

# PROJETOS ARQUITETÔNICOS SUSTENTÁVEIS

## Estratégias para integrar os objetivos de desenvolvimento sustentável no ciclo de vida dos edifícios

*SUSTAINABLE ARCHITECTURAL PROJECTS  
Estrategies to integrate sustainable development goal  
into the building life cycle*

**Ana Elisa Souto<sup>1</sup>,  
Jenifer Franciele da Silva Padilha<sup>2</sup> e Ana Livia Dib<sup>3</sup>**

### Resumo

Este estudo explora a integração dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) da Agenda 2030, especialmente os ODS 4, 7, 11 e 13, no ensino de arquitetura e urbanismo, enfatizando a formação de profissionais comprometidos com sustentabilidade e eficiência energética. O trabalho justifica-se pela necessidade de capacitar arquitetos para enfrentar desafios urbanos, promovendo o uso racional de energia, conforto térmico e redução do consumo energético. O objetivo é mostrar como o ensino de arquitetura pode integrar princípios sustentáveis em projetos complexos, utilizando ferramentas digitais como o Revit na plataforma BIM para análises ambientais e simulações de desempenho térmico. A metodologia analisa o Projeto VII da UFSM, focado em um edifício corporativo em Porto Alegre (zona bioclimática 3). As considerações finais destacam a importância da universidade em promover um futuro urbano sustentável, alinhando práticas projetuais aos ODS e ao contexto climático e tecnológico.

Palavras-chave: projetos arquitetônicos sustentáveis, Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), ensino de arquitetura, sustentabilidade e eficiência energética, BIM.

### Abstract

*This study explores the integration of the Sustainable Development Goals (SDGs) of the 2030 Agenda, particularly SDGs 4, 7, 11, and 13, within architecture and urbanism education, focusing on preparing professionals committed to sustainability and energy efficiency. It highlights the need to equip architects to address urban challenges, promoting energy efficiency, thermal comfort, and reduced consumption. The aim is to demonstrate how architectural education can incorporate sustainable principles into complex projects by using digital tools like Revit on the BIM platform for environmental analysis and thermal performance simulations. The methodology analyzes Project VII from UFSM, focusing on a corporate building located in Porto Alegre, in bioclimatic*

1 Doutora em Arquitetura pelo Programa de Pós-Graduação em Arquitetura (UFRGS-PROPAR/2010). Professora efetiva do Curso de Arquitetura e Urbanismo da UFSM/CS. Docente Permanente do Programa de Pós-Graduação em Arquitetura, Urbanismo e Paisagismo (PPGAUP/UFSM), UFSM, Brasil. ana.souto@ufsm.br

2 Acadêmica do Curso de Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal de Santa Maria, campus Cachoeira do Sul (UFSM/CS). Integrante do Grupo de pesquisa. Investigação sobre o Processo de projeto performativo, as edificações bioclimáticas e energeticamente eficientes. jenifeersilva13@gmail.com

3 Acadêmica do Curso de Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal de Santa Maria, campus Cachoeira do Sul (UFSM/CS). Integrante do grupo de pesquisa: Investigação sobre o Processo de projeto performativo, as edificações bioclimáticas e energeticamente eficientes. liviafdib9@gmail.com

*zone 3. The conclusions emphasize the university's role in fostering a sustainable urban future by integrating project practices aligned with the SDGs, as well as climatic and technological contexts.*

*Keywords: Sustainable architectural projects, Sustainable Development Goals (SDGs), Architecture Education, Sustainability and Energy Efficiency, BIM.*

### Introdução

A Agenda 2030, proposta pela ONU em 2015, estabelece um plano de ação voltado para as pessoas, o planeta e a prosperidade, com o objetivo de construir um futuro mais sustentável e resiliente até 2030. Os 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) e suas 169 metas, apresentados em 2014 e implementados em 2016, representam o eixo central dessa iniciativa. Esses objetivos e metas delineiam diretrizes a serem seguidas para viabilizar o cumprimento dos compromissos estabelecidos na Agenda 2030.

A Agenda 2030, proposta pela ONU, estabelece um plano de ação global voltado para a sustentabilidade, com os 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) como eixo central. Esses objetivos visam enfrentar desafios urgentes, como a pobreza, a desigualdade, as mudanças climáticas e a degradação ambiental, buscando um equilíbrio entre o desenvolvimento econômico, o bem-estar social e a preservação do planeta. No contexto global, o setor da construção civil desempenha um papel crucial, sendo responsável por cerca de 40% do consumo mundial de energia e por aproximadamente um terço das emissões de gases de efeito estufa. Além disso, a construção e operação de edifícios consomem grandes quantidades de recursos naturais, como água e materiais, e geram resíduos significativos. Portanto, a integração dos ODS no ensino e na prática da arquitetura e urbanismo não apenas contribui para a formação de profissionais mais conscientes e capacitados, mas também representa uma oportunidade estratégica para reduzir o impacto ambiental do setor, promover a eficiência energética e fomentar a criação de cidades mais sustentáveis e resilientes. Essa abordagem é essencial para alcançar as metas da Agenda 2030 e garantir um futuro mais equilibrado para as próximas gerações.

Com menos de sete anos para o cumprimento do prazo estabelecido pela Agenda 2030, torna-se fundamental que os agentes transformadores da sociedade priorizem a implementação de medidas eficazes para alcançar seus objetivos. No campo do ensino de arquitetura e urbanismo, observa-se um esforço contínuo do meio acadêmico para integrar os princípios dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) à formação profissional, considerando o impacto significativo que arquitetos e urbanistas exercem sobre o desenvolvimento das cidades. Essa influência se manifesta em múltiplas escalas, desde a concepção de grandes projetos urbanísticos e a mitigação dos efeitos microclimáticos até a adoção de estratégias que promovam a eficiência energética e a redução do consumo de recursos naturais nas edificações. Dessa forma, a academia desempenha um papel essencial na capacitação de profissionais aptos a enfrentar os desafios ambientais e urbanos contemporâneos, contribuindo para a construção de espaços mais sustentáveis, resilientes e socialmente inclusivos.

Dentre os objetivos da Agenda 2030, o ODS 4, Educação de qualidade, visa garantir um ensino inclusivo, equitativo e de excelência, promovendo oportunidades de aprendizado ao longo da vida para todos. No contexto universitário, esse objetivo se relaciona diretamente com os cursos de arquitetura e urbanismo, uma vez que a arquitetura desempenha um papel essencial na criação de espaços acessíveis, seguros e socialmente integrados. Ao incorporar os princípios do ODS 4, o ensino de arquitetura não apenas capacita profissionais tecnicamente competentes, mas

também os sensibiliza para suas responsabilidades sociais e ambientais. Dessa forma, os arquitetos tornam-se aptos a enfrentar desafios urbanos e ambientais, adotando soluções inovadoras e sustentáveis. Para isso, universidades que promovem esse objetivo incentivam a atualização constante dos estudantes, incorporando ferramentas como *Building Information Modeling (BIM)* e tecnologias de análise de eficiência energética. O uso dessas metodologias contribui para a formação de profissionais preparados para atuar em um cenário dinâmico e em constante transformação, alinhando inovação tecnológica à responsabilidade socioambiental.

Além disso, o ensino de arquitetura voltado para o ODS 4 reforça a necessidade de projetar em benefício do coletivo. Nesse sentido, as universidades assumem um papel central como espaços de reflexão e ação, fomentando a criação de cidades mais inclusivas e sustentáveis. Assim, o ODS 4 não apenas fortalece a função social da formação acadêmica, mas também destaca sua relevância na construção de uma sociedade mais justa e ambientalmente responsável.

O ODS 7, Energia Acessível e Limpa, tem como objetivo garantir o acesso universal a fontes de energia acessíveis, seguras e sustentáveis. Esse propósito é especialmente relevante no contexto da arquitetura e do planejamento urbano, uma vez que a forma como os edifícios são projetados e operados impacta diretamente a eficiência energética e a utilização de fontes renováveis. O setor da construção civil está entre os maiores consumidores de energia no mundo. Dessa forma, a incorporação dos princípios do ODS 7 em projetos arquitetônicos e de engenharia é fundamental para a criação de edificações sustentáveis e eficientes. Essa abordagem contribui para a redução das emissões de gases de efeito estufa e para a mitigação das mudanças climáticas. Além disso, as universidades desempenham um papel essencial ao facilitar o acesso à pesquisa, ao desenvolvimento de tecnologias de energia limpa e à infraestrutura necessária, especialmente em países em desenvolvimento, promovendo avanços na transição para um modelo energético mais sustentável.

