

## IA generativa no ensino de estruturas: pré-dimensionamento de pilares na arquitetura

### Generative AI in structural education: preliminary column design in architecture

<sup>1</sup>Débora Bretas Silva, <sup>2</sup>Luana da Silva Fernandes, <sup>3</sup>Fabício Longhi Bolina, <sup>4</sup>Eduardo Cesar Pachla

<sup>1</sup>Doutora em Engenharia Civil – Universidade Federal de Santa Maria – Departamento de Arquitetura e Urbanismo (debora.bretas@ufsm.br)

<sup>2</sup>Discente do Curso de Arquitetura e Urbanismo – Universidade Federal de Santa Maria (luana.fernandes@acad.ufsm.br)

<sup>3</sup>Doutor em Engenharia Civil – Universidade Federal de Santa Maria – Departamento de Estruturas e Construção Civil (fabricio.bolina@ufsm.br)

<sup>4</sup>Doutor em Engenharia Civil – Universidade Federal de Santa Maria – Departamento de Estruturas e Construção Civil (eduardo.pachla@ufsm.br)

**RESUMO:** Este artigo investigou os impactos do uso da inteligência artificial generativa, por meio do ChatGPT, no processo de ensino-aprendizagem do pré-dimensionamento de pilares de concreto armado por estudantes de Arquitetura e Urbanismo. A pesquisa foi realizada com uma turma da disciplina Estruturas em Concreto II da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), dividida em dois grupos: um com acesso à IA e outro utilizando apenas materiais tradicionais. A análise combinou o desempenho técnico na atividade prática com as percepções registradas em formulários de pré e pós-teste. Os resultados indicaram que apenas uma minoria dos estudantes avaliou a IA como “muito útil” (11,11%) ou “útil” (11,11%) para a tarefa específica de pré-dimensionamento de pilares, enquanto a maioria a classificou como “pouco útil” (55,56%) ou “nada útil” (22,22%) nesse contexto. Paradoxalmente, no entanto, o grupo que utilizou a IA apresentou melhor desempenho técnico, com maior número de acertos em relação ao grupo controle. Embora alguns estudantes tenham utilizado a ferramenta para revisar conceitos e converter unidades, a dificuldade na formulação de prompts e a ausência de restrições quanto às fontes acessadas comprometeram a efetividade das respostas. Conclui-se que a IA generativa, sem mediação docente e treinamento prévio, não é eficaz como estratégia central de ensino. Contudo, identificaram-se diretrizes para sua integração responsável: capacitação prévia dos estudantes, uso da IA em ambientes controlados com materiais específicos e mediação ativa do docente.

**Palavras Chave:** Inteligência artificial generativa. Ensino de Estruturas. Arquitetura e Urbanismo.

**ABSTRACT:** This article investigated the impacts of using generative artificial intelligence, through ChatGPT, in the teaching and learning process of preliminary design of reinforced concrete columns by Architecture and Urbanism students. The study was conducted with a class from the “Concrete Structures II” course at the Federal University of Santa Maria (UFSM), divided into two groups: one with access to AI and the other using only traditional materials. The analysis combined students’ technical performance in the practical activity with perceptions collected through pre- and post-test questionnaires. The results showed that only a minority of students rated AI as “very useful” (11.11%) or “useful” (11.11%) for the specific task of column preliminary design, while the majority considered it “slightly useful” (55.56%) or “not useful” (22.22%) in this context. Paradoxically, however, the group that used AI achieved better technical performance, with a higher number of correct answers compared to the control group. Although some students used the tool to review concepts and convert units, difficulties in prompt formulation and the lack of restrictions on accessed sources compromised the effectiveness of responses. It is concluded that, without prior training and teacher mediation, generative AI is not effective as a central teaching strategy. Nonetheless, three key guidelines were identified for its responsible integration into technical education in architecture: prior student training, use of AI in controlled environments with course-specific materials, and active teacher mediation.

**Keywords:** Generative artificial intelligence. Structural Education. Architecture.

## 1. INTRODUÇÃO

O ensino de estruturas nos cursos de Arquitetura e Engenharia Civil apresenta, à primeira vista, diversas semelhanças — sobretudo quando se observa unicamente a grade curricular. No entanto, uma análise mais ampla revela caminhos formativos bastante distintos, tanto pedagogicamente quanto epistemologicamente. Enquanto a Arquitetura tende a adotar uma abordagem mais crítica, humanística e intensivamente projetual, a Engenharia Civil se fundamenta no raciocínio lógico e em cálculos matemáticos de natureza analítica (BULHÕES DA NÓBREGA; SHIMURA DA DÓBREGA, 2020). Essa divergência, aliada à rigidez das ementas, à excessiva departamentalização e ao predomínio de metodologias expositivas, dificulta a integração entre os campos do saber e se configura como uma barreira à aprendizagem significativa (COSTA, 2024).

Embora a Lei nº 12.378/2010 estabeleça que os arquitetos estão aptos a atuar na elaboração de sistemas construtivos e estruturais, sua formação generalista costuma priorizar o campo projetual, muitas vezes em detrimento do aprofundamento nas disciplinas estruturais (COSTA, 2024). Tal assimetria tem motivado, ao longo das últimas décadas, discussões sobre metodologias pedagógicas mais eficazes para o ensino de estruturas na Arquitetura (ANDREÃO, 2022; MATTANA; SOUZA, 2022; SILVA, 2021; VALVERDES; PAULETTI; BITECOURT JÚNIOR, 2022).

Nesse contexto, ganham destaque as chamadas metodologias ativas — como gamificação, quizzes, aprendizagem baseada em problemas, práticas integradas aos ateliês de projeto e competições acadêmicas —, que buscam superar os limites do ensino tradicional (GUERGUIS *et al.*, 2021; MATTANA; SOUZA, 2022; OLMEDO; CALLE; ANTUÑA, 2022; RESENDE; VELOSO, 2021; SILVA, 2022).

Apesar dessas iniciativas, persistem debates quanto à profundidade com que os conteúdos estruturais devem ser abordados nos cursos de Arquitetura e quanto à pertinência de se adotar as mesmas exigências observadas nos cursos de Engenharia Civil (COSTA, 2024; MORAES; VALLE, 2020; RODRIGUES *et al.*, 2025). Ademais, a concepção estrutural — etapa fundamental do processo de projeto — é frequentemente negligenciada ou tratada de forma superficial. Essa lacuna compromete o entendimento dos sistemas estruturais e sua aplicação em projetos arquitetônicos, sobretudo considerando a variedade de materiais e técnicas disponíveis (MATTANA; SOUZA, 2022; SILVA, 2022).

