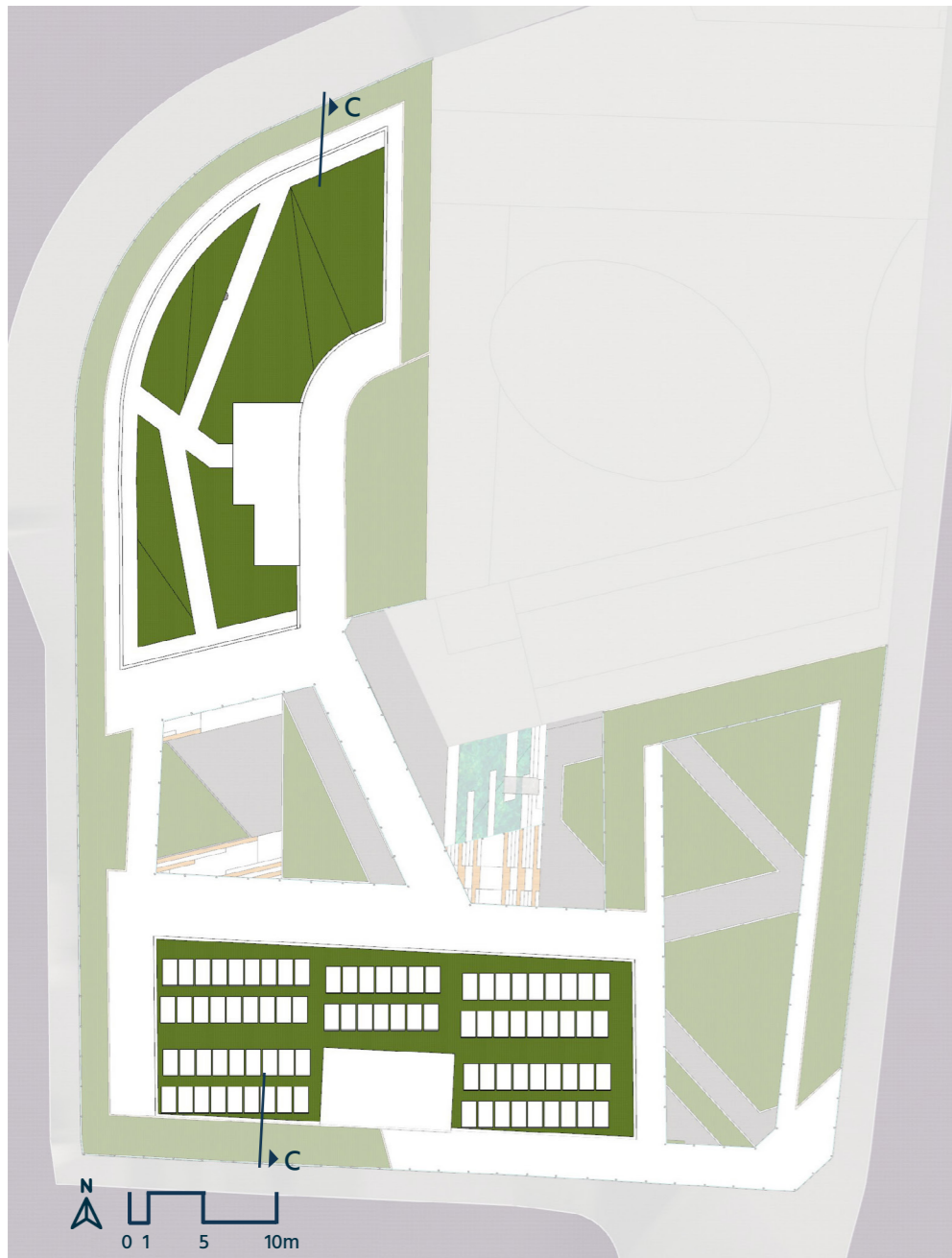


PLANTA DO PAVIMENTO TIPO DA TORRE 2 | PLANTA LIVRE



CORTE BB'