O ODS 11, Cidades e Comunidades Sustentáveis, busca promover a inclusão, a resiliência e a sustentabilidade no desenvolvimento urbano. Já o ODS 13, Ação contra a Mudança Global do Clima, enfatiza a necessidade urgente de adotar medidas para enfrentar as mudanças climáticas e mitigar seus impactos. Ambos os objetivos são fundamentais tanto para os profissionais de arquitetura e urbanismo quanto para o meio acadêmico, que desempenha um papel essencial na formação de especialistas comprometidos com a construção de espaços urbanos mais sustentáveis e resilientes.

A relação entre o conforto térmico dos habitantes e o Objetivo de Desenvolvimento Sustentável (ODS) 11, Cidades e Comunidades Sustentáveis, evidencia a importância de projetar edificações que promovam inclusão, resiliência e sustentabilidade no contexto urbano. Ao priorizar a eficiência energética e o desempenho térmico nas construções, busca-se reduzir o consumo de energia, fomentando uma arquitetura que respeita o meio ambiente e contribui para o bem-estar dos moradores. Essa abordagem também está alinhada ao ODS 13, Ação contra a Mudança Global do Clima, ao diminuir as emissões de gases de efeito estufa associadas ao consumo energético e ao otimizar o uso de recursos naturais. Soluções projetuais que incorporam formas arquitetônicas eficientes, ambientes climaticamente responsivos e o emprego de tecnologias sustentáveis são fundamentais para integrar os princípios de sustentabilidade e resiliência ao ambiente urbano (Silveira; Souto, 2024).

Segundo Silveira e Souto (2024), as metodologias de ensino e os processos de projeto devem alinhar-se às demandas da contemporaneidade. A necessidade por *softwares* que proporcionem resultados mais eficazes e precisos é uma realidade nesse contexto, uma vez que essas ferramentas são essenciais para compreender as particularidades

de cada localidade e as implicações das intervenções propostas, alinhando-se às expectativas de um profissional qualificado.

A convergência entre as metodologias de ensino e a incorporação de tecnologias digitais no processo de projeto torna-se, portanto, uma estratégia fundamental para atender tanto às exigências do mercado quanto às necessidades locais. O uso de *softwares* avançados além de possibilitar análises mais precisas e detalhadas dos projetos, também prepara os futuros profissionais para atuar em um cenário urbano e ambiental em constante transformação. Essa integração tecnológica representa um diferencial competitivo, além de atender aos requisitos de uma prática arquitetônica que prioriza a precisão técnica e a responsabilidade socioambiental.

De acordo com Oxman (2006), o projeto digital se refere às práticas de *design* apoiadas em novas tecnologias, que introduzem especificidades em suas metodologias, formas de interação projetual e conteúdo formal. Para Souto (2023), o arquiteto contemporâneo assume o papel de articulador de informações e processos, o que demanda novas bases epistemológicas, a superação de paradigmas tradicionais de projeto e a adoção de métodos de ensino inovadores.

Leone e Florio (2021), destacam que a relação histórica entre a arquitetura e seus meios de produção está sendo transformada pelos processos controlados digitalmente, tanto no desenvolvimento de projetos quanto na execução de construções. Martino (2015), ressalta que uma questão fundamental no desenvolvimento de projetos contemporâneos tem sido o desempenho das edificações.

Neste sentido, o termo desempenho costuma ser associado a eficiência a ser alcançada em determinado aspecto. O interesse atual pelo desempenho do edifício como elemento central do projeto deve-se, principalmente, ao surgimento da sustentabilidade como uma questão relevante, intimamente ligada a aspectos socioeconômicos, tecnológicos e culturais (Kolarevic, 2003). Para Martino (2015), é fundamental destacar que o projeto baseado em desempenho não deve ser visto apenas como uma forma de resolver problemas práticos, mas também como uma maneira de conciliar, de forma criativa e eficiente, objetivos que geralmente são conflitantes.

O desempenho térmico de uma construção refere-se à maneira como ela gerencia a transferência de energia entre o ambiente em que está inserida e o seu entorno (Mendes, Fardin, et al., 2022). Em termos simples, o desempenho térmico está relacionado à capacidade da edificação de responder ao clima externo por meio das condições climáticas internas. Uma construção com bom desempenho térmico controla de maneira mais eficaz o conforto térmico em seu interior e contribui para a eficiência energética da edificação (Lamberts; Dutra; Pereira, 2014).

É amplamente reconhecido que as condições internas de uma edificação têm um impacto significativo na saúde, bem-estar e produtividade dos seus ocupantes. Desde 2001, estudos indicam que as pessoas passam cerca de 90% do seu tempo em ambientes internos (Klepeis; Nelson, et al., 2001). Garantir o conforto térmico dos usuários, aliado a um consumo de energia reduzido, não apenas promove a eficiência energética da edificação, mas também contribui para a sustentabilidade. A eficiência energética das construções, que envolve otimizações na forma do edifício, nas ambiências e na utilização de soluções econômicas e racionais, é um componente fundamental da abordagem sustentável na construção civil (Lamberts, Dutra e Pereira, 2014). Dessa forma, o desempenho térmico das edificações é um fator essencial para fomentar a sustentabilidade no setor da construção.

No âmbito acadêmico, as metodologias de ensino e os processos de projeto precisam acompanhar as demandas contemporâneas. A utilização de softwares que proporcionem resultados mais precisos e eficientes tornou-se uma necessidade, permitindo uma melhor compreensão das demandas locais e das implicações do que será construído. Assim, essas ferramentas ajudam a alinhar as expectativas do mercado com a formação dos futuros profissionais, reforçando o compromisso com os objetivos sustentáveis (Souto, 2023).

A influência do clima regional na avaliação do desempenho térmico não pode ser subestimada (Mengjie, Fuxin, et al., 2018; Hou, Liu, et al., 2017). Em um país de dimensões continentais, como o Brasil, existem diversas zonas bioclimáticas, cada uma com suas particularidades. O clima é um dos principais fatores que afetam a avaliação do desempenho térmico das edificações, podendo inviabilizar certas estratégias projetuais (ABNT, 2021).

Na disciplina de Projeto VII do curso de Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal de Santa Maria, campus Cachoeira do Sul, desenvolve-se o projeto de um edifício corporativo localizado na cidade de Porto Alegre, Rio Grande do Sul. Ao conciliar a complexidade climática de uma zona subtropical úmida (ZB3) com os desafios inerentes a um edifício em altura, as questões ambientais tornam-se aspectos centrais no desenvolvimento deste exercício projetual (Silveira; Souto, 2024).

Nas últimas décadas, com o avanço da tecnologia computacional, surgiram ferramentas de simulação de desempenho ambiental, introduzindo novos paradigmas no processo de projeto. Essas ferramentas externalizam aspectos perceptivos não visuais ao projetista, auxiliando no cumprimento de premissas arquitetônicas, como o conforto dos usuários (Santana et al., 2019).

Para o desenvolvimento deste projeto, considerando sua complexidade em termos de resoluções técnicas e do programa de necessidades, entende-se que a ferramenta a ser utilizada deve oferecer não apenas material gráfico, mas também informações que subsidiem a tomada de decisões e o andamento da proposta. Assim, na busca por um *software* que forneça visualizações rápidas, com alto potencial para experimentar as informações do modelo projetual e que seja acessível à universidade, optou-se por elaborar o projeto no Revit, da plataforma BIM. Além de oferecer uma licença anual gratuita para estudantes, essa ferramenta faz parte do currículo da universidade, possui alta acessibilidade no mercado de trabalho e apresenta grande aplicabilidade no campo da construção civil. Em consonância com a promoção de um futuro mais sustentável, a universidade desempenha um papel crucial no ensino de arquitetura e urbanismo. Isso possibilita a aplicação de metodologias que tornam o processo de projeto não apenas eficaz, mas também sustentável, abrangendo desde a sala de aula até a concepção do projeto concluído (Silveira; Souto, 2024).

## Metodologia

A disciplina de Projeto VII tem como objetivo o desenvolvimento de um edifício em altura destinado a usos comerciais e de serviços, integrando um projeto de pesquisa em andamento sobre projetos performativos no Curso de Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal de Santa Maria, campus Cachoeira do Sul. O foco principal é associar o uso de ferramentas computacionais, como o *Building Information Modeling* (BIM), ao ensino de projetos performativos, analisando seus impactos no desenvolvimento de edificações de alto desempenho desde as fases iniciais de concepção. A metodologia adotada inclui a avaliação dos impactos no entorno e na edificação, utilizando softwares de modelagem BIM, como o Revit e o *plugin Insight*,

para simulações de desempenho energético e térmico (Souto; Pinzon, 2024).