Outro aspecto relevante é o perfil dos docentes responsáveis por essas disciplinas. Em muitas instituições, engenheiros civis lecionam simultaneamente para cursos de Arquitetura e Engenharia, o que levanta a questão sobre a necessidade de adaptar a abordagem pedagógica às especificidades de cada formação (BULHÕES DA NÓBREGA; SHIMURA DA DÓBREGA, 2020). A origem histórica desses cursos no Brasil — com a Engenharia associada ao ensino militar e a Arquitetura à formação artística — ajuda a compreender parte das divergências e dos desafios enfrentados (COSTA, 2024).

Essa histórica tensão entre os campos é abordada por Salvadori e Heller em sua obra clássica *Structure in Architecture*, quando se perguntam com base na ausência dessa linguagem em comum: “Deveriam então os engenheiros tornar-se mais como arquitetos, ou os arquitetos mais como engenheiros?”. Os próprios autores concluem que a resposta é evidente: cabe ao arquiteto preencher essa lacuna, pois ele é o líder natural das equipes construtivas. Isso porque o projeto arquitetônico é o principal norteador da obra, e o engenheiro é, nesse contexto, um dos integrantes da equipe multidisciplinar — e não seu condutor (SALVADORI; HELLER, 1963).

Tal afirmação reforça a responsabilidade pedagógica de capacitar arquitetos a dialogar com clareza sobre concepção estrutural, entendendo suas bases e limites, ainda que não se tornem especialistas em cálculo (VALENCIA; SARAY; GARCÍA, 2024).

Nesse cenário, a inteligência artificial generativa surge como um recurso promissor, especialmente em atividades como o pré-dimensionamento de pilares, por seu caráter iterativo, e com potencial de facilitar a compreensão conceitual. Ferramentas como o ChatGPT podem auxiliar estudantes na exploração de diferentes soluções, promover a integração entre forma e estrutura e atuar como suporte à tomada de decisões nas etapas iniciais do projeto arquitetônico (COSTA JÚNIOR *et al.*, 2023; DISCHER; SANTOS; TELES, 2022; FERNANDO *et al.*, 2023).

Contudo, a crescente adoção da IA generativa no ensino superior também impõe desafios éticos relevantes (AKGUN; GREENHOW, 2022; DÍAZ; NUSSBAUM, 2024; MCGRATH *et al.*, 2023). Diversas organizações internacionais têm formulado diretrizes para o uso ético e responsável da IA na educação, considerando aspectos como transparência, segurança, justiça e dignidade humana (MEMARIAN; DOLECK, 2023). A União Europeia, por exemplo, propôs sete requisitos para o desenvolvimento confiável da IA incluindo supervisão humana, robustez técnica e responsabilidade (EUROPEAN COMMISSION, 2022). No campo educacional, destaca-se a defesa da agência humana, da justiça e da escolha justificada como princípios norteadores (AKGUN; GREENHOW, 2022; DAKAKNI; SAFA, 2023; FARHI *et al.*, 2023; MEMARIAN; DOLECK, 2023).

Complementando essa abordagem, a UNESCO enfatiza um marco ético mais amplo, integrando justiça social, diversidade cultural e sustentabilidade, e alerta para riscos como viés algorítmico, desinformação e dependência excessiva (UNESCO, 2021).

Dessa forma, o uso da IA em sala de aula não deve ser visto como solução autônoma, mas como uma ferramenta complementar, cujo valor depende de uma mediação pedagógica consciente e crítica. A eficácia das respostas geradas por sistemas de IA está intrinsecamente ligada à formulação adequada dos comandos (prompts), exigindo dos estudantes certo domínio técnico para interpretar, validar e aplicar as informações de maneira apropriada (ADAMS *et al.*, 2023; NGUYEN *et al.*, 2023).

Diante disso, este artigo investiga os impactos do uso de inteligência artificial generativa como assistente no pré-dimensionamento de pilares de concreto armado, por estudantes de Arquitetura e Urbanismo, com foco na aprendizagem estrutural e nas implicações éticas e pedagógicas envolvidas em sua utilização.

## 2. MATERIAIS E MÉTODO

A fim de avaliar o impacto do uso de inteligência artificial generativa no processo de ensino-aprendizagem relacionado ao pré-dimensionamento de pilares, foi desenvolvida uma atividade didática com abordagem comparativa. A proposta foi aplicada na disciplina de Estruturas em Concreto II, ofertada no sétimo semestre do curso de Arquitetura e Urbanismo do campus sede da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM).

A docente responsável organizou a atividade em três etapas: (1) aplicação de um questionário diagnóstico (pré-teste), (2) realização da atividade prática de pré-dimensionamento e (3) aplicação de um questionário avaliativo (pós-teste), focado na percepção dos estudantes quanto ao uso da IA. O objetivo foi investigar possíveis diferenças na aprendizagem, autonomia e compreensão estrutural ao comparar duas abordagens: uma tradicional e outra mediada por IA generativa.

Para isso, a turma — composta por 18 estudantes regularmente matriculados — foi dividida aleatoriamente, via sorteio, em dois grupos:

- Grupo Experimental (GE): utilizou o ChatGPT (versão gratuita) como ferramenta de apoio na resolução de um problema de pré-dimensionamento de pilares;

- Grupo Controle (GC): utilizou apenas os materiais teóricos disponibilizados previamente em aula, sem acesso à IA.