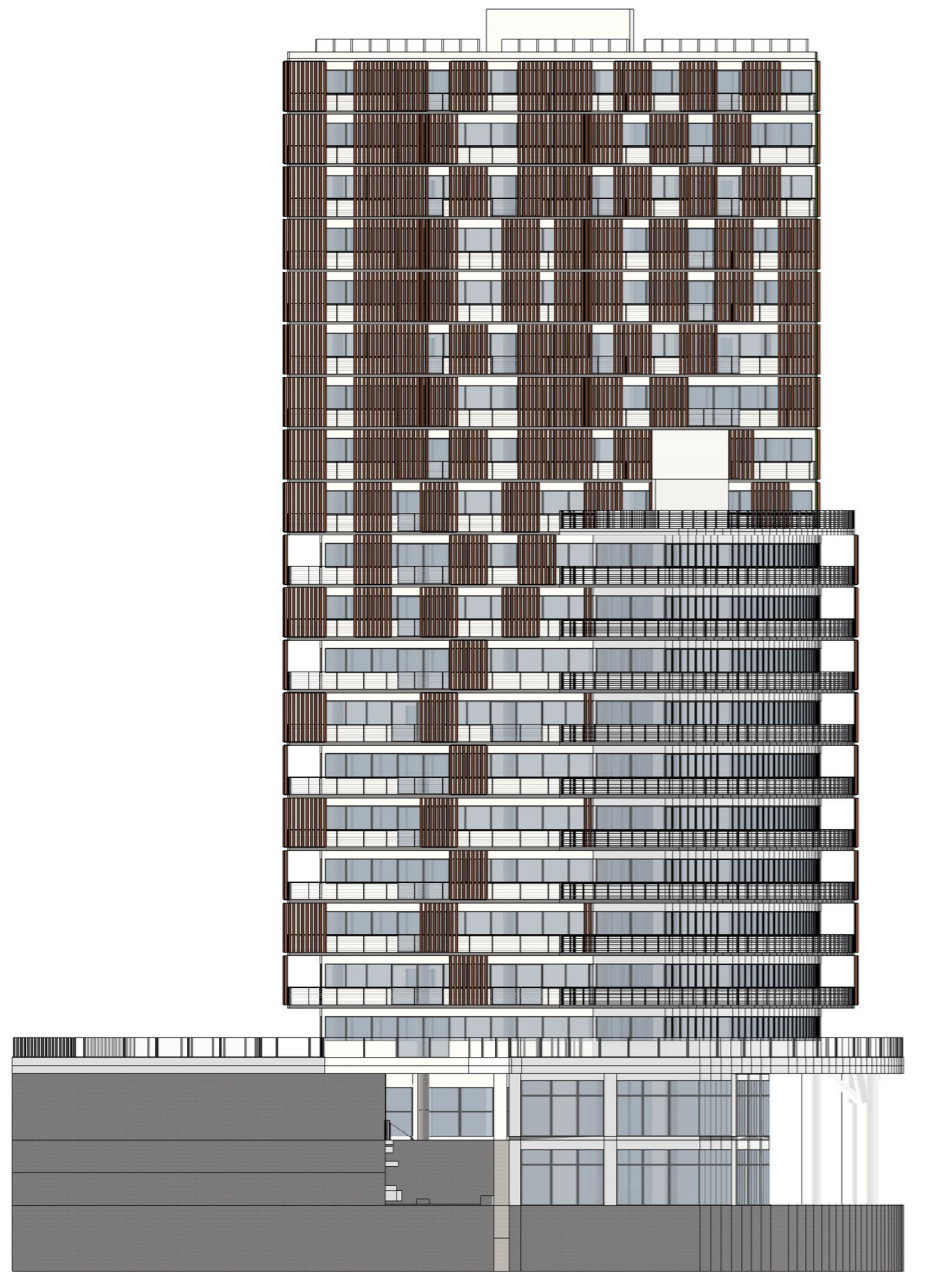


PLANTA DA COBERTURA

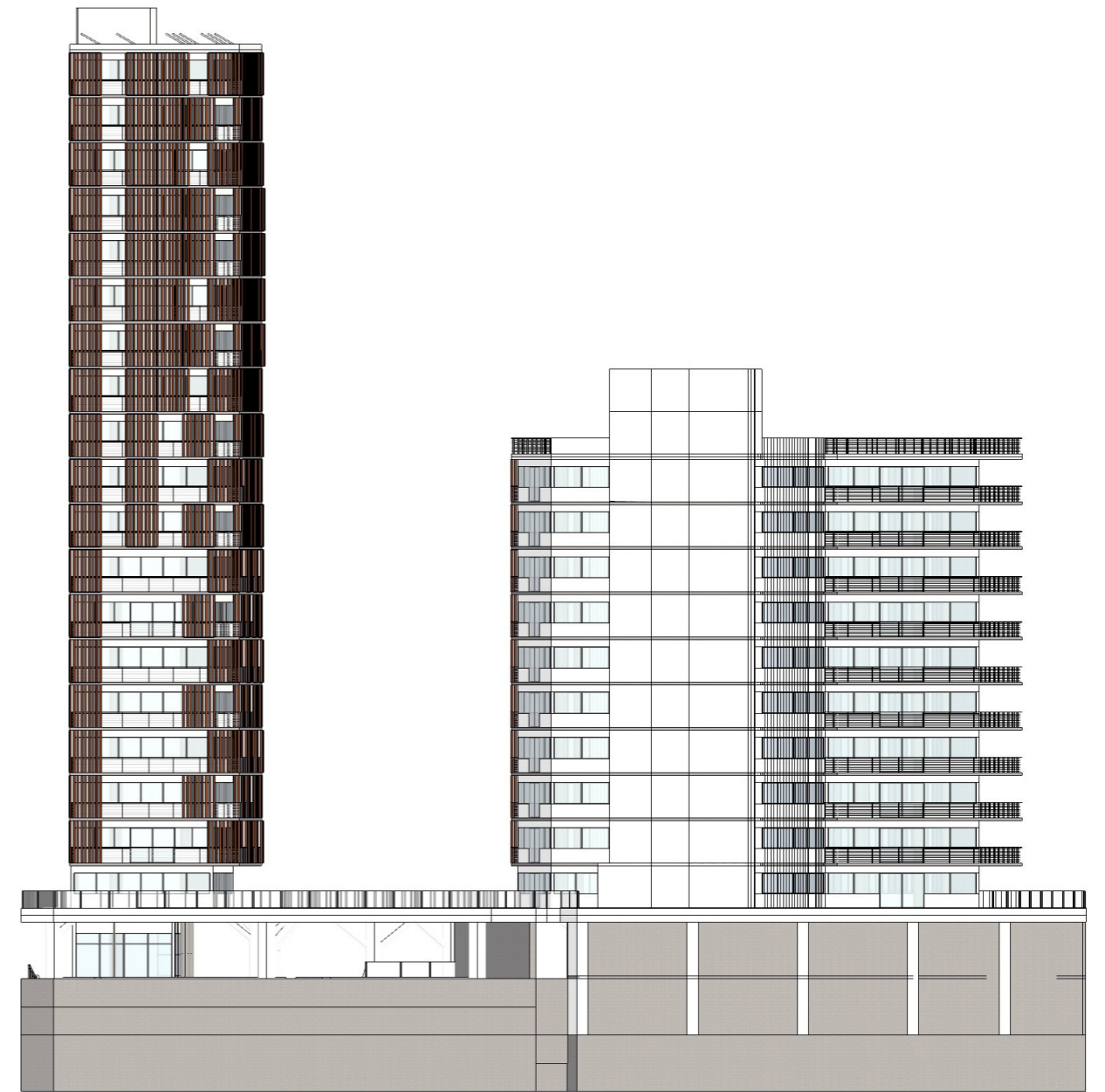


CORTE CC'



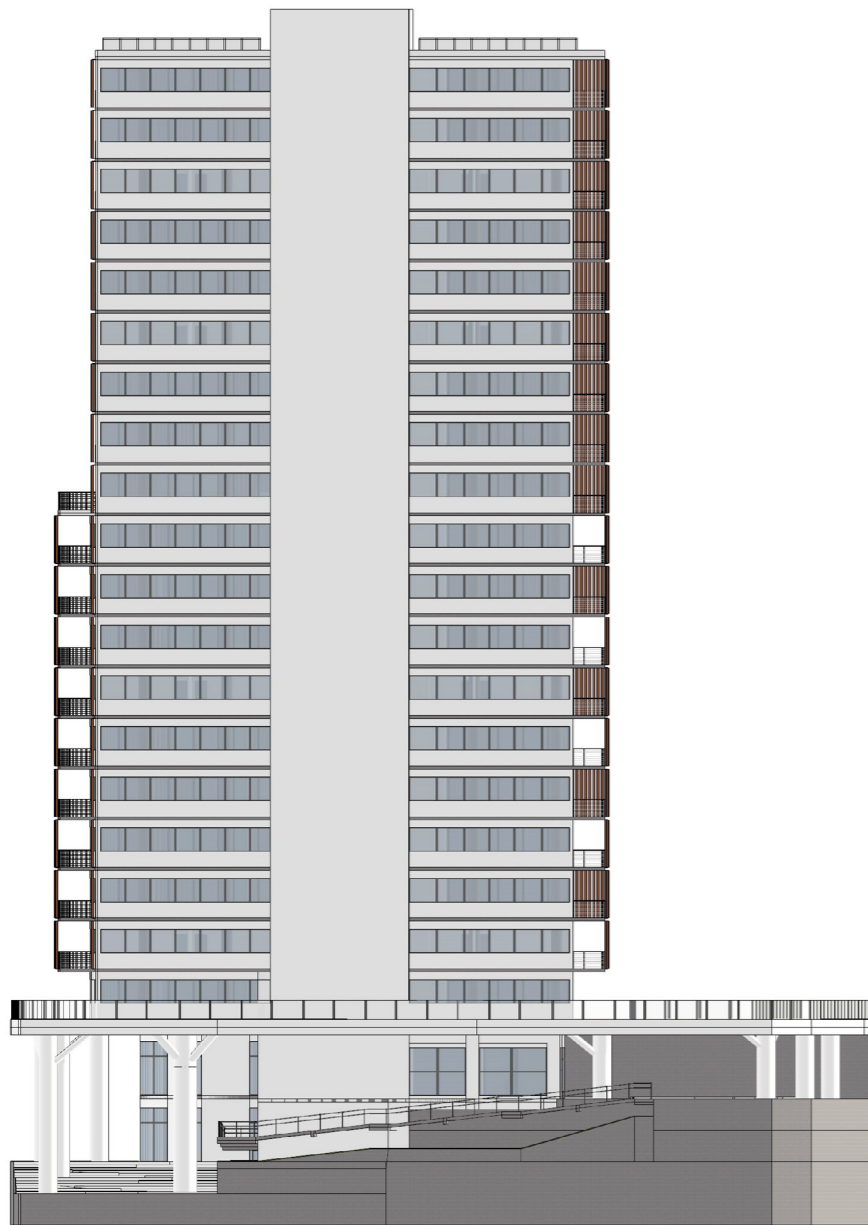


VISTA 1 | ELEVAÇÃO NORTE



VISTA 2 | ELEVAÇÃO LESTE





VISTA 3 | ELEVAÇÃO SUL



VISTA 4 | ELEVAÇÃO OESTE



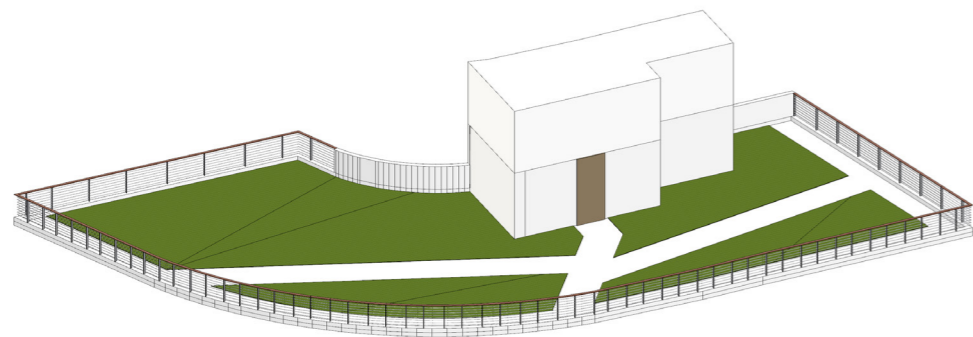


Figura 117: Perspectiva do telhado jardim da Torre 2.

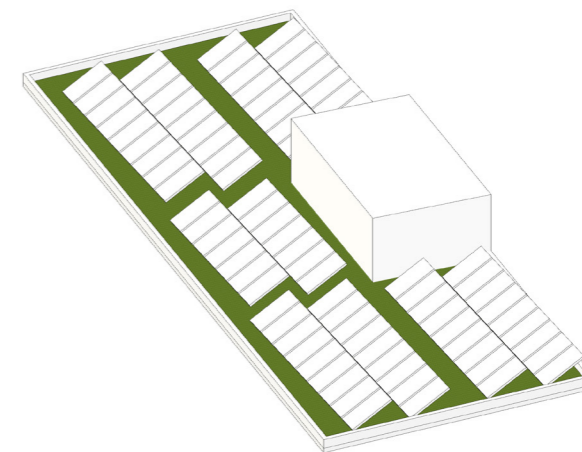


Figura 119: Perspectiva do telhado da Torre 1.

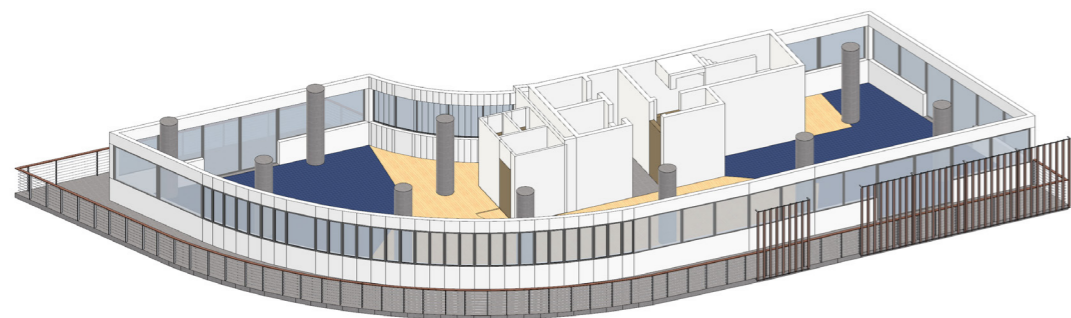


Figura 118: Perspectiva do pavimento tipo da Torre 2.

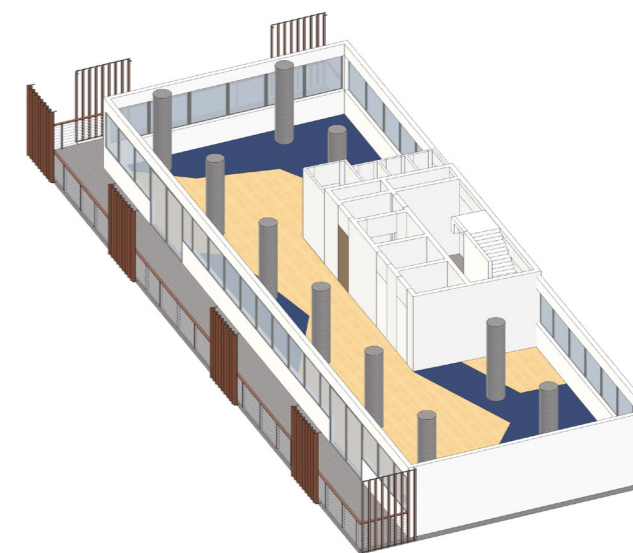


Figura 120: Perspectiva do pavimento tipo da Torre 1.

