Capítulo 24

Resolvam as Vigas no Computador: O Uso de IA Generativa no Ensino de Engenharia Civil

Solve the Beams on a Computer: The Use of Generative AI in Civil Engineering Education

Rodrigo de Azevêdo Neves

Prof. Dr. Departamento de Engenharia Civil – Universidade Estadual do Maranhão. Currículo Lattes: https://lattes.cnpq.br/9795992540167364

Resumo: A partir de uma experiência vivida em 1996, quando um professor universitário orientou uma turma a realizar uma atividade no computador, até então uma novidade, este trabalho discute a chegada da inteligência artificial (IA) generativa ao ensino de Engenharia Civil. Apresentam-se três dilemas: a duração do curso diante de ferramentas que mudam com muita frequência, a assimetria no domínio das ferramentas entre docentes e discentes e a motivação destes últimos para o aprendizado de fundamentos teóricos quando uma máquina pode fornecer uma resposta em segundos. Com apoio na literatura, argumenta-se que a questão central não é ter a habilidade de realizar à mão as mesmas atividades que uma máquina realiza, mas ser capaz de validar criticamente o resultado, dado o caráter não determinístico da IA generativa. Por fim, são discutidas ideias de inclusão de ferramentas de IA em sala de aula e de avaliação do aluno com base na forma como formula os prompts, verifica e corrige os resultados produzidos pela IA, bem como o papel da instituição na oferta de acesso a essas ferramentas.

Palavras-chave: inteligência artificial generativa; ensino de engenharia civil; pensamento crítico; validação de resultados; fundamentos.

Abstract: Starting from an experience in 1996, when a university professor instructed a class to carry out a computer-based activity, a novelty for them at the time, this work discusses the arrival of generative artificial intelligence (AI) in Civil Engineering education. Three dilemmas are presented: the length of the degree program in the face of rapidly changing tools, the asymmetry in tool mastery between faculty and students, and the motivation of students to learn theoretical fundamentals when a machine can provide an answer in seconds. Drawing on the literature, it is argued that the central question is not having the ability to manually perform the same tasks as a machine, but rather being able to critically validate the output, given the non-deterministic nature of generative AI. Finally, the study discusses ideas for integrating AI tools in the classroom and for evaluating students based on how they formulate prompts, verify and correct the results produced by AI, as well as the role of the institution in providing access to these tools.

Keywords: generative artificial intelligence; civil engineering education; critical thinking; result validation; fundamentals.

INTRODUÇÃO

O ano era 1996 e estávamos no primeiro semestre letivo cursando a disciplina de Pontes I no âmbito do curso de Engenharia Civil da Universidade Estadual do Maranhão com o professor Ivar Hortegal. Ele expunha a sua excelente didática com

DOI: 10.47573/aya.5379.3.8.24

os recursos disponíveis à época. No quadro verde, escrevia à mão, com giz e com aquela caligrafia de quem treinou muito na infância e na profissão, deixando o próprio professor e a sala cheios de pó. Os discentes ouviam, anotavam e acompanhavam a evolução do raciocínio como podiam a cada premissa e informação nova que era colocada. Era só o que tínhamos, mas dava certo, já que acabávamos assimilando.

Já próximo ao final da disciplina, Ivar passou um trabalho no tamanho padrão dos anos 1990: dimensionar e detalhar uma ponte com algumas lajes, várias vigas contínuas de concreto armado com muitos vãos e alguns poucos pilares. Como a tarefa era individual, ela se constituía em uma jornada bastante trabalhosa, até pelo grau de repetição. Um trabalho enorme. Em dado instante, alguém da turma se queixou da quantidade de cálculos. A resposta, que ficou gravada na minha mente como se esculpida em rocha, veio sem rodeios: “Resolvam as vigas no computador!” (Figura 1).

Figura 1 – Aula de Pontes I em 1996 no quadro verde.



Fonte: elaborada pelo autor com o Gemini (Google, 2026). Imagem meramente ilustrativa.

A turma estranhou e ele repetiu a frase.

Ali, o professor plantou a semente em nós, futuros engenheiros: deveríamos usar um software de computador para as tarefas grandes e repetitivas e não podíamos sair da faculdade sem ter feito essa atividade, ou pelo menos tentado uma vez calcular os esforços solicitantes de uma viga no computador. Era a ferramenta que o mercado já estava usando de forma cada vez mais comum e que nós precisávamos aprender a usar. “Entrem com os dados, tirem os diagramas e os desenhos e façam a tarefa. É o futuro!”