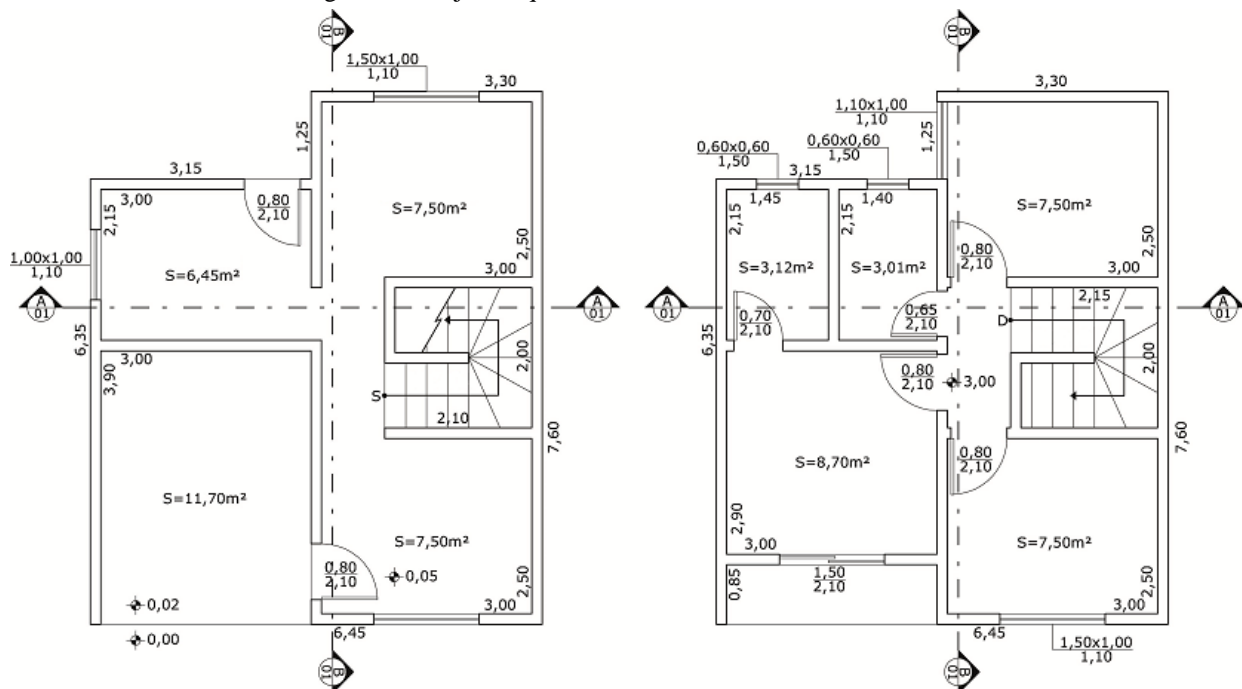
O exercício baseou-se no método da área de influência e utilizou como estudo de caso um sobrado residencial (ver Figura 1) com aproximadamente 40 m<sup>2</sup> por pavimento, cujo projeto (ver Figura 2 e 3) está disponível gratuitamente no site da empresa TQS como parte de seu material de treinamento em concreto armado.

Figura 1 – Residência selecionada para o estudo de caso.



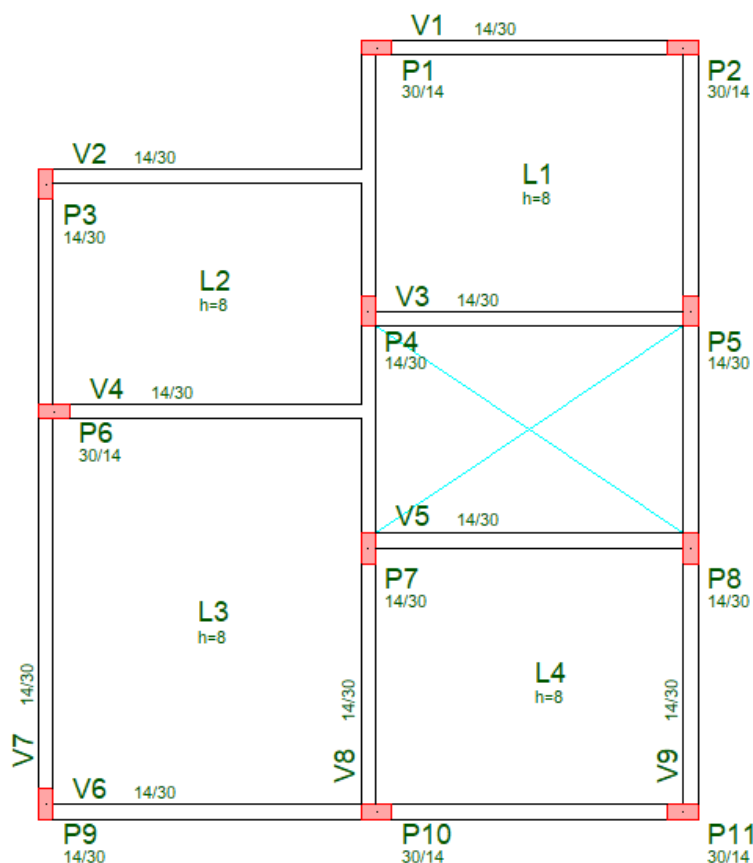
Fonte: TQS < <https://cdn.tqs.com.br/docs/media/1be8bccdc486b03e78f0dc40628288d7.png> >

Figura 2 – Projeto arquitetônico da residência selecionada.



Fonte: TQS < <https://cdn.tqs.com.br/docs/media/e7eae646fb3acc4b89de6522d53879c3.png> >

Figura 3 – Planta de fôrmas pavimento térreo.



Fonte: TQS < <https://cdn.tqs.com.br/docs/media/6a7427d53811d411e952e4ece633fdb4.png> >

### 2.1 Etapas detalhadas da atividade

- **Pré-teste:** aplicado a todos os estudantes para avaliar seus conhecimentos prévios e percepções iniciais sobre o pré-dimensionamento de pilares.
- **Atividade prática:** realizada em sala, com divisão dos grupos e execução orientada da tarefa.
- **Pós-teste:** aplicado apenas ao Grupo Experimental, com perguntas específicas sobre a interação com a IA, dificuldades encontradas, prompts utilizados e percepção geral sobre a utilidade da ferramenta no processo de aprendizagem.

Os formulários completos do pré e pós-teste estão apresentados nos Apêndices A e B do presente trabalho. O estudo foi conduzido com acompanhamento docente em ambos os grupos, assegurando igualdade de condições em termos de tempo e critérios de avaliação. A análise dos resultados buscou identificar não apenas o desempenho técnico dos alunos, mas também aspectos subjetivos como segurança, autonomia e clareza conceitual no uso de ferramentas digitais emergentes aplicadas à concepção estrutural.

É importante destacar que os alunos tiveram acesso ao projeto arquitetônico e à planta de fôrmas, porém, as dimensões indicadas para os elementos estruturais foram ocultadas, mantendo-se apenas sua disposição.

O enunciado da atividade propunha que fosse realizado o pré-dimensionamento especificamente do P5 e do P11, respectivamente classificados, conforme posição em planta, em pilar de extremidade e pilar de canto. Os critérios de dimensionamento deveriam estar em conformidade com as prescrições da NBR 6118:2023 — Projeto de Estruturas de Concreto.

Ademais foram fornecidos o tipo de aço (CA-50), a classe do concreto (C25) e a carga (10 kN/m<sup>2</sup>).