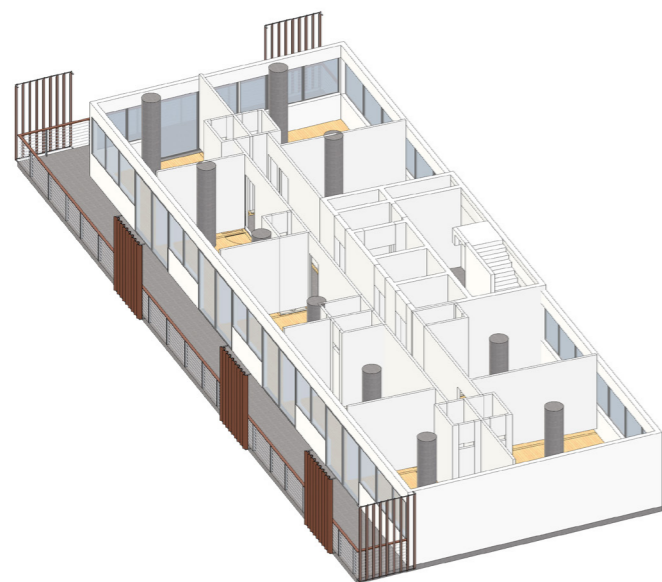


Figura 121: Perspectiva do pavimento compartimentado da Torre 1.

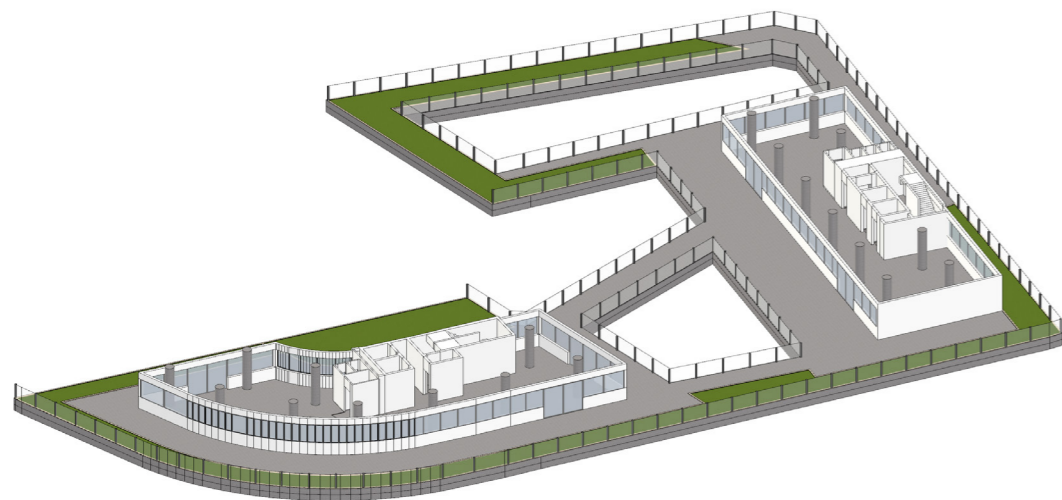


Figura 122: Perspectiva da laje-jardim que conecta as duas torres.

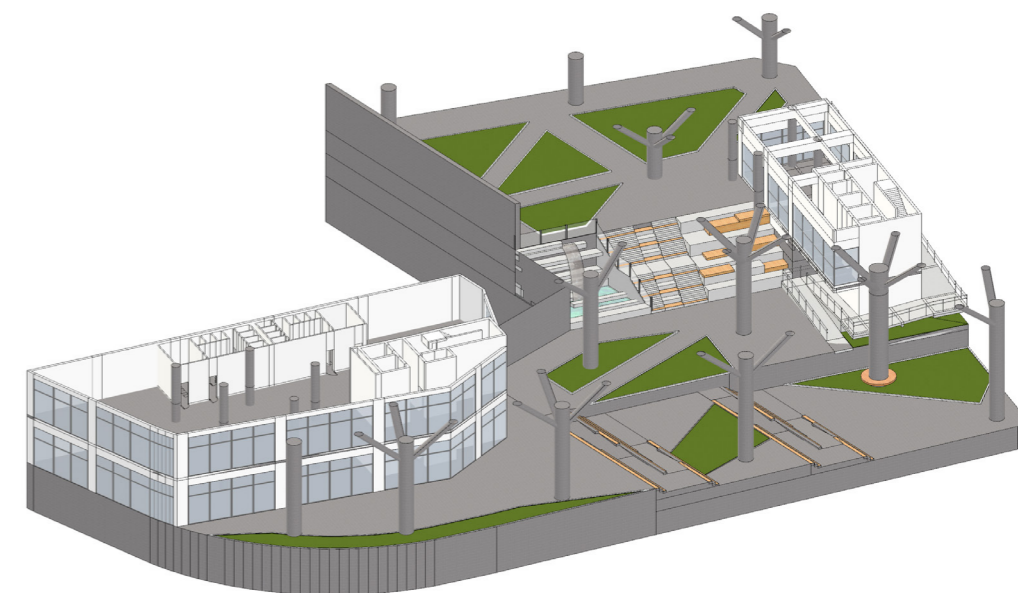


Figura 123: Perspectiva da praça e edificações de embasamento.

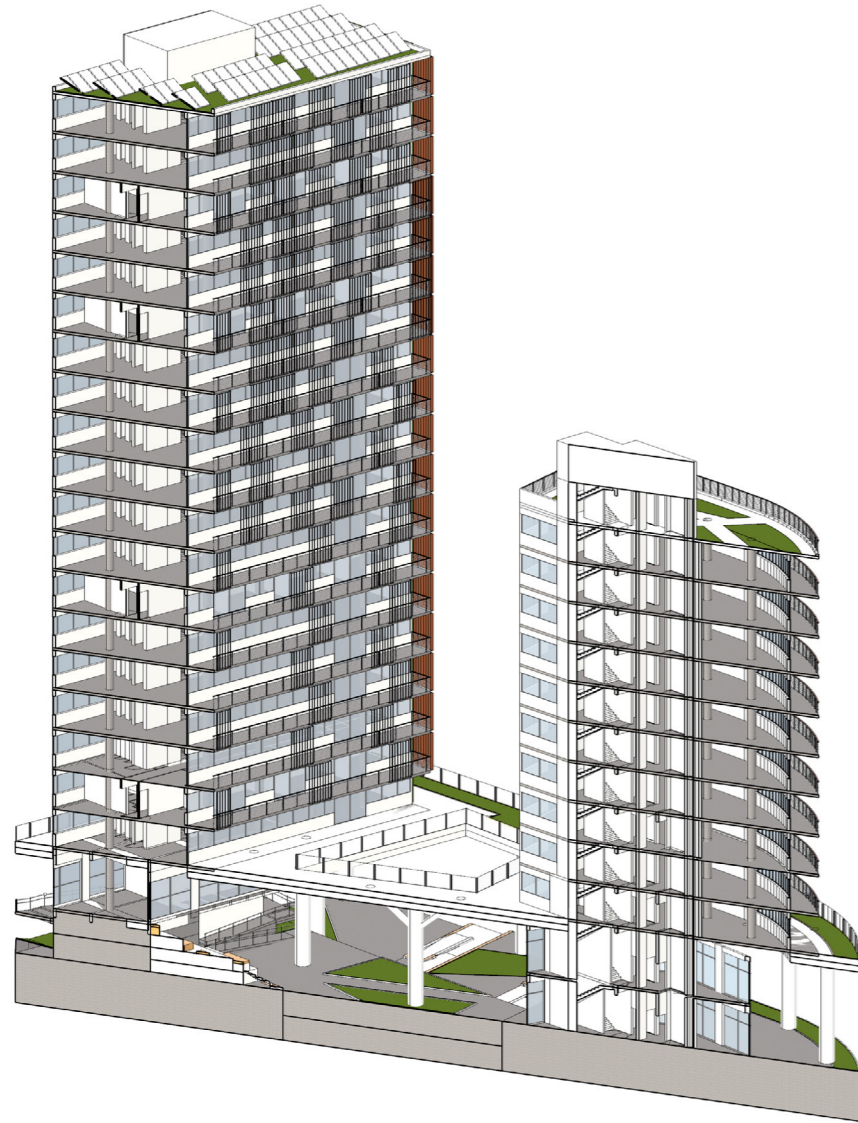


Figura 124: Corte em perspectiva do projeto.