A disciplina é estruturada em quatro entregas avaliativas, organizadas sequencialmente para aprofundar os conhecimentos técnicos e conceituais do partido arquitetônico. As etapas incluem: (1) análise de edifícios de referência, (2) estudo de viabilidade construtiva, (3) lançamento do partido arquitetônico e (4) elaboração do anteprojeto. Todas as fases são orientadas pela Norma de Desempenho ABNT NBR 15575 e pelas diretrizes específicas para a zona bioclimática 3, garantindo que o projeto resulte em uma edificação ambientalmente responsável.

### 1. Análise de Edifícios de Referência

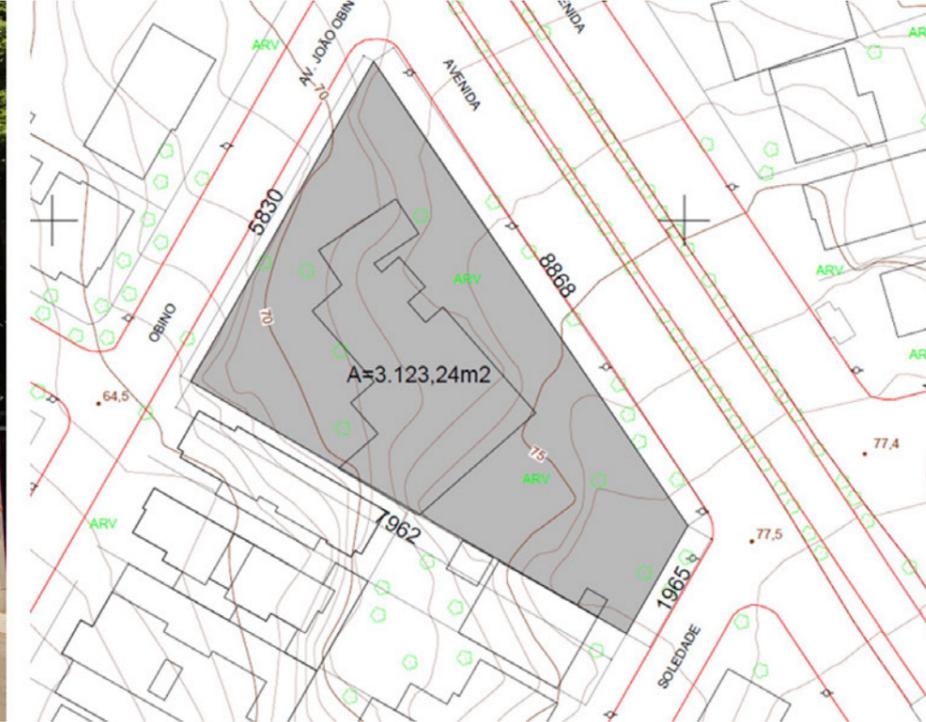
A primeira entrega consiste na análise de edifícios de referência, com o objetivo de compreender como outras obras abordam questões relevantes para projetos de edificações em altura, especialmente no que diz respeito à sustentabilidade, eficiência energética e implantação no lote. Os alunos analisam a relação do edifício com o entorno, soluções de fachadas, proteções solares, acessos e sistemas de circulação vertical. Essa etapa fornece embasamento conceitual e técnico para as fases subsequentes, permitindo a identificação de boas práticas que servirão como inspiração para o partido arquitetônico.

### 2. Estudo de Viabilidade Construtiva

Na segunda etapa, inicia-se o processo de projeto com a Análise de Viabilidade Construtiva, que avalia as possibilidades de implantação do edifício no lote escolhido. A viabilidade é realizada em conformidade com dispositivos legais, como o Plano Diretor de Porto Alegre, considerando fatores como recuos mínimos, índice de aproveitamento (IA), taxa de ocupação (TO) e altura máxima permitida. Além disso, são analisados aspectos relacionados à topografia, circulação horizontal e vertical, iluminação e ventilação natural. Ferramentas de simulação de desempenho energético, como o *plugin Insight* do Revit e o *Solar Analysis*, são utilizadas para prever o desempenho do edifício com base nas características do local de implantação. O resultado dessa etapa permite uma predefinição do partido arquitetônico, estabelecendo os volumes principais e a relação do edifício com o lote e seu entorno.

Evins (2013) destaca que os aspectos geométricos das edificações apresentam uma complexidade significativa no projeto, uma vez que influenciam diretamente a funcionalidade, a estrutura, a estética e o conforto ambiental. Essa complexidade, no entanto, é frequentemente negligenciada nas etapas iniciais de concepção geométrico-espacial, reflexo de paradigmas de projeto consolidados ao longo de séculos que ainda se orientam pelo processo criativo. Em contrapartida, o estudo de materiais de construção é mais objetivo, pois suas características físicas, como a capacidade térmica e a transmitância, permitem análises precisas de desempenho térmico. Apesar disso, persiste uma lacuna na interação entre os aspectos geométrico-espaciais e o conforto ambiental, evidenciando a necessidade de metodologias que incorporem esses elementos desde as fases iniciais do projeto. Essa abordagem promove uma arquitetura mais funcional e sustentável, alinhada às demandas contemporâneas.

Conforme Souto e Pinzon (2024), o papel do projetista torna-se essencial diante das variáveis climáticas e espaciais, visando garantir escolhas coerentes e assertivas, alinhadas à realidade local. Por meio da identificação e organização das informações obtidas no levantamento inicial, bem como da definição dos objetivos a serem alcançados e priorizados, estabelecem-se os critérios para as decisões básicas do projeto. Segundo Souto:



O avanço do projeto configura-se como um processo sucessivo e combinado, que se adapta a cada situação específica, utilizando-se simulações para alcançar propostas fundamentadas no local de implantação. No entanto, essas propostas permanecem dependentes da interpretação do autor do projeto, uma condição determinante e inerente à identidade projetual (Souto,2023,p.52).

A diferença entre esta etapa e o partido arquitetônico em si reside na ausência de definição de materiais ou elementos de proteção solar, concentrando-se, em vez disso, na viabilidade volumétrica e na organização das informações preliminares relacionadas à implantação e aos condicionantes físicos.

### 3. Lançamento do Partido Arquitetônico

A terceira etapa foca no Lançamento do Partido Arquitetônico, fase em que o projeto assume uma forma mais concreta, com a definição da materialidade e dos elementos opacos e transparentes. Os alunos especificam revestimentos de fachada, planos opacos e transparentes, além de fenestrações. Também são definidas as circulações internas, o zoneamento dos espaços e a organização geral dos pavimentos. A plataforma ProjeTEEE é utilizada para integrar soluções de eficiência energética, como elementos bioclimáticos, visando reduzir a demanda energética e garantir o conforto dos usuários. A calculadora de transmitância térmica da plataforma é empregada para adequar os componentes do projeto às necessidades verificadas.

### 4. Elaboração do Anteprojeto

O Anteprojeto representa a etapa final de síntese, consolidando todas as decisões tomadas nas fases anteriores, com ênfase em ajustes relacionados ao desempenho e à eficiência energética. O projeto é submetido a uma análise abrangente, que inclui avaliações de conforto térmico, iluminação, acústica, acessibilidade e segurança. As especificações do anteprojeto são elaboradas com rigor, garantindo a validação dos estudos energéticos por meio do uso do *plugin Insight*. Normas brasileiras, como a NBR 15575 (2013), a Legislação Estadual de Incêndio e o Código de Edificações, são rigorosamente consultadas para assegurar o desempenho do projeto e sua viabilidade construtiva.

## Considerações sobre o Uso do BIM e Ferramentas Complementares

O uso do BIM, exemplificado pela aplicação do Revit e do *plugin Insight*, oferece vantagens significativas, como a integração de dados multidimensionais e a realização de simulações precisas para otimizar o desempenho energético das edificações. No entanto, é importante reconhecer as limitações do BIM, como a necessidade de capacitação técnica e a dependência de softwares específicos, que podem restringir a criatividade no processo de projeto. Para superar essas limitações, o BIM pode ser integrado a outras ferramentas de simulação energética, como o *EnergyPlus* e o *DesignBuilder*, que permitem análises mais detalhadas do comportamento térmico e energético dos edifícios. Essa integração amplia a precisão das simulações e possibilita uma abordagem mais ampla, considerando aspectos como iluminação natural, ventilação e consumo de energia. A combinação de diferentes plataformas facilita a identificação de soluções inovadoras e sustentáveis, alinhadas às demandas específicas de cada projeto, reforçando o papel central do BIM na promoção de uma arquitetura mais sustentável e eficiente.