Ressalta-se que o presente estudo possui caráter exploratório e não se propôs à aplicação de testes estatísticos inferenciais, dada a amostra reduzida e o foco na análise qualitativa e perceptiva dos participantes. Os dados quantitativos foram utilizados apenas de forma descritiva, com o intuito de apoiar a compreensão dos resultados observados.

### 3. RESULTADOS/ DISCUSSÕES

A partir da análise dos dados coletados via formulário foi possível identificar aspectos relevantes acerca o uso da inteligência artificial generativa no processo de ensino-aprendizagem do pré-dimensionamento de pilares de concreto armado por estudantes de Arquitetura e Urbanismo.

No questionário diagnóstico (pré-teste), aplicado aos 18 estudantes da turma, 66,67% afirmaram já ter tido algum contato prévio com o tema (ver Figura 4), sendo que a maioria desses (83,33%) relatou que esse contato ocorreu em sala de aula, enquanto os demais (16,67%) atribuíram a familiaridade ao estudo autodirigido (ver Figura 5).

Figura 4 – Pergunta 1 pré-teste.

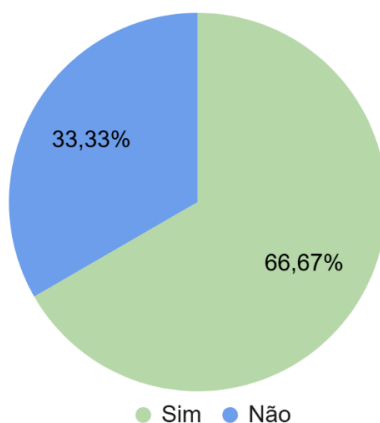
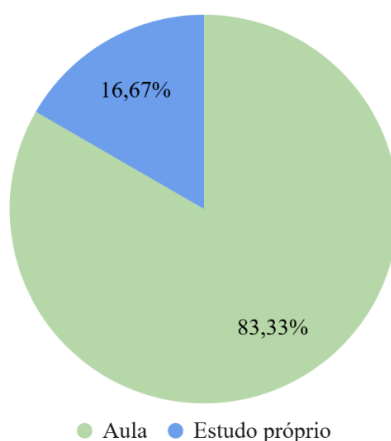


Figura 5 – Pergunta 2 pré-teste.



Além disso, nenhum estudante declarou ter domínio pleno do processo de pré-dimensionamento. A maior parte (66,67%) afirmou ser capaz de realizar alguns cálculos pontuais ou possuir apenas conhecimentos básicos (22,22%), conforme ilustra a Figura 6.

Quando questionados sobre as principais dificuldades enfrentadas, 6 estudantes apontaram a conversão de unidades, 5 relataram dificuldades na escolha de seções adequadas, 4 em interpretação dos resultados, 1 na aplicação de normas técnicas, e 2 indicaram outras dificuldades (ver Figura 7). Estes últimos especificaram, de forma coincidente, a determinação correta da área de influência como ponto crítico.

Figura 6 – Pergunta 3 pré-teste.

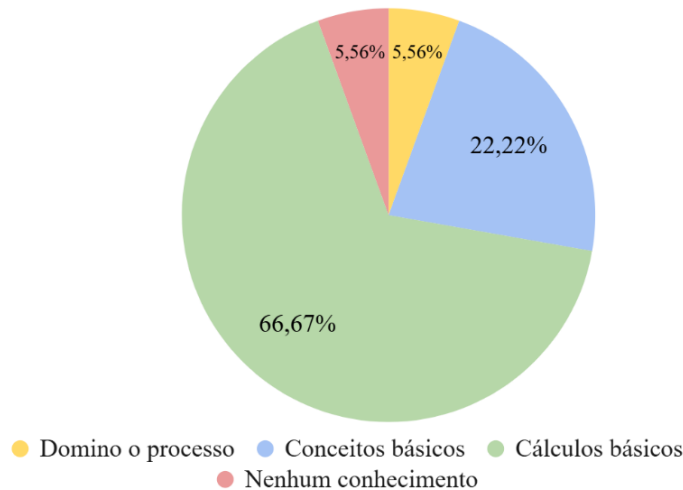
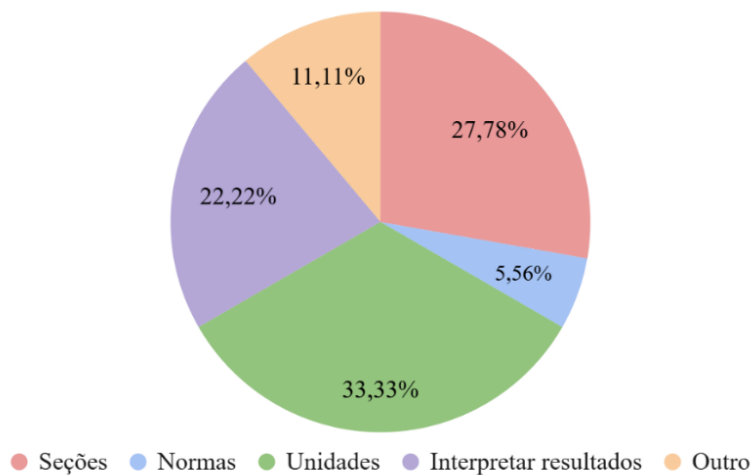
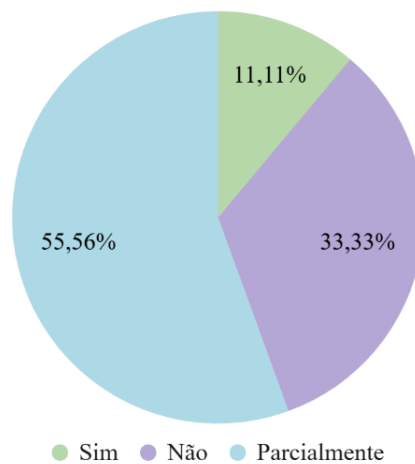


Figura 7 – Pergunta 4 pré-teste.



Por fim, apenas 11,11% dos estudantes se disseram confiantes para realizar um pré-dimensionamento de pilares de maneira autônoma (ver Figura 8), o que reforça a percepção de insegurança recorrente diante de tarefas estruturais mais técnicas — aspecto já evidenciado em estudos recentes voltados ao ensino de estruturas para arquitetos (MATTANA; SOUZA, 2022; VALENCIA; SARAY; GARCÍA, 2024).