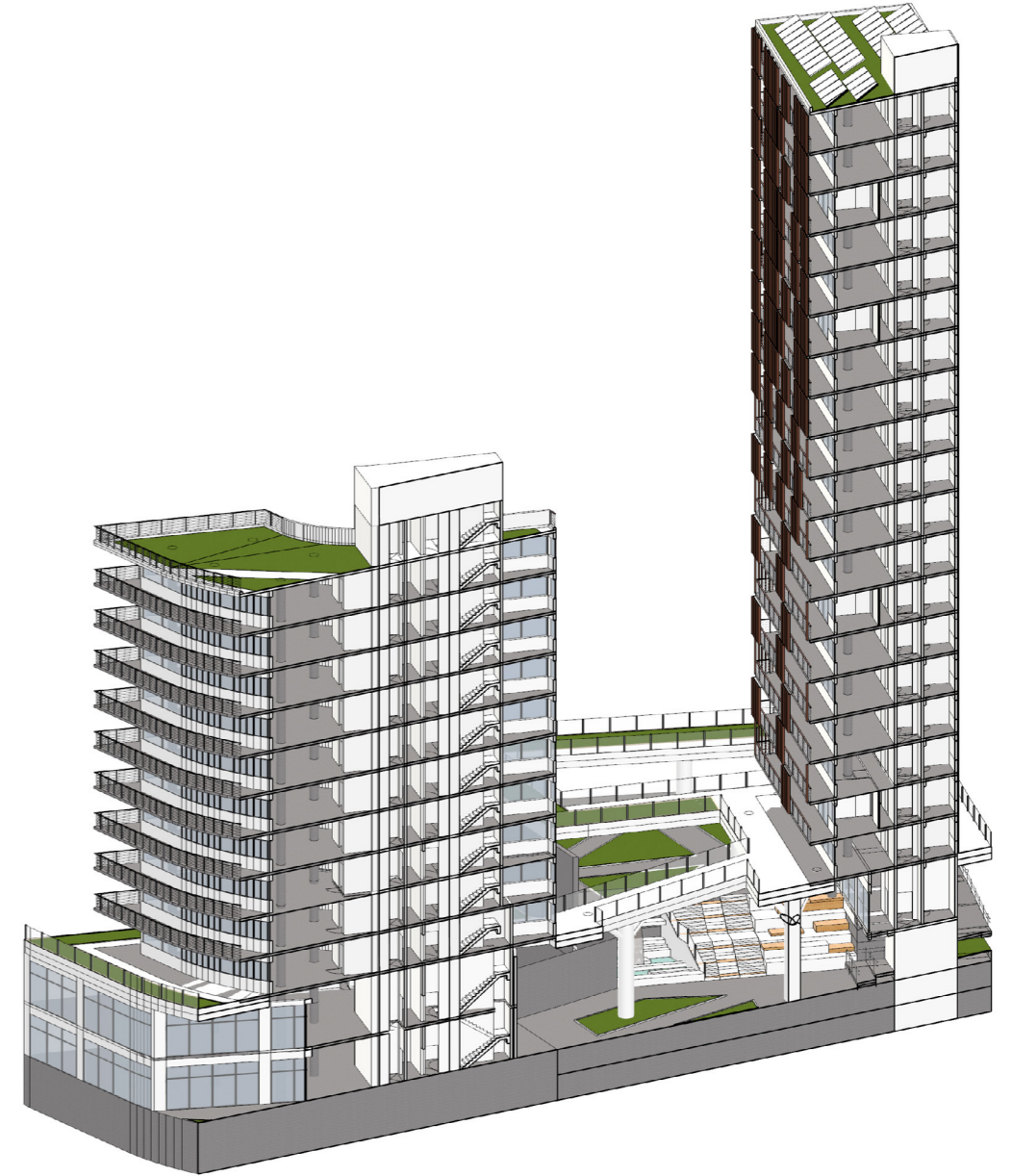


Figura 125: Corte em perspectiva do projeto.