## Estudo de caso prático: Concepção de um edifício comercial sustentável

A disciplina tem como proposta o desenvolvimento de um edifício comercial em altura, com foco em estratégias de conforto térmico e eficiência energética, além de uma integração cuidadosa com os elementos da paisagem e os critérios de desempenho da Zona Bioclimática 3 (ZB3). O estudo de caso em questão destaca o edifício comercial *Tríplice Corp*, localizado na Avenida Carlos Gomes 1249, esquina das ruas João Obino e Soledade, em Porto Alegre-RS. O projeto prioriza soluções sustentáveis alinhadas às diretrizes da Zona Bioclimática 3 (Figura 1) e está fundamentado nos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) 4, Educação de Qualidade, no ODS 7 Energia acessível e limpa, no ODS 11, Cidades e Comunidades Sustentáveis, e ODS 13, Ação contra a Mudança Global do Clima. A proposta busca promover inclusão, resiliência e sustentabilidade no ambiente urbano, além de adotar medidas eficazes para enfrentar os desafios das mudanças climáticas.

Figura 1 - Localização do lote de projeto na Avenida Carlos Gomes nº1248 esquina das ruas João Obino e Soledade, em Porto Alegre-RS. Fonte: Desenvolvido pelas autoras.

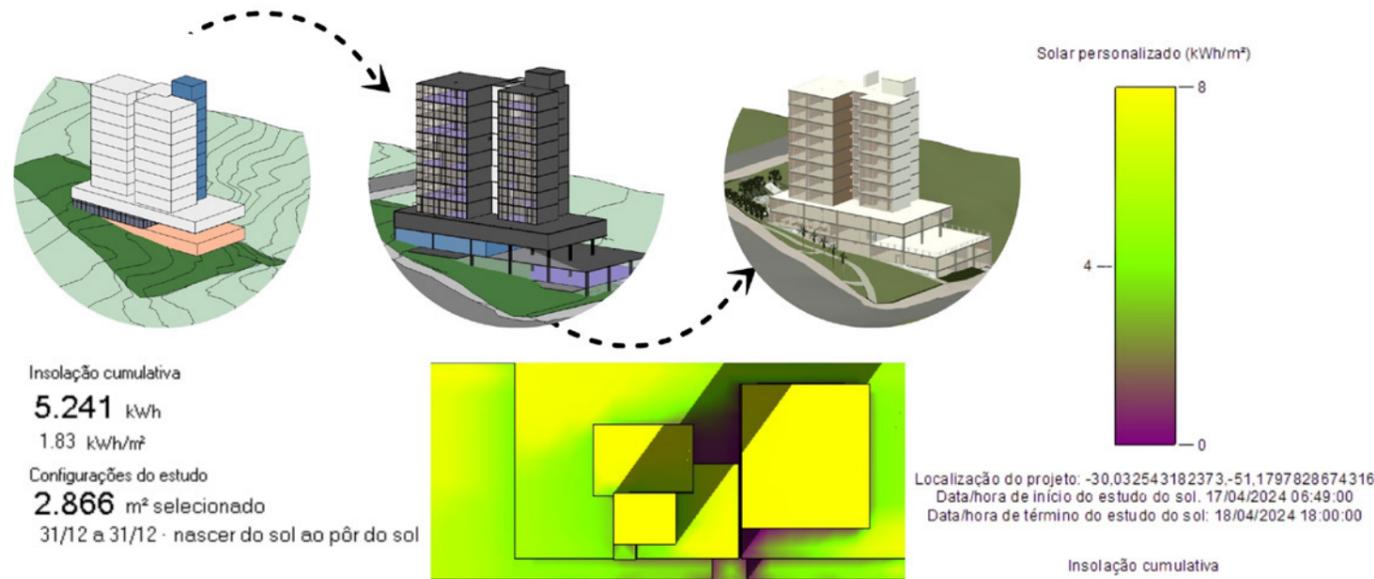
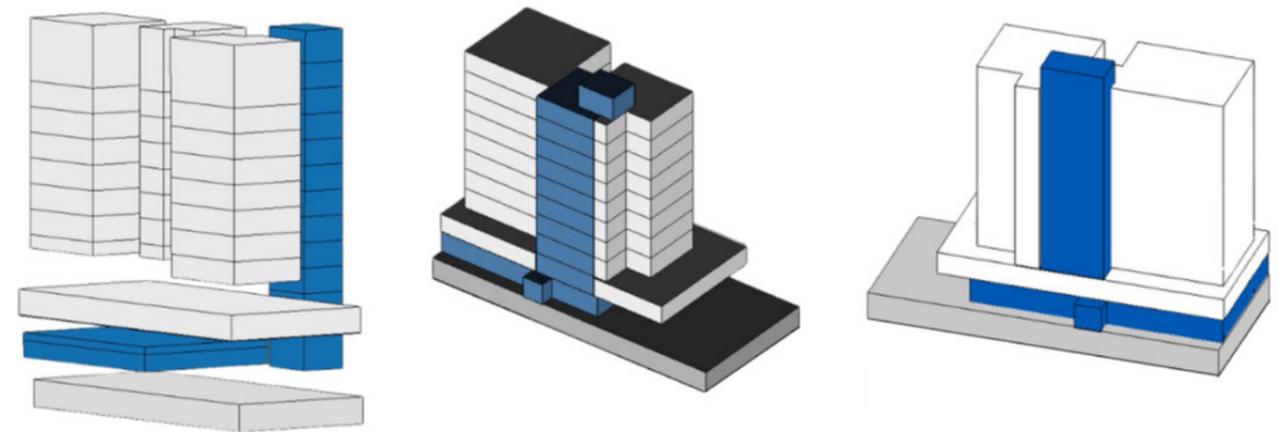


Figura 2 - Evolução formal da proposta do edifício *Triplice Corp*, com base no estudo de viabilidade construtiva e na análise de desempenho da geometria realizada por meio do plugin *Insight*. Fonte: Desenvolvido pelas autoras.

O terreno, com uma área total de 3.123,24 m<sup>2</sup>, foi implantado em conformidade com a legislação vigente em Porto Alegre, incluindo o Plano Diretor e o Código de Obras, resultando em uma área adensável de 5.934,56m<sup>2</sup> e atingindo o índice de aproveitamento máximo permitido de 1,9 (Figura 1). Com uma altura total de 34 metros, o edifício se destaca no contexto urbano, mantendo áreas livres bem planejadas e respeitando os recuos estabelecidos pelo Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano Ambiental de Porto Alegre (PDDUA). As áreas abertas e de descanso ao ar livre foram projetadas para beneficiar tanto os usuários dos escritórios quanto os transeuntes do entorno (Figura 2).

O regime urbanístico determina um índice de aproveitamento (IA) de 1,9, com uma área adensável de 5.934,56m<sup>2</sup>, e área não adensável de 2967,26m<sup>2</sup>. A taxa de ocupação (TO) da base é de 90%, enquanto a do corpo é de 75%. No projeto, a TO do corpo foi definida em 15% correspondendo a 467m<sup>2</sup>, e a TO da base em 36%, equivalente a 1.110m<sup>2</sup>. Com uma altura máxima de 52 metros, o projeto atingiu 34 metros, considerando a referência de nível na cota 75. Os recuos do corpo correspondem a 20% em relação à altura de 6,80 metros, enquanto a altura da base foi estabelecida em 9 metros.

Na concepção inicial do projeto, o edifício apresentava uma configuração mais irregular nas empenas menores e na parte posterior do lote. A torre voltada para a Avenida Soledade possuía um plano frontal avançado em relação à outra torre, o que gerava sombreamento em sua fachada. Na proposta atual, essa torre foi recuada, assim como o núcleo de circulação, permitindo uma maior incidência de luz natural direta. Além disso, o volume destinado ao estacionamento foi aprimorado nesta última etapa, adaptando-se melhor às condições climáticas e ao fluxo viário da região. A Avenida Carlos Gomes, apresenta um fluxo intenso de pessoas e veículos, foi aproveitada para compor uma praça ao ar livre, promovendo um ambiente convidativo e dinâmico. Essa solução incentiva o acesso às lojas localizadas ao nível do térreo, cujas vitrines estão voltadas para a via. O espaço foi projetado para se adaptar à topografia do terreno, criando uma transição natural entre o edifício e o entorno. Na entrada principal, localizada na Avenida Soledade, foi inserido um *porte-cochère*, integrando-se à fachada do térreo, onde está previsto um café. Atrás desta área, há um terraço voltado para a Avenida João Obino, proporcionando uma zona tranquila e adequada para circulação e acesso aos escritórios. A escolha de posicionar a circulação vertical no lado sudeste do edifício foi definida com base na orientação solar, visando reduzir a exposição direta ao sol e



evitar interferências na ambiência das fachadas voltadas para as avenidas.