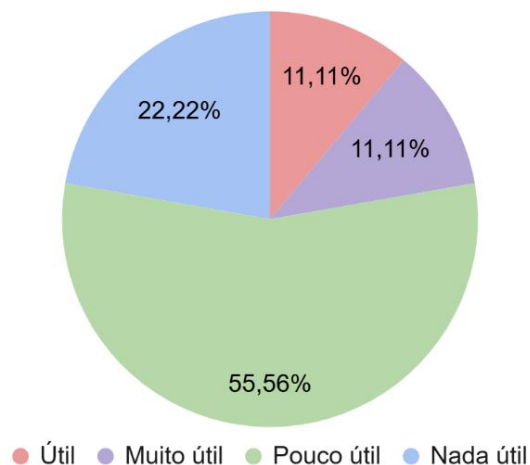
Figura 8 – Pergunta 5 pré-teste.



No pós-teste, aplicado exclusivamente aos nove estudantes que utilizaram o ChatGPT como apoio na atividade prática, os resultados revelaram uma percepção predominantemente negativa em relação ao uso da inteligência artificial generativa no processo de pré-dimensionamento de pilares.

Na pergunta 1, que investigava a utilidade da IA no processo, 55,56% dos participantes consideraram o uso do ChatGPT como “pouco útil” para a tarefa de pré-dimensionamento, 22,22% o classificaram como “nada útil”, enquanto apenas 11,11% o consideraram “muito útil” ou “útil”. Esse panorama evidencia uma recepção fria à ferramenta, sinalizando que, para a maioria dos estudantes, o suporte oferecido pela IA não atendeu às expectativas nem substituiu de forma eficaz os recursos tradicionais de aprendizado.

Figura 9 – Pergunta 1 pós-teste.

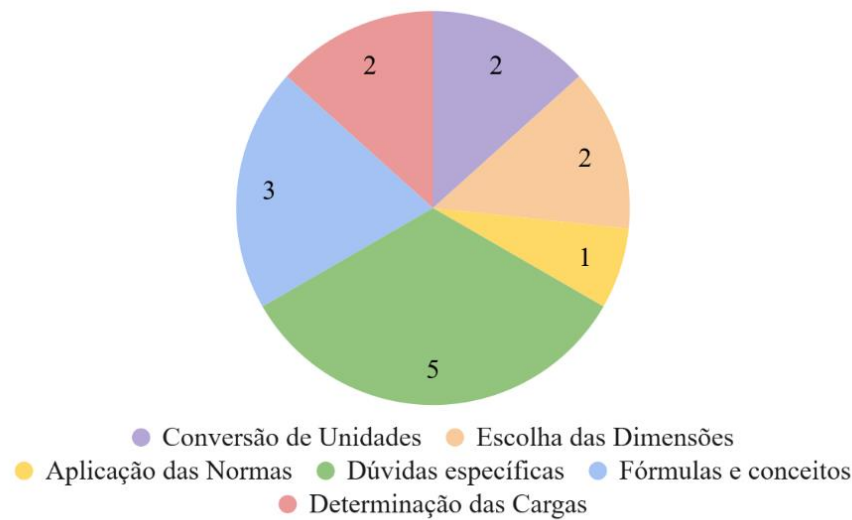


Apesar disso, os dados da pergunta 2 indicam que a IA foi utilizada em diversas frentes durante a resolução do exercício, como ilustra a Figura 10. As áreas mais mencionadas foram:

- Dúvidas específicas;
- Fórmulas e conceitos;



Figura 10 – Pergunta 2 pós-teste.



Essas respostas sugerem que, ainda que sua utilidade geral tenha sido questionada, a IA cumpriu um papel funcional em pontos específicos do processo, especialmente nos momentos em que os estudantes buscavam revisão conceitual rápida ou auxílio na tradução de unidades e parâmetros.

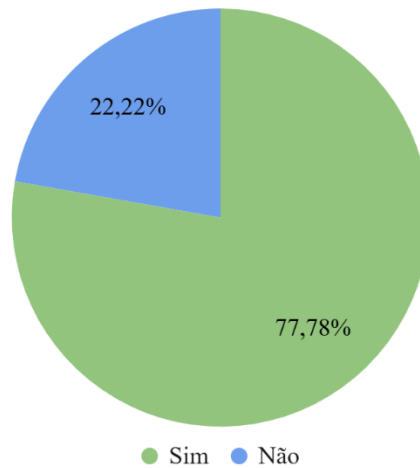
Na pergunta 3, os estudantes compartilharam exemplos de prompts utilizados:

- “Como calcular área de influência em pilares de concreto armado?”;
- “Com base nessa planta e nesse enunciado realize o pré-dimensionamento do pilar de canto e do pilar de extremidade”;
- “Transforme as unidades x e y”;
- “Qual a carga padrão por m<sup>2</sup> em um pavimento de concreto armado?”;
- “Como saber se um pilar está de acordo com a NBR 6118?”.

Na pergunta 4, sobre a utilidade desses comandos, alguns estudantes relataram que as respostas fornecidas ajudaram na revisão de conceitos, outras na resolução de fórmulas e na conversão de unidades, mas outros apontaram respostas genéricas ou pouco aplicáveis ao contexto do exercício proposto, revelando limitações da ferramenta quando aplicada a situações mais específicas do ensino técnico.

Quanto à formulação dos prompts (pergunta 5), 77,78% dos estudantes relataram dificuldades na elaboração, sobretudo relacionadas ao uso da terminologia técnica e à necessidade de adaptar a linguagem para obter respostas mais precisas, conforme ilustra a Figura 11. Houve relatos também de má compreensão das fórmulas por parte da IA, com uma tendência a forçar a geração de imagens relacionadas ao exercício proposto, inclusive com a indicação da disposição das armaduras (item esse não solicitado).

Figura 11 – Pergunta 5 pós-teste.



Na pergunta 7, que solicitava uma comparação entre o processo com e sem o uso da IA, os resultados foram distribuídos de forma bastante equilibrada (ver Figura 12): 22,22% dos estudantes afirmaram que o uso da IA facilitou significativamente o processo; 33,34% indicaram que houve apenas uma diferença mínima; 22,22% relataram não ter percebido diferença; e outros 22,22% afirmaram que a IA, na verdade, dificultou a realização da tarefa. Esses dados sugerem uma percepção heterogênea quanto ao impacto da ferramenta, indicando que sua eficácia está fortemente condicionada à forma como é utilizada e ao nível de preparo dos usuários para interagir com ela.