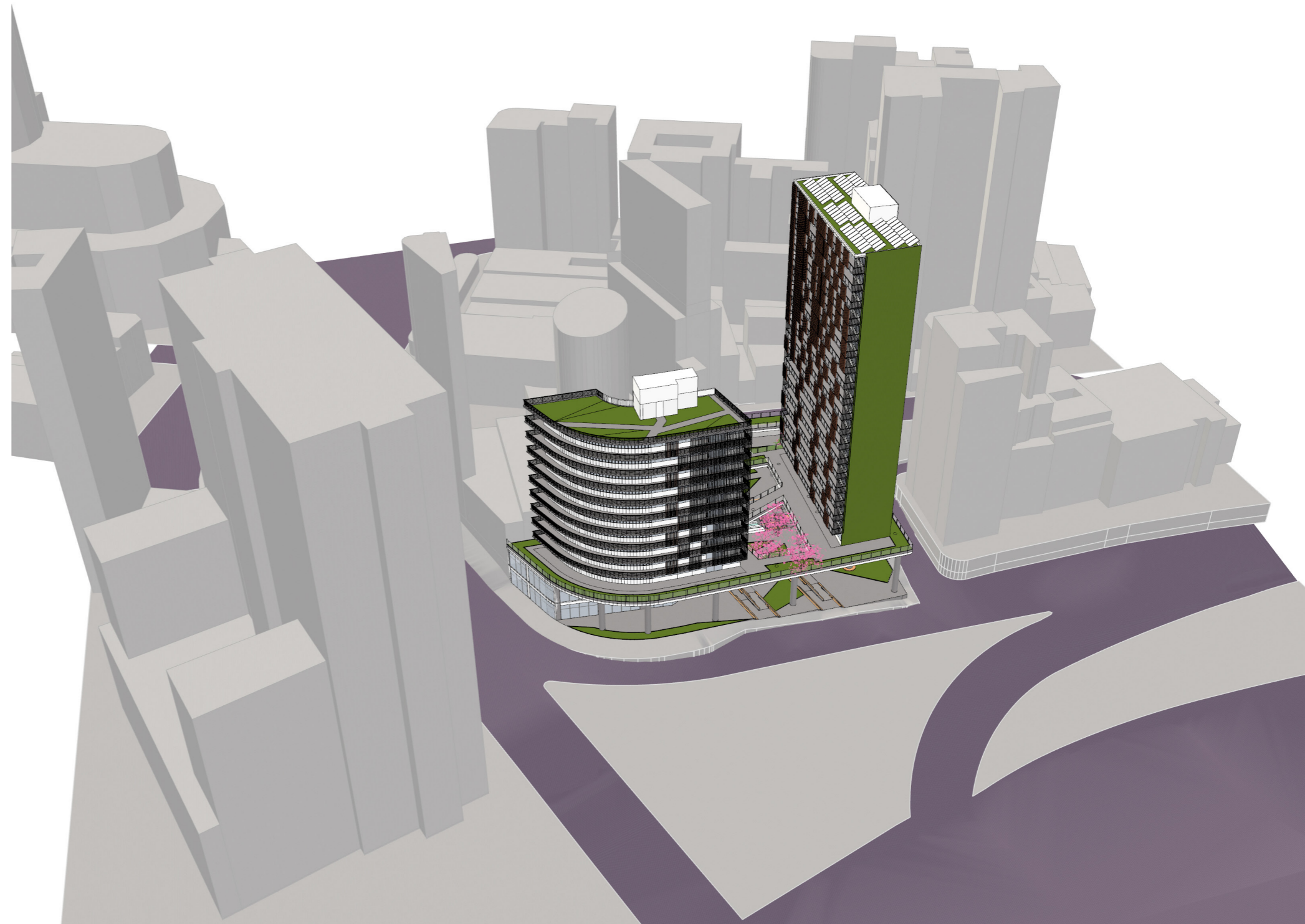


Figura 126: Perspectiva do projeto com entorno. ▶

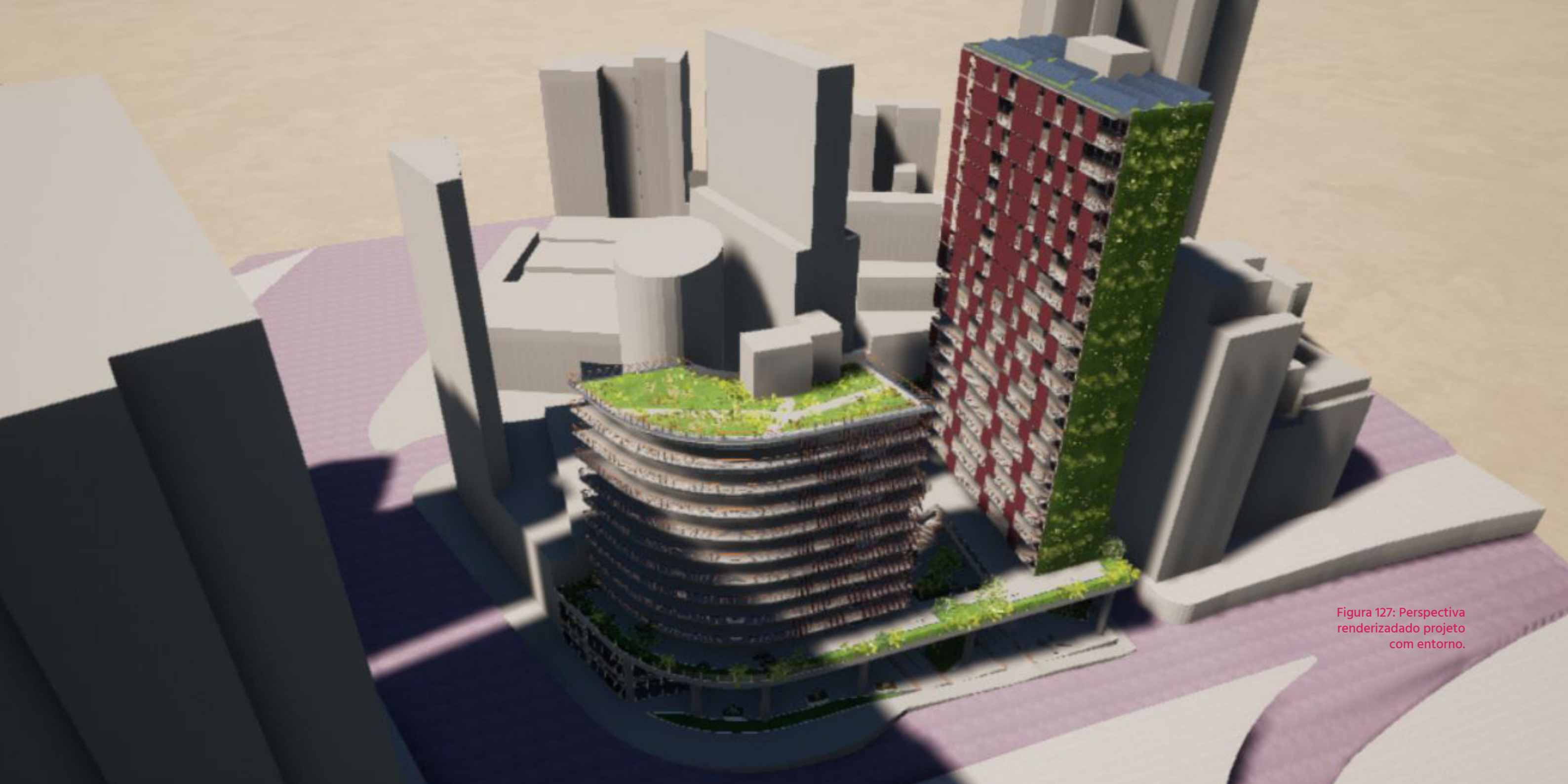
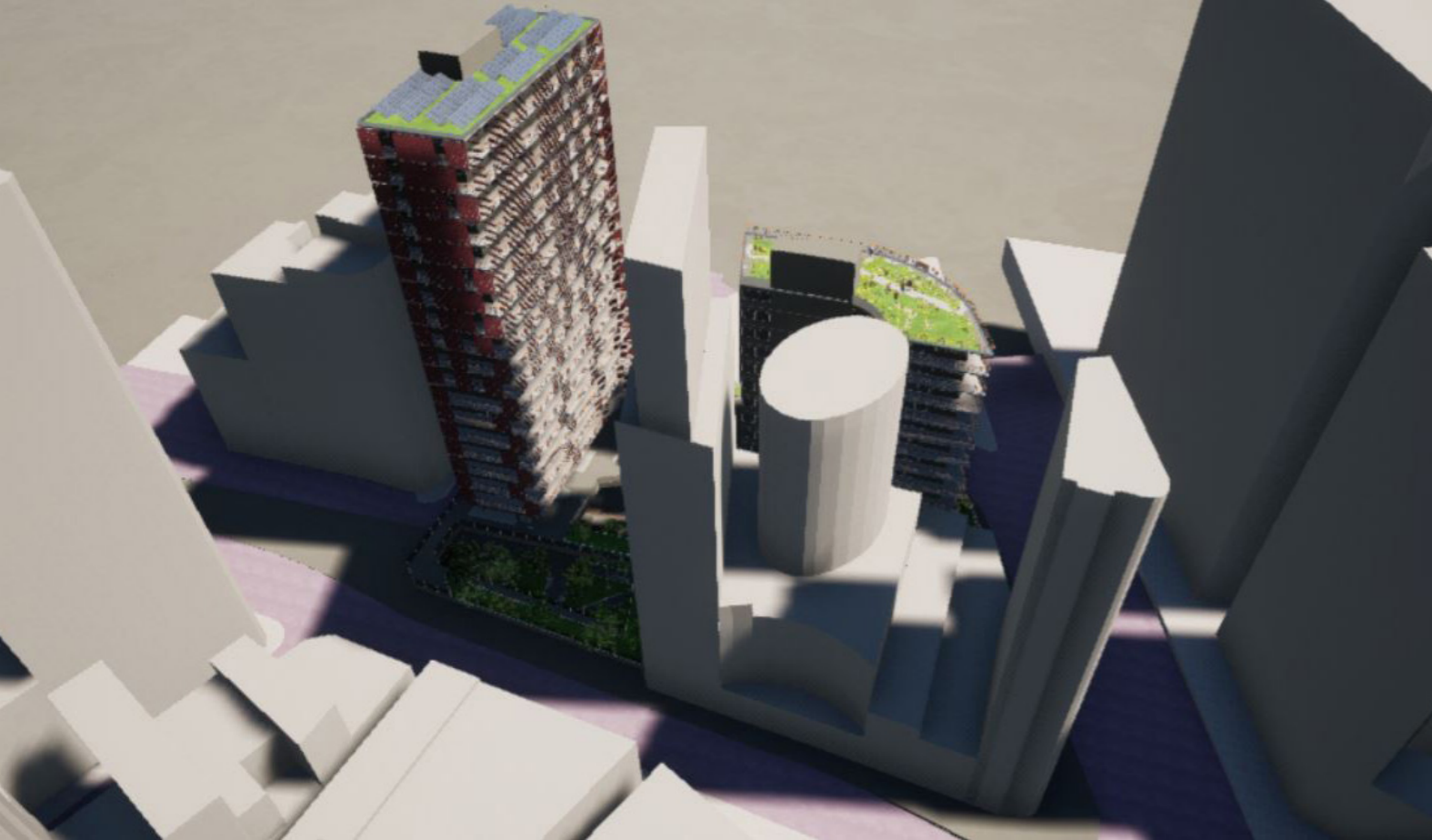


Figura 127: Perspectiva renderizado projeto com entorno.



◀ Figura 128: Perspectiva do projeto com entorno visto pelo lado leste.

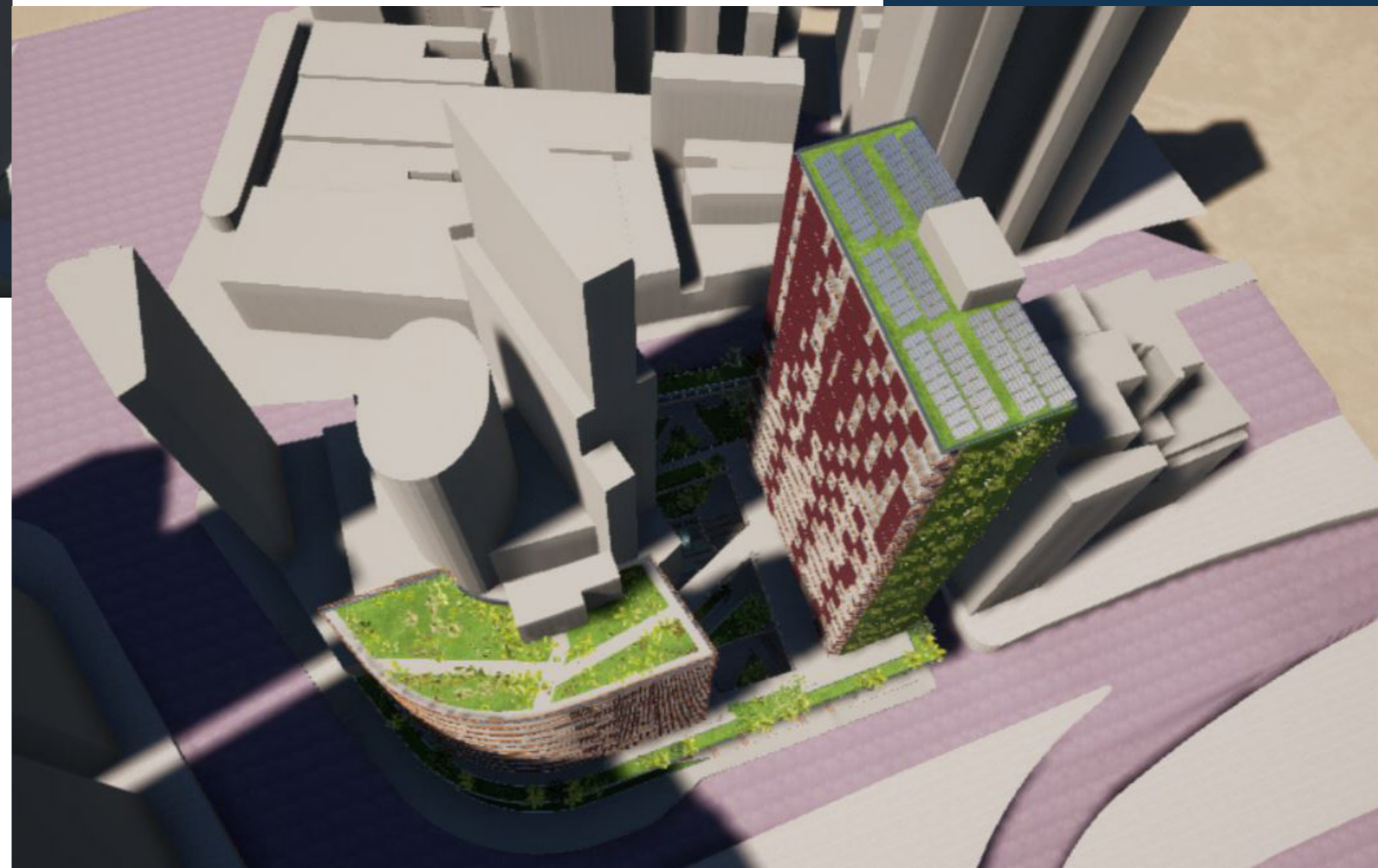


Figura 129: Perspectiva do projeto com entorno visto de cima. ▶



Figura 130: Perspectiva do projeto isolado visto pelo lado oeste.