Os sanitários e outros espaços funcionais também foram alocados estrategicamente para otimizar o uso das fachadas principais ativas. O acesso à garagem, pela Avenida João Obino, foi planejado considerando o menor fluxo de veículos, minimizando interferências no trânsito local. A fachada envidraçada foi projetada para favorecer os escritórios, oferecendo uma vista harmoniosa para a praça da Avenida Carlos Gomes e potencializando a integração visual com o espaço urbano. Essa solução atende tanto aos aspectos funcionais do projeto quanto aos requisitos de conforto e eficiência energética.

Portanto, a proposta volumétrica selecionada na etapa de viabilidade construtiva, fundamentada nas informações de dimensão e geometria do lote, orientação solar, regime de ventos, análise do entorno e nas metragens das áreas adensáveis e não adensáveis, permitiu espacializar o programa de forma a atender ao índice de aproveitamento (IA) máximo de 1,9. O projeto foi desenvolvido até o nível de partido arquitetônico, com análises de desempenho realizadas tanto na etapa de viabilidade quanto na de partido, utilizando o *plugin Insight* (Figura 3).

Foram realizados estudos solares nos solstícios de verão e inverno para avaliar o comportamento do edifício *Triplice Corp* em relação ao conforto térmico. Para isso, as fachadas foram representadas com cores conforme a tabela de absorvância solar, sendo selecionadas as cores branco e palha, que apresentam menor absorção de radiação ultravioleta (UV) (Figura 4).

O pavimento térreo foi projetado como um espaço de convivência acessível, integrando áreas verdes, bancos e sombreamento natural proporcionado por árvores, com o objetivo de aumentar o conforto térmico e incentivar a permanência e circulação de pedestres (Figura 4). Essas intervenções agregam valor funcional e estético ao ambiente urbano, contribuindo para a revitalização do espaço público (Figura 5).

A Figura 5 apresenta uma análise solar realizada por meio do software *Insight*, comparando três propostas distintas (proposta 1, proposta 2 e proposta 3) em relação ao desempenho térmico e à incidência solar. A ferramenta permite avaliar como cada proposta se comporta em termos de exposição ao sol, contribuindo para a escolha da solução mais eficiente em termos de conforto térmico e eficiência energética. A análise

Figura 3 - Diagramas de evolução volumétrica até o anteprojeto. Em azul, destaca-se a área não adensável, com ênfase na circulação vertical e na área abaixo da referência de nível, que, conforme o Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano Ambiental (PDDUA) é considerada não adensável até quatro metros. Fonte: Desenvolvido pelas autoras.

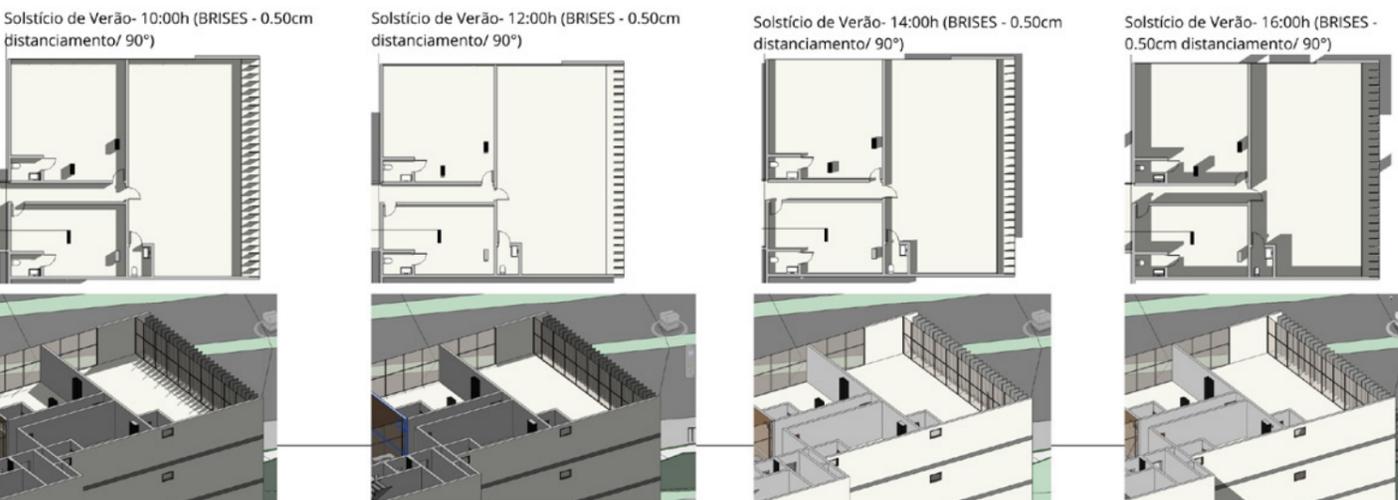
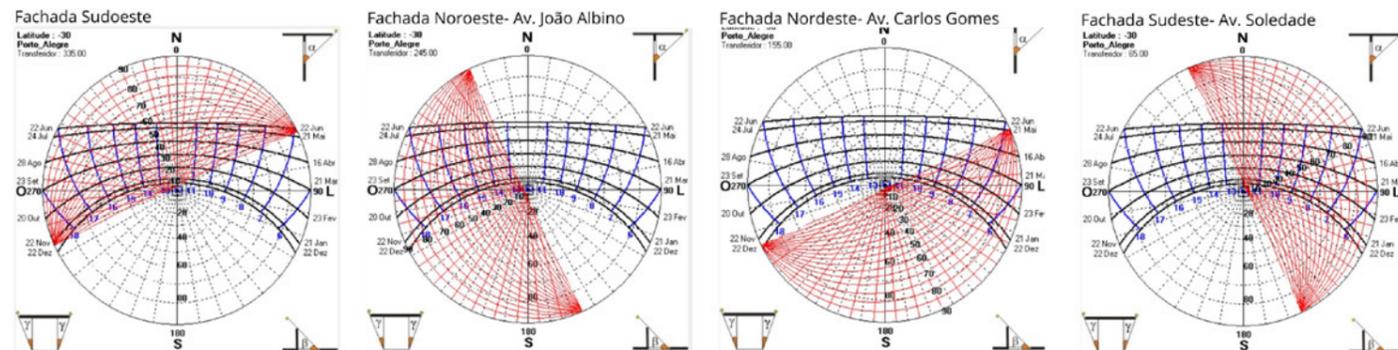


Figura 4 - Estudos solares nos solstícios de verão e inverno para avaliar o comportamento do edifício Triplece Corp em relação ao conforto térmico. Análise de desempenho da fachada e dos ambientes internos a partir do solstício de verão nos horários 10:00 am., 12:00 am., 14:00 pm e 16:00 pm. Fonte: Desenvolvido pelas autoras.

solar é fundamental para otimizar a orientação do edifício, a disposição das fachadas e a utilização de elementos de proteção, como brises, visando reduzir o ganho de calor e melhorar o desempenho global da edificação. Essa abordagem reforça a importância de integrar simulações computacionais no processo de projeto, garantindo decisões mais assertivas e alinhadas aos princípios de sustentabilidade.

Para otimizar o conforto térmico e lumínico, foram especificadas esquadrias com vidros duplos laminados transparentes da linha Guardian LamiGlass (*Asian Pacific*), com espessura total de 28,76mm. A composição da esquadria inclui camadas de vidro com Polivinil Butiral (PVB). O vidro externo duplo laminado selecionado é da linha Guardian LamiGlass, modelo LamiGlass Transparente, com um PVB Saflex® R Clear e substrato de vidro transparente. O vidro externo possui espessura de 6,38 mm, enquanto o vidro interno tem 10,38 mm, ambos com uma camada intermediária de PVB de 0,38 mm. Entre os dois vidros, há uma cavidade de 12 mm, composta por 10% de ar e 90% de argônio, o que contribui para uma maior eficiência térmica e acústica, com um índice de atenuação sonora de 40 dB. A espessura total da esquadria, somando o vidro externo com PVB (6,38 mm), a cavidade de gás (12 mm) e o vidro interno com PVB (10,38 mm), atinge 28,76 mm.