Por fim, na pergunta 8, 66,67% dos estudantes afirmaram que recomendariam o uso da IA em outras disciplinas do curso de Arquitetura e Urbanismo (ver Figura 13), o que demonstra uma abertura para a exploração da ferramenta em contextos variados. Mesmo que não tenham sido questionados quais seriam essas outras disciplinas, alguns estudantes de maneira autônoma apontaram que essa recomendação estaria vinculada a disciplinas majoritariamente teóricas, sem a necessidade do envolvimento de cálculos e equações.

Figura 12 – Pergunta 7 pós-teste.

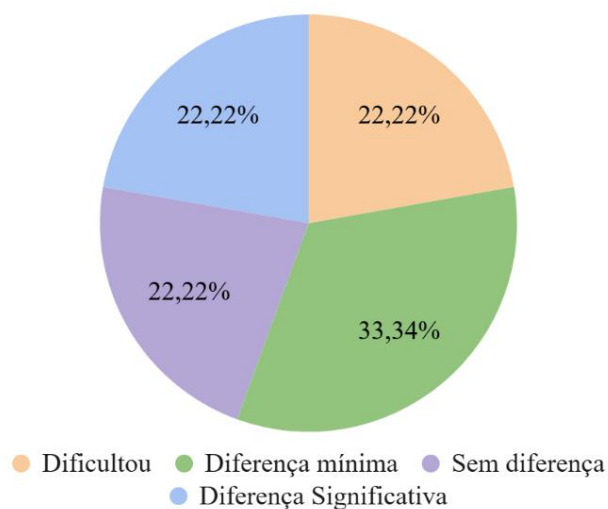
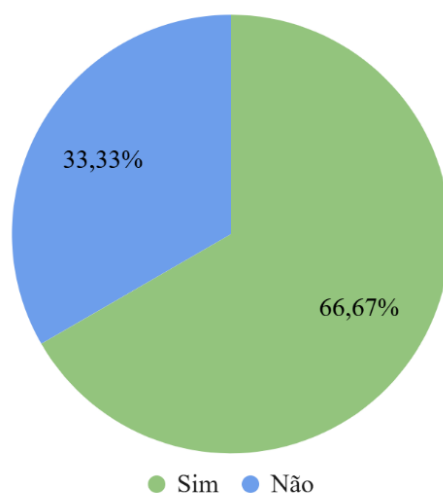


Figura 13 – Pergunta 8 pós-teste.



Em síntese, os resultados do pós-teste indicam uma recepção cautelosa e predominantemente crítica em relação ao ChatGPT como recurso pedagógico no ensino de estruturas. Embora alguns estudantes tenham reconhecido sua utilidade pontual — sobretudo em tarefas operacionais como conversão de unidades ou revisão de conceitos — a maioria não o considerou uma ferramenta eficaz para aprofundar a aprendizagem estrutural. A distribuição equilibrada das respostas na comparação com métodos anteriores revela que a percepção sobre o impacto da IA é heterogênea e fortemente condicionada ao modo de uso, à clareza dos comandos e ao repertório técnico dos usuários.

Outro ponto relevante é que os estudantes não receberam nenhuma orientação formal sobre engenharia de prompts ou estratégias específicas de interação com a IA. Foram incentivados a explorar a ferramenta de forma livre, com a única ressalva de que seu uso deveria ser de apoio — e não de substituição — à resolução da atividade. Essa ausência de preparo pode ter limitado os resultados, evidenciando barreiras técnicas e comunicacionais que impactaram negativamente a experiência.

Diante disso, reforça-se a importância da mediação docente crítica e ativa no uso de tecnologias emergentes. Não basta inserir a IA no ambiente educacional: é necessário capacitar os estudantes para interagir com essas ferramentas com intencionalidade, discernimento e domínio técnico mínimo. A oferta de uma aula introdutória sobre a formulação de prompts eficazes — abordando vocabulário técnico, clareza de contexto e refinamento iterativo das perguntas — pode representar um diferencial importante nesse processo.

Além disso, uma estratégia complementar seria restringir o uso da IA generativa a ambientes treinados com o material didático do próprio docente, em vez de permitir consultas livres à internet. Essa limitação intencional pode reduzir ruídos informacionais, aumentar a precisão das respostas e fortalecer a coerência entre os conteúdos abordados em sala e os resultados obtidos pelos estudantes.

Além da análise perceptiva realizada por meio dos questionários aplicados no pré e pós-teste, também foi avaliado o desempenho técnico dos estudantes com base na resolução da atividade proposta. Especificamente, verificou-se quantos alunos chegaram corretamente ao valor do pré-dimensionamento dos pilares indicados no enunciado (P5 e P11).

Dos 18 estudantes participantes, 11 obtiveram o resultado correto. Dentre esses, 8 pertenciam ao grupo experimental — que utilizou o ChatGPT como ferramenta de apoio — e 3 integravam o grupo controle, que contou apenas com os materiais fornecidos em aula.

Esse dado permitiu comparar, ainda que de forma exploratória, o desempenho técnico entre os dois grupos. A análise revelou uma diferença quantitativa a favor do grupo que utilizou a IA generativa, sugerindo uma possível correlação entre o uso orientado da tecnologia e a obtenção de melhores resultados. Embora não se trate de uma inferência estatística, esse indicativo contribui para uma compreensão mais objetiva sobre o impacto do uso da IA no desempenho técnico dos estudantes — complementando as percepções subjetivas expressas nos formulários e ampliando a leitura sobre sua aplicabilidade no ensino de estruturas.

Embora a percepção sobre a IA tenha sido predominantemente crítica, o desempenho técnico revelou uma vantagem quantitativa clara. Isso sugere que, mesmo com limitações no uso da ferramenta, a IA pode ter contribuído de forma concreta para a resolução correta da tarefa — reforçando seu potencial como recurso complementar no ensino técnico.

#### **4. CONCLUSÃO/ CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Os resultados deste estudo indicam que o uso da inteligência artificial generativa, especificamente o ChatGPT, no apoio ao pré-dimensionamento de pilares por estudantes de Arquitetura e Urbanismo, foi recebido com cautela e criticidade. Embora alguns participantes tenham reconhecido a utilidade pontual da ferramenta — especialmente na revisão de conceitos e na conversão de unidades —, a maioria não a percebeu como um suporte eficaz para o desenvolvimento completo da atividade.

Fatores como a ausência de uma formação prévia sobre engenharia de prompts, o uso livre e não orientado da IA, e a falta de integração com fontes normativas e materiais técnicos específicos contribuíram para esse cenário. A literatura já aponta que o uso irrestrito da IA, com acesso amplo à internet, pode comprometer a confiabilidade das respostas — o que se confirmou neste contexto. A experiência evidencia que, em tarefas que exigem rigor técnico, como o pré-dimensionamento estrutural, a mediação docente é essencial para garantir o uso qualificado dessas ferramentas.