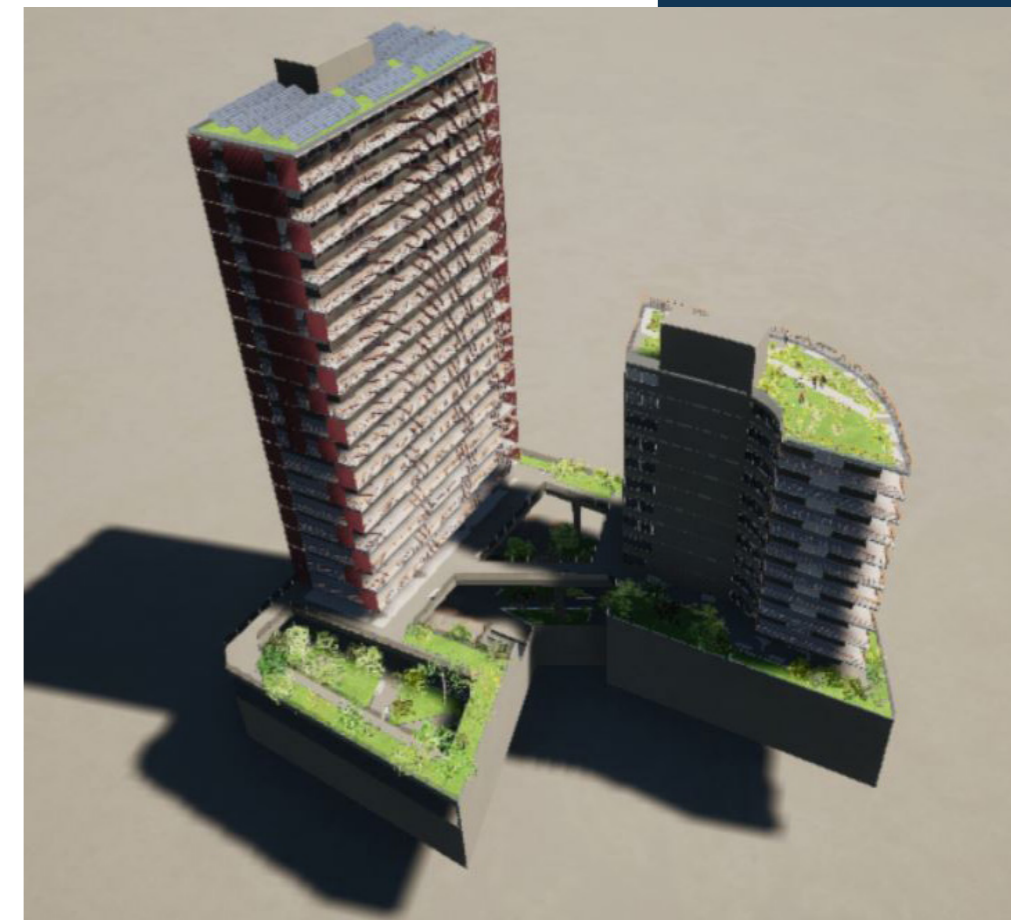


Figura 131: Perspectiva do projeto isolado visto pelo lado leste.



Figura 132: Cobertura da Torre 2 | Telhado Jardim.



Figura 134: Cobertura da Torre 1 | Painéis fotovoltaicos.

◀ Figura 133: Telhado Jardim | Acesso ao público como incentivo ao uso e manutenção.



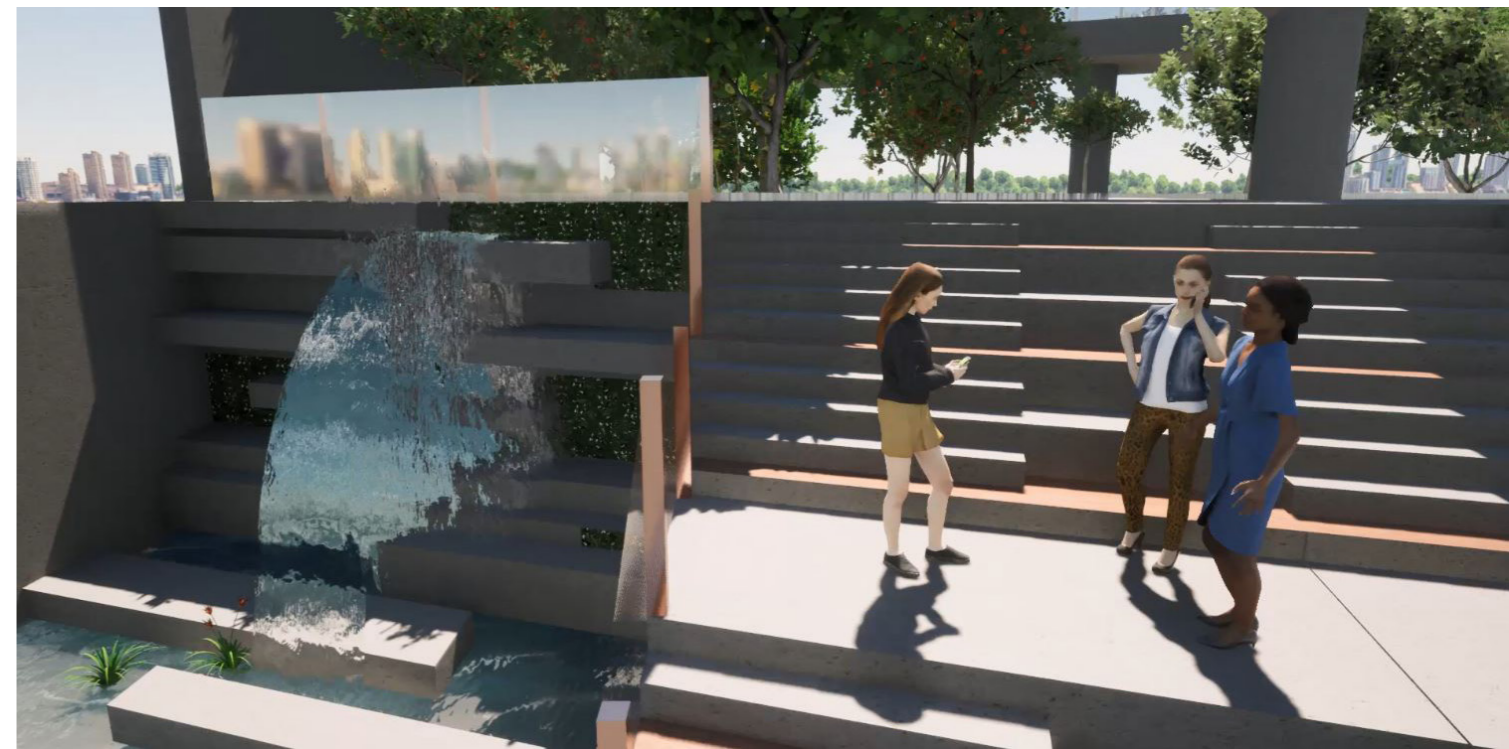
Figura 135: Escadaria da praça.



Figuras 136 e 137: Escadaria e cascata.



Figuras 138 e 139: Arquibancada e cascata.





Figuras 140 e 141: Lateral oeste da praça | Ponto de ônibus.



Figura 142: Térreo da torre 2.



Figura 143: Escada/Rampa em frente ao térreo da torre 2.





Figuras 144: Visão a partir da lateral leste da praça.

Figura 145: Canteiros da parte leste da praça.



Figura 146: Porção leste da praça.

Figura 147: Escada/Rampa.





Figura 148: Esquina sudoeste.



Figuras 149 e 150: Praça e mobiliário.



Figura 151: Esquina sudoeste | Rampa acessível.

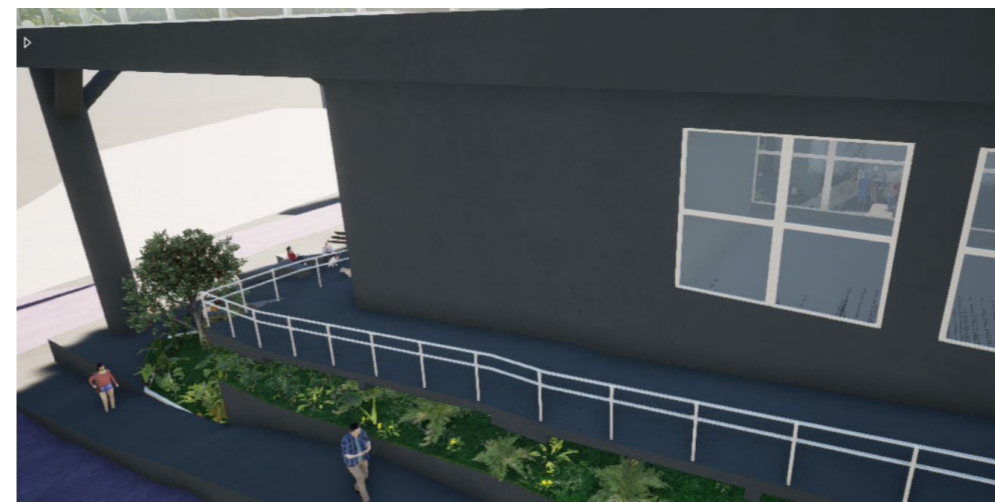
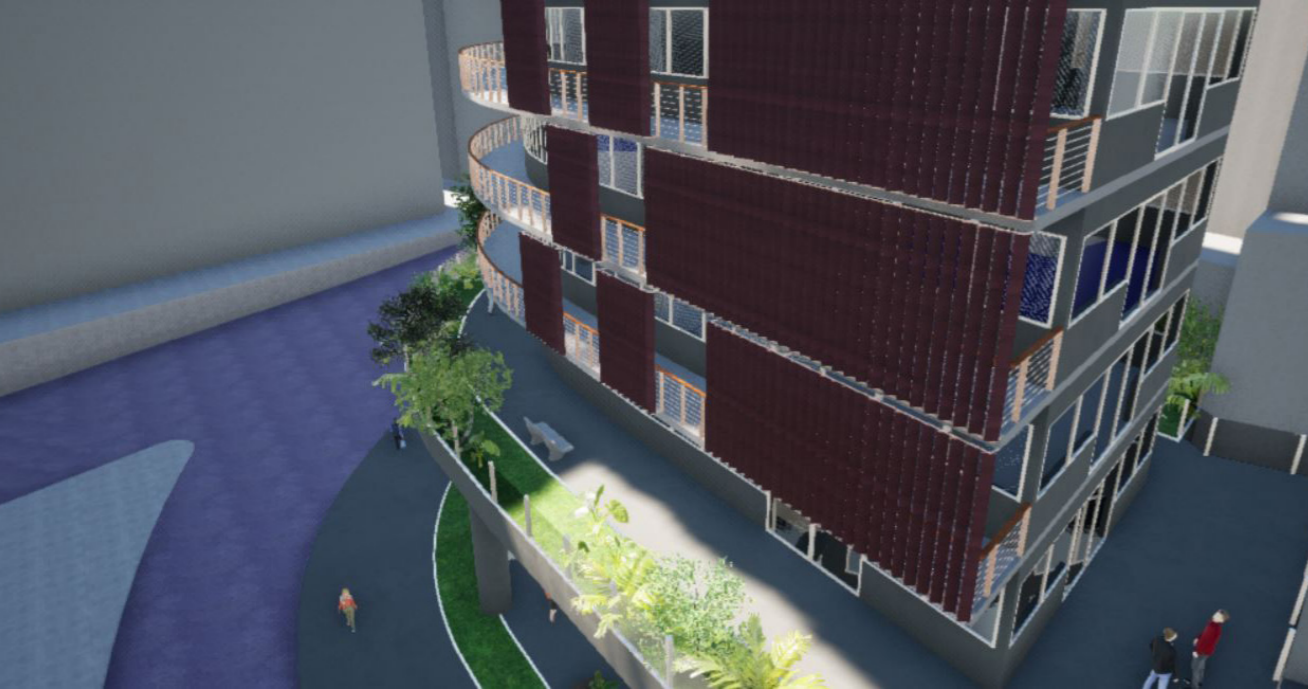