No que se refere ao desempenho óptico, o vidro apresenta uma transmitância de luz visível ( $\tau_v$ ) de 78,2%, refletância externa de 14,8% e refletância interna de 14,5%. Em termos de desempenho solar, a transmitância solar ( $\tau_e$ ) é de 58,5%, a refletância solar é de 11,8% e o fator solar ( $g$ ) é de 68,3%. Quanto às propriedades térmicas, o valor  $U$  ( $U_g$ ) do vidro é de 2,6  $W/m^2 \cdot K$ , destacando-se pela sua capacidade de isolamento térmico, adequado para climas que exigem maior controle de ganho e perda de calor. O módulo escolhido mede 1270 x 147 mm, oferecendo uma solução eficiente e de alto desempenho para fachadas, especialmente em projetos que priorizam eficiência energética, conforto acústico e térmico.

## INSIGHT

### PROPOSTA 1- MODELO ANALÍTICO



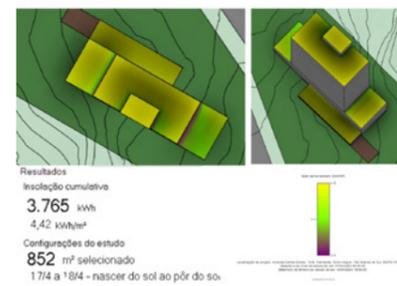
### PROPOSTA 3- MODELO ANALÍTICO



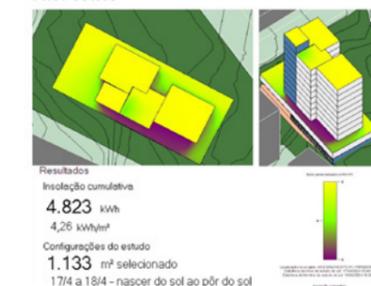
Categorias	Condições	Métricas	Análise de desempenho						
			Insolação acumulada (kWh/m²)	Consumo energético (kWh/m²)	Temperatura média (°C)	Índice de conforto térmico (PPD)			
CENÁRIO 1	Proposta 1	150	89,1	34702	257662,35	852	3765	86,65	
	Proposta 3	142	87,3	34702	257662,35	852	3765	86,65	
CENÁRIO 2	Proposta 1	153	94,6	8902	70177,433	33	2866	5241	120,61
	Proposta 3	142	87,3	8902	70177,433	33	2866	5241	120,61

## SOLAR ANALISYS

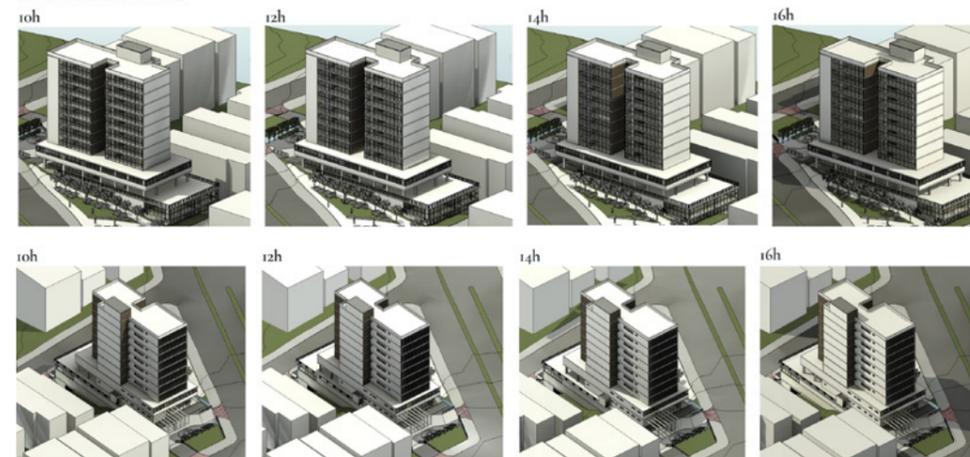
### PROPOSTA 1



### PROPOSTA 3



### SOLSTÍCIO DE VERÃO



### SOLSTÍCIO DE INVERNO

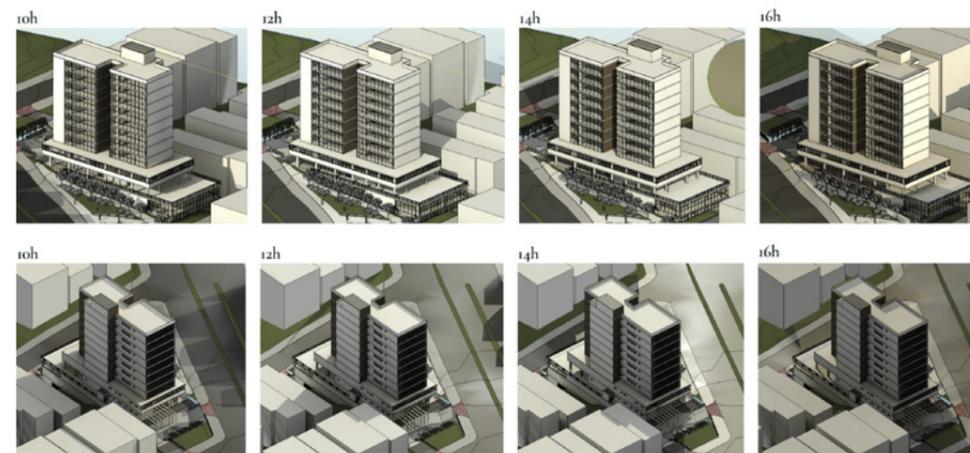


Figura 5 - Análise solar realizada por meio do plugin Insight, comparando três propostas distintas (proposta 1, proposta 2 e proposta 3) em relação ao desempenho térmico e à incidência solar. Fonte: Desenvolvido pelas autoras. Figura 6 - Desenvolvimento do anteprojeto com as soluções de conforto e proteções solares implementadas. Destaca-se o escalonamento da base e do corpo, acompanhando a inclinação natural do lote. Fonte: Desenvolvido pelas autoras. Figura 7 - Estudos solares desenvolvidos para o solstício de verão, solstício de inverno e equinócio analisados em quatro horários distintos. Fonte: Desenvolvido pelas autoras.

Análise Insight 360°			Análise de viabilidade						
Cenários	Condições	Valores	Proposta volumétrica 01						
			Resultado Insight		Área total (m2) *Adensável + Não adensável	Gasto energético (kWh/m2/mês)	Solar analysis Insight *Selecionar os planos de alocação das placas para o cálculo *Seleção do usuário		
			R\$/m2/kWh	kWh/m2/ano			Área (m2)	Irradiação anual (kWh/m²)	Energia gerada (kWh/mês)
CENÁRIO 01	Orientação do edifício	BIM	153	94,6	8902	70177,43333	2866	5241	120,61
	Sul								
	Relação janela-parede	20,00%							
	Proteção solar	1/6 (baixa)							
	Tipo de vidro	Dbi Loe							
	Norte								
	Relação janela-parede	20,00%							
	Proteção solar	1/6 (baixa)							
	Tipo de vidro	Dbi Loe							
	Oeste								
	Relação janela-parede	20,00%							
	Proteção solar	1/6 (baixa)							
	Tipo de vidro	Dbi Loe							
	Leste								
	Relação janela-parede	20,00%							
	Proteção solar	1/6 (baixa)							
	Tipo de vidro	Dbi Loe							
	Construção de paredes	BIM							
Construção de telhados	BIM								
Infiltração	BIM								
Eficiência de iluminação	12 a 3 W								
Sensores de iluminação natural e ocupação	SIM								
Potência de equipamentos	TODOS								
HVAC	Sistema de pacotes ASHARE								
PV - Eficiência do painel	20,00%								
PV - Limite de retorno	30 anos								
PV - Cobertura de superfície	90,00%								



SEM PLACA SOLAR

Análise Insight 360°			Análise de viabilidade						
Cenários	Condições	Valores	Proposta volumétrica 01						
			Resultado Insight		Área total (m2) *Adensável + Não adensável	Gasto energético (kWh/m2/mês)	Solar analysis Insight *Selecionar os planos de alocação das placas para o cálculo *Seleção do usuário		
			R\$/m2/kWh	kWh/m2/ano			Área (m2)	Irradiação anual (kWh/m²)	Energia gerada (kWh/mês)
CENÁRIO 02	Orientação do edifício	BIM	142	87,3	8902	64762,05	2866	5241	120,61
	Sul								
	Relação janela-parede	20,00%							
	Proteção solar	1/6 (baixa)							
	Tipo de vidro	Dbi Loe							
	Norte								
	Relação janela-parede	20,00%							
	Proteção solar	1/6 (baixa)							
	Tipo de vidro	Dbi Loe							
	Oeste								
	Relação janela-parede	20,00%							
	Proteção solar	1/6 (baixa)							
	Tipo de vidro	Dbi Loe							
	Leste								
	Relação janela-parede	20,00%							
	Proteção solar	1/6 (baixa)							
	Tipo de vidro	Dbi Loe							
	Construção de paredes								
Construção de telhados									
Infiltração									
Eficiência de iluminação									
Sensores de iluminação natural e ocupação									
Potência de equipamentos									
HVAC									
PV - Eficiência do painel									
PV - Limite de retorno									
PV - Cobertura de superfície									



Figura 8 - Análise de dois cenários de desempenho gerados pelo plugin Insight, sendo um com placas solares e outro sem placas solares. Fonte: Desenvolvido pelas autoras.