Apesar disso, a atividade revelou que, quando bem direcionada, a IA pode atuar como facilitadora de processos e como ferramenta complementar no aprendizado, sobretudo ao reduzir bloqueios iniciais e oferecer apoio imediato em dúvidas conceituais.

Embora os resultados não tenham sido tratados por meio de testes estatísticos, as análises descritivas e qualitativas fornecem subsídios relevantes para compreender o potencial e as limitações do uso da IA generativa no ensino de estruturas, especialmente no contexto do curso de Arquitetura, cuja formação apresenta especificidades pedagógicas e desafios próprios na assimilação de conteúdos técnicos.

Apesar da recepção crítica registrada nos questionários, o desempenho técnico superior do grupo com acesso à IA sinaliza que, quando bem direcionada, a ferramenta pode favorecer a obtenção de resultados mais precisos, mesmo em tarefas com alto grau de complexidade técnica.

Dessa forma, para que ferramentas como o ChatGPT contribuam de maneira efetiva com o ensino de estruturas na Arquitetura, é imprescindível o fortalecimento do papel docente como curador de conteúdo e mediador crítico da aprendizagem. Recomenda-se que futuras experiências envolvam capacitação prévia dos estudantes na formulação de prompts, bem como o uso da IA em ambientes controlados, alimentados apenas com os materiais do próprio curso. Tal abordagem — mais alinhada à ideia de um assistente dedicado — pode oferecer respostas mais consistentes, reduzir ruídos informacionais e ampliar o potencial pedagógico dessas tecnologias no ensino superior.

Portanto, com base nos achados, indicam-se três diretrizes para a integração responsável da IA generativa ao ensino técnico na arquitetura: (1) capacitação prévia dos estudantes em formulação de prompts e vocabulário técnico; (2) uso da IA em ambientes controlados,

vinculados a materiais didáticos específicos; e (3) mediação ativa do docente, orientando criticamente o uso da ferramenta e validando os resultados obtidos.

## 5. REFERÊNCIAS

ADAMS, C. et al. Ethical principles for artificial intelligence in K-12 education. *Computers and Education: Artificial Intelligence*, v. 4, 1 jan. 2023.

AKGUN, S.; GREENHOW, C. Artificial intelligence in education: Addressing ethical challenges in K-12 settings. *AI and Ethics*, v. 2, n. 3, p. 431–440, 22 ago. 2022. Disponível em: <<https://link.springer.com/10.1007/s43681-021-00096-7>>.

ANDREÃO, P. V. METODOLOGIAS ATIVAS NO ENSINO DE ESTRUTURAS NO CURSO DE ARQUITETURA E URBANISMO. *Pensar Acadêmico*, v. 20, n. 2, 2022.

BULHÕES DA NÓBREGA, P. G.; SHIMURA DA DÓBREGA, S. H. ENGENHEIRO CIVIL X ARQUITETO: CONFLITO NO APRENDIZADO DAS ESTRUTURAS. *Revista de Ensino de Engenharia*, v. 39, n. 1, p. 183–191, 2020.

COSTA, E. N. P. CENÁRIOS DIDÁTICO-PEDAGÓGICOS PARA O ENSINO DE ESTRUTURAS EM CURSOS DE ARQUITETURA E URBANISMO. 2024. Disponível em: <<https://www.deviantart.com/diegolopezmata/art/Utilitas-firmitas-venustas-585366841>>.

COSTA JÚNIOR, J. F. et al. O FUTURO DA APRENDIZAGEM COM A INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL APLICADA À EDUCAÇÃO 4.0. *EDUCAÇÃO, HUMANIDADES E CIÊNCIAS SOCIAIS*, v. 07, n. 14, 2023. Disponível em: <<https://orcid.org/0000-0001-7908-3328>>.

DAKAKNI, D.; SAFA, N. Artificial intelligence in the L2 classroom: Implications and challenges on ethics and equity in higher education: A 21st century Pandora's box. *Computers and Education: Artificial Intelligence*, v. 5, 1 jan. 2023.

DÍAZ, B.; NUSSBAUM, M. Artificial intelligence for teaching and learning in schools: The need for pedagogical intelligence. *Computers and Education*, v. 217, 1 ago. 2024.

DISCHER, M. G.; SANTOS, G. D. J.; TELES, E. O. Utilização de Inteligência Artificial para Análise e Dimensionamento de Estruturas em Concreto Armado: uma prospecção tecnológica. *Cadernos de Prospecção*, v. 15, n. 4, 2022.

EUROPEAN COMMISSION. *Ethical guidelines on the use of artificial intelligence (AI) and data in teaching and learning for Educators*. Disponível em: <[https://school-education.ec.europa.eu/system/files/2023-12/ethical\\_guidelines\\_on\\_the\\_use\\_of\\_artificial\\_intelligence-nc0722649enn\\_0.pdf](https://school-education.ec.europa.eu/system/files/2023-12/ethical_guidelines_on_the_use_of_artificial_intelligence-nc0722649enn_0.pdf)>. Acesso em: 25 jun. 2025.

FARHI, F. et al. Analyzing the students' views, concerns, and perceived ethics about chat GPT usage. *Computers and Education: Artificial Intelligence*, v. 5, 1 jan. 2023.

FERNANDO, J. et al. REBENA Revista Brasileira de Ensino e Aprendizagem A inteligência artificial como ferramenta de apoio no ensino superior Artificial intelligence as a support tool

in higher education. v. 6, p. 246–269, 2023. Disponível em: <<https://rebenamnuvens.com.br/revista/index>>.

GUERGUIS, M. et al. Visualizing Structures: Integrative Methodology for Teaching Structural Principles to Architecture Students. 23 ago. 2021, Guilford, UK: [s.n.], 23 ago. 2021. p. 1–12. Disponível em: <<https://www.researchgate.net/publication/358748710>>.

MATTANA, L.; SOUZA, J. C. Ensino-aprendizagem de projetos de estruturas para arquitetura com tecnologias educacionais. *PARC Pesquisa em Arquitetura e Construção*, v. 13, p. e022011, 4 mar. 2022.

MCGRATH, C. et al. University teachers' perceptions of responsibility and artificial intelligence in higher education - An experimental philosophical study. *Computers and Education: Artificial Intelligence*, v. 4, 1 jan. 2023.