Figura 152: Rampa acessível.



Figura 153: Esquina sudeste.



▲
Figura 154: Torre 2.



▲
Figuras 156 e 157: Torre 1.
▼

Figura 155: Vista da parte de baixo da laje-jardim.
▼





Figura 158: Passarela de conexão na laje-jardim.



Figuras 159,
160, 161 e 162:
Ambiente
interno | Torre 1.





Figuras 163,
164, 165 e 166:
Ambiente
interno | Torre 2.

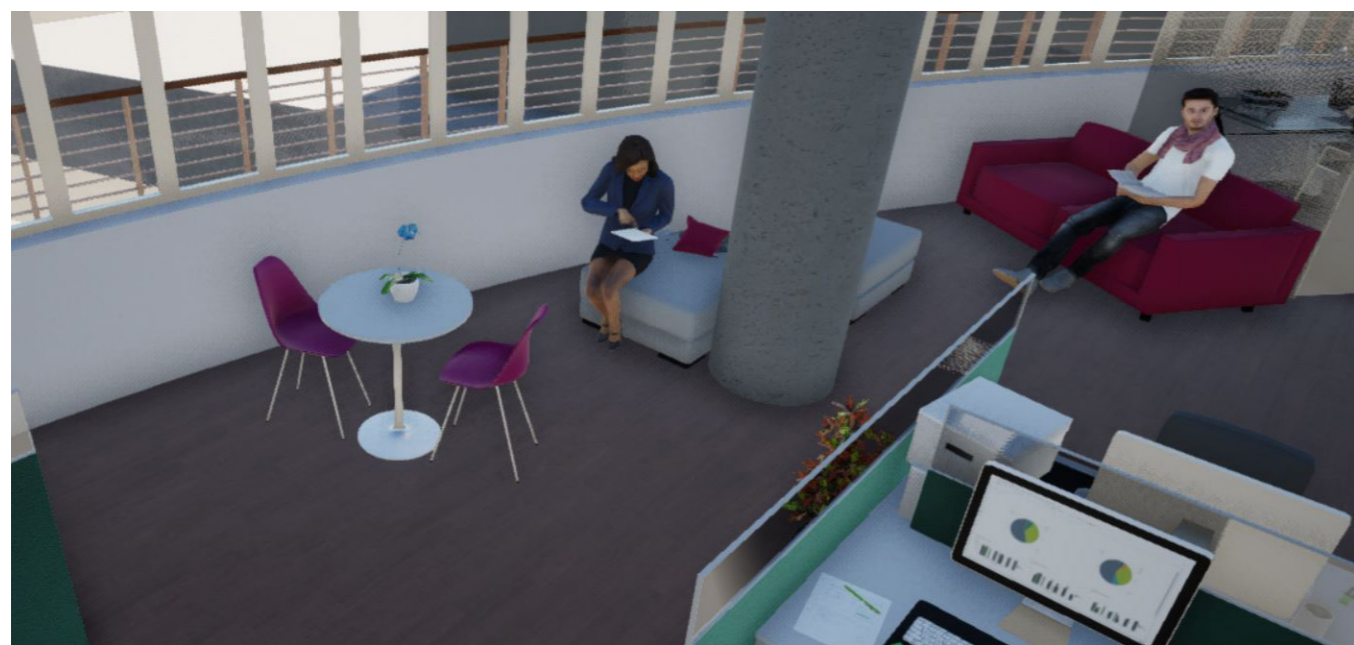




Figura 167: Ambiente interno | Torre 2.



Figura 168: Cascata e espelho d'água.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

“O ambiente afeta as pessoas de tal modo que não seria exagero dizer que a arquitetura é capaz de estragar ou melhorar a vida afetiva ou profissional de alguém”.

Alain de Botton

A arquitetura, sem dúvidas, impacta na saúde e qualidade de vida das pessoas. No caso do ambiente de trabalho, pode-se incluir ainda a influência na produtividade dos funcionários. Todas as etapas do presente trabalho foram um caminho em busca de uma arquitetura que possibilitasse a melhor dinâmica entre os espaços físicos, e uma harmonia entre o externo e o interno.

As atividades e necessidades no ambiente de trabalho hoje são várias, e para atendê-las é preciso um espaço flexível, aberto a possibilidades e, portanto, mais apto a acomodar diversas personalidades. Quando o indivíduo tem escolhas é mais provável que ele encontre o melhor local para desenvolver suas tarefas e se adapte.

As plantas abertas projetadas tanto para a Torre 1, quanto para a Torre 2, embora não sejam enormes, são suficientes para envolver variados espaços, como sala de reuniões, ambientes de descontração, locais de concentração e de trabalho

colaborativo. As estações de trabalho tradicionais também estão presentes, dada a necessidade de privacidade acústica apontada pelas pesquisas citadas no capítulo 2, e as divisórias presentes nelas são de meia altura e contêm material de absorção acústica, o que, além de permitir certa visibilidade, ajuda na qualidade acústica interna. Em relação ao conforto térmico, o projeto na fase de concepção contou com a ajuda das simulações, que comprovaram a eficácia da ventilação natural, principalmente nas plantas livres, com a ventilação cruzada. As plantas compartimentadas foram projetadas para a Torre 1, a fim de demonstrar a possibilidade desse tipo de uso também, e para elas as simulações e análises de desempenho comprovaram qualidade, tanto em relação à térmica, quanto à acústica.

Embora os resultados das análises tenham mostrado bom desempenho do projeto, é importante perceber que não há necessariamente um equilíbrio entre a térmica e a acústica. Como apontado no capítulo 2, é bem complicada a compatibilização desses dois pontos, uma vez que a abertura de janelas envolve inevitavelmente a entrada de ruído externo.

Entretanto, com o uso de algumas estratégias como o uso de brises acústicos, painéis de absorção sonora e uso de ventilação noturna, esse desejado equilíbrio pode ficar um pouco mais próximo.

“O projeto ideal não existe, a cada projeto existe a oportunidade de realizar uma aproximação.”

Paulo Mendes da Rocha

REFERÊNCIAS

ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas). *ABNT NBR 10151, Acústica – Medição e avaliação de níveis de pressão sonora em áreas habitadas – Aplicação de uso geral*. Rio de Janeiro: ABNT, 2019.

_____. *ABNT NBR 10152, Acústica – Níveis de pressão sonora em ambientes internos a edificações*. Rio de Janeiro: ABNT, 2017.

_____. *ABNT NBR 15215-1, Iluminação natural. Parte 1: Conceitos básicos e definições*. Rio de Janeiro: ABNT, 2005.

_____. *ABNT NBR 12179, Tratamento acústico em recintos fechados – Procedimento*. Rio de Janeiro, ABNT, 1992.

_____. *ABNT NBR 16313, Acústica – Terminologia*. Rio de Janeiro: ABNT, 2014.

AMERICAN SOCIETY OF HEATING, REFRIGERATING AND AIR CONDITIONING (ASHRAE). *Standard 55-2004, Thermal environmental conditions for human occupancy*. Atlanta: ASHRAE, 2004.

_____. *ASHRAE 55, Thermal environmental conditions for human occupancy*. Atlanta: ASHRAE, 2013.

ANDRADE, Cláudia Miranda Araújo de. *A história do ambiente de trabalho em edifícios de escritórios: um século de transformações*. São Paulo: C4, 2007.

ArchDaily Brasil. *Praça Pamplona / Kruchin Arquitetura*. ArchDaily Brasil, 2017 Disponível em: <https://www.archdaily.com.br/br/870602/praca-pamplona-kruchin-arquitetura> ISSN 0719-8906. Acesso em: Abr 2020.

ArchDaily Brasil. *Youse / Estudio Guto Requena*. ArchDaily Brasil, 2018. Disponível em: <https://www.archdaily.com.br/br/908109/youse-estudio-guto-requena> ISSN 0719-8906. Acesso em: Abr 2020.

AS/NZS - Australian/New Zealand Standard. *AS/NZS 2107: Acoustics – Recommended design sound levels and reverberation times for building interiors*. Sydney, 2016.

BANBURY, S. P.; BERRY, D. C. *Office noise and employee concentration: Identifying causes of disruption and potential improvements*. Ergonomics, vol. 48, pp. 25-37, 2005.

CENA, K; CLARK, J. A. *Bioengineering, thermal physiology and comfort*. Amsterdam: Elsevier, 1981.