Os valores de desempenho desses vidros contribuem significativamente para o controle térmico e acústico do ambiente interno. A refletância de 11,8% da radiação solar externa reduz o ganho de calor que penetra no edifício, enquanto a atenuação acústica de 40dB proporciona isolamento contra ruídos externos e internos. A transmitância solar de 58,5% permite uma entrada significativa de luz natural com menor ganho de calor, favorecendo a eficiência energética do ambiente. O fator solar de 68,3% reduz o impacto da radiação solar direta, ajudando a diminuir o calor interno, e o valor de U de 2,6 W/m²·K oferece bom isolamento térmico, minimizando a transferência de calor entre ambiente externo e interno (Figura 5).

A topografia natural do terreno foi respeitada, com os pavimentos escalonados acompanhando a inclinação do lote. Isso minimiza o impacto ambiental e favorece a acessibilidade, garantindo uma integração harmoniosa entre o edifício e o entorno (Figura 6).

As fachadas ativas, parte essencial da estratégia de eficiência energética, promovem uma conexão visual entre os espaços internos e externos, integrando o edifício ao contexto urbano e maximizando o aproveitando a luz natural (Figura 7).

Essa solução arquitetônica cria uma transição fluida entre o ambiente construído e o natural. O núcleo de circulações verticais do edifício foi orientado para o sudeste, o que favorece a entrada de luz natural nas áreas de permanência, contribuindo para a eficiência energética e melhorando a qualidade dos espaços internos (Figura 7).

Com o uso do *plugin Insight*, é possível simular cenários para verificar a otimização de desempenho energético. No Cenário 01, foram utilizadas placas solares, relações de janela/parede de 20% em todas as orientações (sul, norte, leste e oeste), vidros com tecnologia *low-e*, e uma proteção solar considerada baixa (1/6) (Figura 8). Os resultados obtidos foram:

Cenário 01-Plugin Insight: Com Placas solares		Cenário 02-Plugin Insight: Sem Placas solares	
Custo energético:	R\$ 153 por m²/kWh	Custo energético:	\$ 142 por m²/kWh
Consumo energético anual:	94,6 kWh/m²/ano	Consumo energético anual:	87,3 kWh/m²/ano
Consumo energético mensal:	70.177,43 kWh/mês	Consumo energético mensal:	64.762,05 kWh/mês
Energia gerada pelas placas solares:	120,61 kWh/mês	Energia gerada (considerando apenas o consumo do edifício, sem geração própria):	120,61 kWh/mês
Eficiência das placas solares:	20%		
Tempo estimado para retorno do investimento:	30 anos		

Tabela 1 - Comparação dos dois cenários gerados no plugin Insight. Fonte: Desenvolvido pelas autoras.

Comparando os cenários, observa-se que a utilização de placas solares no Cenário 01 resulta em um consumo energético ligeiramente maior (94,6 kWh/m²/ano) e um custo energético mais elevado (R\$ 153 por m²/kWh) em relação ao Cenário 02, que apresentou menor consumo anual (87,3 kWh/m²/ano) e custo mais baixo (R\$ 142 por m²/kWh). Contudo, o Cenário 01 se beneficia da geração de energia solar, o que pode contribuir para uma redução futura nos gastos e maior sustentabilidade, dependendo do retorno do investimento a longo prazo (Tabela 1).

Tabela de materiais utilizados do Triplíce Corp			
Vidro Fachadas	Vidro duplo da linha: LamiGlass Transparente	40dB	Espessura dos vidros: 6,38 e 10,38 Módulos: 1270x147mm Espessura final da esquadria: 28,76mm
Brisas Verticais	Brise de Alumínio Control Solar / Arroscreen Plus Hunter Douglas - Fornecedora		Dimensões: 70x210 Espessura: 1,2mm Largura máxima: 3,5m
Blocos Cerâmicos	Bloco Classe EST60 14X19X29 - Pauluzzi	Rw 53dB	Espessura final da parede: 17cm
Telhado Verde	Alveolar Grelhado - Ecotelhado	Gramma Esmeralda com Substrato	Dimensões módulos: 40x40x6
Telhado TermoAcústico	Fibrocimento	10%	Com calha de TecnoCalhas Funilaria

Tabela 2 - Especificação dos principais elementos de sustentabilidade utilizados no projeto. Fonte: Desenvolvido pelas autoras

CAMADA	MATERIAL	RESISTÊNCIA TÉRMICA
1	Argamassa   1,5	0,0150
2	Bloco cerâmico 14x19x29 cm   14	0.304
3	Argamassa   1,5	0,0150

ADICIONAR CAMADA NA BASE

**SEU MATERIAL**

Resistência Térmica Total: **0,50**

Atraso Térmico  $\phi$  (horas): **3,4**

Capacidade Térmica (kJ/m<sup>2</sup>K): **108,8**

Transmitância Térmica (W/m<sup>2</sup>K): **2,0**

CAMADA	MATERIAL	RESISTÊNCIA TÉRMICA
1	Argamassa   1,5	0,0150
2	Bloco cerâmico 14x19x29 cm   14	0.304
3	Poliestireno expandido (EPS)   3	0.75
4	Cesso interno   2	0.029

ADICIONAR CAMADA NA BASE

**SEU MATERIAL**

Resistência Térmica Total: **1,27**

Atraso Térmico  $\phi$  (horas): **5,6**

Capacidade Térmica (kJ/m<sup>2</sup>K): **95,9**

Transmitância Térmica (W/m<sup>2</sup>K): **0,8**

Figura 9 - Calculadora de propriedades do Projeteer. Fonte: Desenvolvido pelas autoras.

Na análise dos materiais descritos na Tabela 02, evidencia-se o uso eficiente e estratégico de recursos alinhados ao Objetivo de Desenvolvimento Sustentável (ODS 7) –Energia Acessível e Limpa. Desde a aplicação de vidro com tratamento especial na fachada até a utilização de telhado termoacústico em fibrocimento, a seleção de materiais é direcionada para otimizar o desempenho energético do edifício. Essa abordagem contribui para a redução das emissões de gases de efeito estufa e para a mitigação dos impactos das mudanças climáticas, promovendo a eficiência energética por meio de fontes de alto desempenho.

As fachadas opacas do edifício foram planejadas para otimizar o desempenho térmico, utilizando materiais que garantem conforto em todas as estações do ano na Zona Bioclimática 3. Inicialmente, as paredes eram compostas apenas por blocos cerâmicos e uma camada interna e externa de argamassa de 1,5cm, apresentando uma resistência térmica total de 0,50m<sup>2</sup>K/W, atraso térmico de 3,4 horas, capacidade térmica de 108,8kJ/m<sup>2</sup>K e transmitância térmica de 2,0 W/m<sup>2</sup>K (Figura 9).

Entretanto, para melhor desempenho térmico, a parede foi projetada (Figura 9) mantendo a utilização do Bloco Classe EST60 da Pauluzzi, com revestimento de argamassa de cimento na face externa, com espessura de 1,5 cm, e na parte interna, uma camada de EPS com espessura de 3 cm e gesso de 2cm. Essas alterações resultaram em um aumento significativo da eficiência térmica da parede, alcançando uma resistência térmica total de 1,27m<sup>2</sup>K/W. O atraso térmico foi elevado para 5,6 horas, o que mantém a temperatura interna mais estável, considerando as variações térmicas comuns em Porto Alegre ao longo do ano. Embora a capacidade térmica tenha sido reduzida para 95,9 kJ/m<sup>2</sup>K, essa mudança contribui para um equilíbrio térmico mais eficaz na

região, permitindo uma resposta mais rápida às mudanças climáticas e auxiliando na estabilização das variações térmicas internas. A transmitância térmica de 0,8 W/m<sup>2</sup>K minimiza a transferência de calor entre os ambientes internos e externos, promovendo maior eficiência energética e conforto térmico. Com essas melhorias, a seleção de materiais contribuiu para reduzir o impacto das condições climáticas externas, manter o conforto interno e diminuir a necessidade de climatização artificial (Figura 8).