MEMARIAN, B.; DOLECK, T. Fairness, Accountability, Transparency, and Ethics (FATE) in Artificial Intelligence (AI) and higher education: A systematic review. *Computers and Education: Artificial Intelligence*, v. 5, 1 jan. 2023.

MORAES, A. C.; VALLE, M. R. DO V. I. Análise sobre o ensino de estruturas em madeira nas escolas de Arquitetura e Urbanismo do Brasil. *Paranoá: cadernos de arquitetura e urbanismo*, n. 26, p. 82–95, 28 maio 2020.

NGUYEN, A. et al. Ethical principles for artificial intelligence in education. *Education and Information Technologies*, v. 28, n. 4, p. 4221–4241, 1 abr. 2023.

OLMEDO, C.; CALLE, A.; ANTUÑA, J. What is built and what is taught: The difference between teaching and professional practice in building structures. *Architecture, Structures and Construction*, v. 2, n. 4, p. 685–698, dez. 2022.

RESENDE, C. C.; VELOSO, M. F. D. O ensino da concepção estrutural no ateliê de projeto de edifícios verticais: um estudo de caso na Universidade Federal do Rio Grande do Norte. *Gestão & Tecnologia de Projetos*, v. 16, n. 2, p. 197–211, 12 mar. 2021.

RODRIGUES, P. F. N. et al. The teaching of structures to architecture students at the Universidade Federal do Rio de Janeiro: recent experiences and propositions for the future. *Cuadernos de Educación y Desarrollo*, v. 17, n. 2, p. e7598, 21 fev. 2025. Disponível em: <<https://ojs.cuadernoseducacion.com/ojs/index.php/ced/article/view/7598>>.

SALVADORI, M.; HELLER, R. *Structure in Architecture*. New Jersey: Prentice-Hall, 1963.

SILVA, F. T. DA. Concepção estrutural integrada à arquitetura auxiliada pela inteligência artificial. *Gestão & Tecnologia de Projetos*, v. 17, n. 3, p. 181–200, 15 set. 2022.

SILVA, F. T. DA. Experiências com ferramentas digitais no ensino de estruturas arquitetônicas. *PARC Pesquisa em Arquitetura e Construção*, v. 12, p. e021022, 18 ago. 2021.

UNESCO. *Recommendation on the ethics of artificial intelligence*. Disponível em: <[https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000381137\\_por](https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000381137_por)>. Acesso em: 25 jun. 2025.

VALENCIA, J. A. G.; SARAY, F. J. M. DEL C.; GARCÍA, A. G. Mejora del proceso de enseñanza aprendizaje en educación superior: aula invertida en materias de estructuras en carrera de arquitectura. *South Florida Journal of Development*, v. 5, n. 7, p. e4151, 19 jul. 2024.

VALVERDES, L. C. M.; PAULETTI, R. M. DE O.; BITECOURT JÚNIOR, L. A. G. EXPERIÊNCIAS TÁTEIS NO ENSINO DE SISTEMAS ESTRUTURAIS. 27 out. 2022, [S.l.]: Revista de Ensino em Engenharia, 27 out. 2022.

## APÊNDICE A – FORMULÁRIO PRÉ-TESTE

### Experiência Prévia

1 - Você já teve algum contato com o pré-dimensionamento de pilares? ( ) Sim ( ) Não

2 - Se sim, onde aprendeu?

( ) Aula ( ) Curso ( ) Estudo próprio ( ) Outro: \_\_\_\_\_

3 - Como você avalia seu nível de conhecimento sobre pré-dimensionamento de pilares?

( ) Nenhum conhecimento

( ) Conheço conceitos básicos

( ) Sei fazer alguns cálculos

( ) Tenho domínio do processo

### Percepção Inicial

4 - O que você considera mais difícil no pré-dimensionamento de pilares de concreto armado?

( ) Determinar as cargas

( ) Escolher seções adequadas

( ) Aplicar as normas técnicas

( ) Converter as unidades

( ) Interpretar os resultados

( ) Outro: \_\_\_\_\_

5 - Você se sente confiante para realizar um pré-dimensionamento de pilares de concreto armado sozinho(a)?

( ) Sim ( ) Não ( ) Parcialmente



## APÊNDICE B – FORMULÁRIO PÓS-TESTE

### Autoavaliação do Uso da IA

1 - Como você avalia o apoio da IA (ChatGPT) no processo de pré-dimensionamento de pilares de concreto armado?

- ☐ Muito útil
- ☐ Útil
- ☐ Pouco útil
- ☐ Nada útil

2 - Quais áreas você mais utilizou a IA para auxiliar no pré-dimensionamento de pilares de concreto armado? (Marque todas que se aplicam)

- ☐ Cálculo das cargas
- ☐ Escolha das dimensões
- ☐ Verificação de normas e requisitos legais
- ☐ Resolução de dúvidas específicas durante o cálculo
- ☐ Explicações sobre conceitos e fórmulas
- ☐ Conversão de unidades
- ☐ Outro (especificar): \_\_\_\_\_

### Interação com a IA

3 - Quais foram os principais prompts que você utilizou ao interagir com o ChatGPT para realizar o pré-dimensionamento de pilares? (Compartilhe as perguntas exatas que você fez ou uma descrição dos comandos principais que usou).

4 - Como esses prompts ajudaram no seu processo de pré-dimensionamento?

### Desafios e Dificuldades

5 - Você encontrou alguma dificuldade ao formular os prompts para interagir com a IA?

- ☐ Sim
- ☐ Não

6 - Se sim, quais foram as principais dificuldades que você enfrentou ao criar os prompts ou ao interagir com a IA?

### Comparação de Desempenho

7 - Para você, qual foi a diferença entre o processo de pré-dimensionamento feito sem a IA em outros momentos e o feito com o auxílio da IA nessa atividade?

- ☐ O uso da IA facilitou o processo de forma significativa.
- ☐ O uso da IA ajudou, mas não fez uma grande diferença.
- ☐ Não percebi diferença.
- ☐ O uso da IA tornou o processo mais difícil.

### Feedback Geral

8 - Você recomendaria o uso de IA generativa, como o ChatGPT, para auxiliar no aprendizado de outras disciplinas de arquitetura?

- ☐ Sim
- ☐ Não



O conteúdo deste trabalho pode ser usado sob os termos da licença Creative Commons Attribution 4.0. Qualquer outra distribuição deste trabalho deve manter a atribuição ao(s) autor(es) e o título do trabalho, citação da revista e DOI.