CHAPPELLS, Heather; SHOVE, Elizabeth. *A review of philosophies and paradigms*. Lancaster: University of Lancaster, 2004.

CONGDON, C.; FLYNN, D.; REDMAN, M. *Balancing 'We' and 'Me': The Best Collaborative Spaces Also Support Solitude*. Harvard Business Review, pp. 50-57, 2014.

CORBELLA, Oscar; YANNAS, Simos. *Em busca de uma arquitetura sustentável para os trópicos*. 2ª ed. Rio de Janeiro: Revan, 2009.

COTTA, J. P. O. *The impact of window design in the environmental performance of work environments in São Paulo*. 2012. London: Dissertation (M.Sc.) - SED, Environmental and Energy Programme, A A School, 2012.

DANIELS, Klaus. *The Technology of Ecological Building: Basic Principles and Measures, Examples and Ideas*. Basel: Birkhäuser - Verlag für Architektur, 1997.

DELOACH, A. G.; CARTER, J. P.; BRAASCH, J. *Tuning the Cognitive Environment: Sound Masking with 'Natural' Sounds in Open-Plan Offices*. Journal of Acoustical Society of America, Vol. 137, pp. 2291, 2015.

FAULKNER, David; FISK, William J.; SEPPANEN, Olli. *Control of temperature for health and productivity in offices*. Berkeley: Lawrence Berkeley National Laboratory, 2004. Disponível em: <https://escholarship.org/uc/item/39s1m92c> Acesso em: Abril, 2020.

FIALHO, Roberto Novelli. *Edifícios de escritórios na cidade de São Paulo*. São Paulo: Tese de doutorado FAUUSP, 2007.

FREDRICKSON, Trent. *HDR | rice daubney curves wood walls through novartis australia HQ*. Designboom, 2014. Disponível em: <https://www.designboom.com/architecture/hdr-rice-daubney-novartis-australia-hq-08-29-2014/> Acesso em: Jun 2020.

GHOSN, Aparecida A. Bou. *Análise comparativa de layouts de espaços de trabalho em ambientes acadêmicos*. São Paulo: Dissertação de Mestrado FAUUSP, 2019.

GONÇALVES, Joana Carla Soares. *A sustentabilidade do edifício alto*. São Paulo: Tese de Doutorado FAUUSP, 2003.

GONÇALVES, Joana Carla Soares. *The environmental performance of tall buildings*. Londres: Earthscan, 2010.

GONÇALVES, Joana; BODE, Klaus (Orgs.). *Edifício Ambiental*. São Paulo: Oficina de Textos, 2015.

GONÇALVES, Joana; BODE, Klaus (Orgs.). *O novo ambiente de trabalho: diversidade ambiental e flexibilidade do espaço*. São Paulo: Pós-Revista do Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo da FAUUSP, v. 26, n. 49, p. e161676, 2019.

GROTTA, Danubia de Lima. *Materiais e técnicas contemporâneas para controle de ruído aéreo em edifícios de escritórios: Subsídios para especificações*. São Carlos:

Dissertação de Mestrado Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, 2009.

HARRISON, A.; WHEELER, P.; WHITEHEAD, C. *The distributed Workplaces*. New York: Spoon Press, 2004.

JENSEN, K. L.; ARENS, E.; ZAGREUS, L. *Acoustical Quality in Office Workstations, As Assessed By Occupant Surveys*. Beijing, China: Proc. Indoor Air Conf, pp. 2401-2405, 2005.

KERSHAW, T. J.; LASH, D. *Investigating the productivity of office workers to quantify the effectiveness of climate change adaptation measures*. Bath: Building and Environment, 69. pp. 35-43., 2013.

KLEIN, Judy Graf. *The Office Book: Ideas and designs for contemporary work spaces*. Nova York: Facts On File, Inc., 1982.

LEAMAN, A.; BORDAS, B. *Productivity in Buildings: the "killer" variables*. Londres: E&F Spon, 2000.

LISOT, Aline; SOARES, Paulo F. *Ressoadores de Helmholtz em barreiras acústicas: avaliação do desempenho na atenuação do ruído de tráfego*. Coimbra: Acústica, 2008.

LOFTNESS, Vivian et al. *Re-valuing Buildings*. Michigan: Steelcase Inc., 1995.

LONG, Marshall. *Architectural Acoustics*. 2.ed. California: Elsevier, 2006.

MARCONDES, Mônica Pereira. *Soluções projetuais de fachadas para edifícios de escritórios com ventilação natural em São Paulo*. São Paulo: Tese de Doutorado FAUUSP, 2010.

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

MELLO, Alvaro. *Teletrabalho (Telework): O trabalho em qualquer lugar e a qualquer hora...* Rio de Janeiro: Quality Fd. ABRH-Nacional, 1999.

MENZIES, D.; BOURBEAU, J.; *Building-related illnesses*. The New England Journal of Medicine, Oct 1997, 337(21):1524-1531. DOI: 10.1056/nejm199711203372107

MONROY, Manuel Alvarez Gomez. *Edifício Banco Sul-americano – Proposta de requalificação ambiental para a torre de escritórios*. São Paulo: TFG FAUUSP, 2017.

NICOL, F.; HUMPHREYS, M.; ROAF, S. *Adaptive Thermal Comfort: Principles and Practice*. London: Routledge, 2012.

OLIVEIRA, Vitória. *Nova sede da 99 - jovem e criativa*. Galeria da Arquitetura, 2017. Disponível em: https://www.galeriadaarquitetura.com.br/projeto/athie-wohnrath_/nova-sede-da-99/5038. Acesso em: Jun 2020.

RHEINGANTZ, Paulo Afonso. *“Marketing Inteligente, Edifícios Espertos, Arquitetura...”*. Rio de Janeiro: Revista Arquitetura, nº 80, pp. 6-15, 1997.

ROELOFSEN, Paul. *The Design of the Workplace as a Strategy for Productivity Enhancement*. Napoli: Clima 2000/Napoli 2001 7th REHVA World Congress, 2001.

ROMÉRO, Marcelo de Andrade. *Arquitetura, Comportamento e Energia*. São Paulo: Tese de Livre-Docência apresentada à FAU-USP, 1997.

RUOCCO, P. P.; SILVA, P. W. S.; MICHALSKI, R. L. X. N. *Telhados e fachadas verdes são elementos de absorção acústica?* In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 17., 2018, Foz do Iguaçu. Anais... Porto Alegre: ANTAC, 2018.

SANTOS, Mayra Simone dos. *Arquitetura pela torre: Avenida Paulista 1960-80 e Marginal do Rio Pinheiros 1980-90*. São Paulo: Dissertação de Mestrado FAUUSP, 2012.

SARRA, Sheila Regina. *Desempenho de edifícios comerciais representativos da arquitetura modernista em São Paulo: Avaliação do Edifício Itália com enfoque em*

ergonomia. São Paulo: Dissertação de Mestrado FAUUSP, 2018.

SEPPÄNEN, Olli; FISK, William J.; LEI, Q. H. *Effect of Temperature on Task Performance in Office Environment*, 2006.

SOUZA, Beatriz Nascimento e. *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*. São Paulo: Programa institucional de bolsas de iniciação científica - FAPESP, 2019.

SOUZA, Eduardo. *O que levar em conta para melhorar o conforto acústico?* 2019. ArchDaily Brasil. Acesso em 10 Mar 2020. Disponível em: <https://www.archdaily.com.br/br/923739/o-que-levar-em-conta-para-melhorar-o-conforto-acustico> ISSN 0719-8906.

SOUZA, Léa Cristina Lucas de; ALMEIDA, Manuela Guedes de Almeida; BRAGANÇA, Luís. *Bê-á-bá da acústica arquitetônica: ouvindo a arquitetura*. 4ª.ed. São Carlos: EdUFSCar, 2012.

SZOKOLAY, Steven V. *Introdução à ciência arquitetônica: a base do projeto sustentável*. São Paulo: Editora Perspectiva, 2019.

T & R INTERIOR SYSTEMS LTD. *Acoustic Solutions, Office Acoustics*. Ebook T & R Interior Systems Ltd., 2015.

TETLOW, Karin. *The New Office*. New York: PBC International Inc., 1996.

UMAKOSHI, Erica Mitie. *Uma visão crítica do edifício alto sob a ótica da sustentabilidade*. São Paulo: Dissertação de Mestrado FAUUSP, 2008.

UMAKOSHI, Erica Mitie. *Avaliação de desempenho ambiental e arquitetura paramétrica generativa para o projeto do edifício alto*. São Paulo: Tese de Doutorado FAUUSP, 2014.

VAN MEEL, J; MATERNS, Y; VAN REE, H. *Como planejar os espaços de escritórios: guia prático para gestores e designers*. São Paulo: Gustavo Gili Editora, 2013.

WALSH, Niall. *C.F. Møller Architects, Kristin Jarmund Architects e Rodeo Architects propõem novo complexo urbano no centro de Oslo*. ArchDaily Brasil. (Trad. Baratto, Romullo), 2018. Acesso em: Mar 2020. Disponível em: <https://www.archdaily.com.br/br/894923/cf-moller-architects-kristin-jarmund-architects-e-rodeo-architects-propoem-novo-complexo-urbano-no-centro-de-oslo> ISSN 0719-8906

WYON, David P.; WARGOCKI, Pawel. *Effects of indoor environment on performance*. Atlanta: ASHRAE Journal March 2013, pp. 46-50, 2013.

YANNAS, S. *Reconceiving the built environments of the Gulf Region: Challenging the supremacy of air conditioning*. 2^a Architecture and Art, Dubai: Golf Research Project in Sustainable Design, n. 7, p. 20-43, 2008.

http://www.acoustics.com/project_design.asp. Acesso em: Jun 2020.