A integração de ferramentas digitais, como o plugin Insight e o software Revit, no processo de projeto, trouxe avanços significativos na análise de desempenho energético e térmico. No entanto, esse processo não está isento de desafios metodológicos. Um dos principais obstáculos é a necessidade de capacitação dos estudantes e professores para o uso eficiente dessas tecnologias. A curva de aprendizado pode ser íngreme, especialmente para alunos que não têm familiaridade prévia com modelagem BIM ou simulações ambientais. Além disso, a dependência de softwares específicos pode limitar a criatividade e a flexibilidade no processo de projeto, uma vez que os estudantes podem se sentir restritos pelas funcionalidades e limitações técnicas das ferramentas disponíveis.

Outro desafio é a complexidade da análise de desempenho, que exige um conhecimento técnico aprofundado. Apesar da utilização de ferramentas de simulação, a interpretação dos resultados e a tomada de decisões com base nesses dados ainda são desafios significativos. Os estudantes podem ter dificuldades em traduzir as informações técnicas em soluções arquitetônicas eficientes, especialmente em projetos complexos, como edifícios em altura. A falta de integração entre as diferentes disciplinas do curso pode resultar em uma abordagem fragmentada, onde os aspectos técnicos e conceituais não são plenamente articulados.

A limitação de tempo e recursos também é um fator crítico. O desenvolvimento de projetos arquitetônicos com foco em sustentabilidade e eficiência energética demanda tempo e recursos que muitas vezes não estão disponíveis no contexto acadêmico. A disciplina de Projeto VII, por exemplo, tem um cronograma apertado, o que pode limitar a profundidade das análises e a experimentação de diferentes soluções. Além disso, a falta de acesso a materiais e tecnologias de ponta pode restringir a aplicação prática de conceitos teóricos, especialmente em regiões com recursos limitados.

A experiência educacional proporcionada pela disciplina de Projeto VII tem um impacto significativo na formação dos estudantes, desenvolvendo competências técnicas, analíticas e sociais essenciais para a atuação profissional no século XXI. A utilização de ferramentas digitais e a realização de análises de desempenho permitem que os estudantes adquiram habilidades avançadas em modelagem 3D, simulação de desempenho energético e análise de conforto térmico. Essas competências são cada vez mais valorizadas no mercado de trabalho, especialmente em um contexto em que a sustentabilidade e a eficiência energética são prioridades.

O aprendizado baseado em projetos reais, como o desenvolvimento do edifício *Triplix Corp*, proporciona uma experiência prática que vai além da teoria. Os estudantes são desafiados a aplicar conceitos aprendidos em sala de aula em um contexto real, o que aumenta a relevância e o impacto do aprendizado. Além disso, a necessidade de considerar aspectos legais, como o Plano Diretor de Porto Alegre, e de realizar análises de viabilidade construtiva, prepara os estudantes para a realidade profissional, onde a integração entre projeto e legislação é fundamental.

A disciplina também promove uma conscientização sobre a importância da sustentabilidade e da responsabilidade social na arquitetura. Os estudantes aprendem a projetar não apenas para atender às necessidades imediatas dos usuários, mas



KLEPEIS, Neil; NELSON, William; OTT, Wayne; ROBINSON, J. P.; TSANG, Andy; SWITZER, Paulo; BEHAR, José; HERN, Stephen.; ENGELMANN, William. *The National Human Activity Pattern Survey (NHAPS): a resource for assessing exposure to environmental pollutants. Journal of Exposure Analysis and Environmental Epidemiology*, v. 11, n. 3, p. 231-252, maio/jun. 2001. doi: 10.1038/sj.jea.7500165. PMID: 11477521.

LAMBERTS, Robert; DUTRA, Luciano; PEREIRA, Fernando. *Eficiência Energética na Arquitetura*. Rio de Janeiro. 2014.

LEONE, Camila.; FLORIO, Wilson. *Análise paramétrica de iluminação natural e de proteção solar de edifícios torcidos*. Ambiente Construído, Porto Alegre, v. 21, n. 4, p. 247-270, out./dez. 2021.

MARTINO, Jarryer. de. *Algoritmos evolutivos como método para desenvolvimento de projetos de arquitetura*. Campinas, Tese (Doutorado). Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo. Universidade Estadual de Campinas. UNICAMP, 2015.

MENDES, Vítor Freitas; FARDIN, Welington; BARRETO, Rodrigo Rony; CAETANO, Lucas Fonseca; MENDES, Júlia Castro. *Sensitivity analysis of coating mortars according to their specific heat, specific gravity, thermal conductivity, and thickness in contribution to the global thermal performance of buildings*. Sustainable Materials and Technologies, v. 31, 2022. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2214993721001366>. Acesso em: 29 abr. 2024.

SONG, Mengjie; FUXIN, Niu; MAO, Ning; YANXIN, Hu; DENG, Shiming. (2017). *Review on building energy performance improvement using phase change materials*. Energy and Buildings. 158. 10.1016/j.enbuild.2017.10.066.

NBR 15220-3: *Desempenho térmico de edificações – Parte 3: Zoneamento bioclimático brasileiro e diretrizes construtivas para habitações unifamiliares de interesse social*. Associação Brasileira de Normas Técnicas. Rio de Janeiro, 2005.

ONU. *Objetivos de Desenvolvimento Sustentável | As Nações Unidas no Brasil*. Disponível em: <https://brasil.un.org/pt-br/sdgs>. Acesso em 18 setembro de 2024

OXMAN, Riva. *Educating the Digital Design Thinker. Whatdo we Teach Ehen we Teach Design*, 2006.

*ProjetEEE - Projetando Edificações Energeticamente Eficientes*. Disponível em: <https://www.mme.gov.br/projeteee>. Acesso em 15 agosto de 2024.

URBAN STUDIES. O desenvolvimento urbano sustentável na agenda 2030 da ONU. *ArchDaily Brasil*, 12 mar. 2022. Disponível em: <https://www.archdaily.com.br/br/976923/o-desenvolvimento-urbano-sustentavel-na-agenda-2030-da-onu>. Acesso em: 24 set. 2024.

SANTANA, Laila Oliveira; CARLO, Joyce Correna; SILVA, Luciana Bosco ; SANTOS, Denise Mônaco dos. (2019). *Impacto da geometria de edificações sobre o desempenho térmico de acordo com o método prescritivo do RTQ-R*. Oculum Ensaios, v. 16, n. 1, p. 139-155, 2019. DOI: <https://doi.org/10.24220/2318-0919v16n1a4036>.

SILVEIRA, Caroline; SOUTO, Ana Elisa. *Processo de Projeto Performativo: Estudo de Edifício Corporativo em altura desenvolvido em sala de aula*. Scientific Journal ANAP, 2(11),2024,P.458-466. ISSN 2965-0364 <https://publicacoes.amigosdanatureza.org.br/index.php/anap/article/view/4924>. Acesso em: 24 set. 2024.

SOUTO, Ana Elisa. *Processo de Projeto Performativo para Edificações Energeticamente Eficientes*. Capítulo 3. In: Engenharia e Arquitetura, construindo o Mundo Moderno-Volume I, Formiga (MG), Editora Real Conhecer,2023,PG 47-70. ISBN: 978-65-84525-72-6, DOI:0.5281/zenodo.10.5281. <https://educapes.capes.gov.br/bitstream/capes/734757/2/Engenharia%20e%20Arquitetura%20Construindo%20o%20Mundo%20Moderno%20-%20Volume%201.pdf>. Acesso em: 20 set. 2024.

SOUTO, Ana Elisa; COSTA PINZON, Y. *Evaluación de viabilidad y desempeño performativo: estudio de caso de edificio comercial en Proyecto VII. ARQUISUR Revista*, v. 13, n. 24, p. 68-81, maio 2024. DOI: <https://doi.org/10.14409/ar.v13i24.12993>. Disponível em: <https://bibliotecavirtual.unl.edu.ar/publicaciones/index.php/Arquisur/article/view/12993>. Acesso em: 24 set. 2024.