O curso não tinha computadores disponíveis para os alunos, nem laboratórios com uma máquina sequer, pois os equipamentos custavam muito caro e talvez os gestores da Universidade daquela época ainda não tivessem sido alertados para essa necessidade que já era premente. Diante disso, cada aluno foi atrás de quem

tinha computador e encontrou a sua própria “solução”; todos acabaram fazendo a atividade como o professor orientou. Aprendemos e saímos com a sensação de estar na crista da onda. Entendo hoje que o principal benefício foi romper a barreira inicial de sair da inércia e dar o primeiro passo, que talvez seja o maior desafio humano diante das mudanças.

Trinta anos depois, lembro-me dessa cena com certa frequência porque estamos participando de algo parecido, só que em escala muito maior e numa velocidade que nenhum de nós tinha visto antes.

DESENVOLVIMENTO

A Mudança Está no Corredor

Corta para hoje. A inteligência artificial (IA) generativa chegou a praticamente todas as áreas do conhecimento: engenharia, medicina, psicologia, direito, ciências agrárias, sociais, biológicas, robótica etc. Um colega comentou recentemente que já não acredita que um texto, uma imagem ou um e-mail seja feito hoje sem alguma ajuda de IA e que dificilmente um artigo científico, uma dissertação, uma tese ou mesmo um texto como este escape disso. Concordo com ele. A mudança não está em um laboratório distante como os da NASA, mas sim no corredor da Universidade, na sala de aula e naquela roda de alunos de onde brotam as ideias que transformam vidas e podem impactar a sociedade (Figura 2). Essa visão, é claro, é restrita ao ecossistema do ensino superior e decorre da minha ótica, mas parece evidente que grande parte das atividades humanas sofre hoje alguma influência de informações obtidas das máquinas sem interferência humana direta. Para situar o texto no tempo e evitar estranhamento caso seja lido por alguém daqui a dez anos, registro que estamos hoje no último trimestre de 2026.

Figura 2 – Aula de Engenharia Civil em 2026: professor e alunos analisando resultado de IA.



Fonte: elaborada pelo autor com o Gemini (Google, 2026). Imagem meramente ilustrativa.

Quem ainda não despertou e tem alguma curiosidade pode fazer um teste simples: perguntar aos mais jovens qual IA eles estão usando. A resposta vem rápido, com nomes mais ou menos comuns e mostra que eles estão à frente na tarefa de sair da inércia, obviamente motivados pela necessidade de cumprir as suas obrigações. Por exemplo, em uma reunião recente de professores universitários, da qual participava somente um aluno, foi ele o primeiro a tecer comentários sobre a parte técnica do assunto quando foram levantadas as primeiras questões. Falou de forma superficial, é verdade, mas falou e o fez antes de qualquer outra pessoa se manifestar. A limitação teórica dele é óbvia, por enquanto, mas não podemos prever o que vem por aí. Nunca tivemos controle sobre o futuro, mas agora parece que temos ainda menos.

Para quem ainda não teve contato com IA, a recomendação é direta: comece logo. Já no primeiro prompt, constata-se que se está diante de algo sem precedentes e avassalador em termos de tecnologia. Os aplicativos comerciais mudam praticamente toda semana e não sabemos quais serão os limites de uso, o que será permitido ou proibido em termos de ensino, embora profissionalmente seja claro que o uso já é intenso. Há também o lado sombrio, que um colega lembrou com fundamento: a mesma tecnologia serve a ataques digitais, à espionagem e aos armamentos. Nada disso, porém, muda o essencial e, pessoalmente, entendo que ficar de fora não é uma opção e nem mesmo deverá ser possível. A mudança deve se confirmar profunda, sistêmica, operacional e cultural com o passar de poucos anos.

TRÊS DILEMAS PARA A UNIVERSIDADE

Para quem leciona no ensino superior, particularmente em Engenharia, e entende o ensino como efetiva transferência de conhecimento, a transformação cria pelo menos três situações a discutir.

A primeira é a duração do curso. O bacharelado em Engenharia Civil leva no mínimo cinco anos, mas as ferramentas tecnológicas estão mudando a cada semana. Caso adaptemos hoje, por exemplo, um projeto pedagógico a uma determinada ferramenta ou processo que o aluno aprenderá no primeiro semestre, esse processo ainda existirá no último semestre? É possível que não. Isso desloca o foco da ferramenta para o fundamento: ensinar a usar o aplicativo ou a IA da vez tem prazo de validade curto. Também não sabemos em quanto tempo as próprias IAs tornarão obsoletos os processos que hoje são os mais modernos. É um dilema difícil, já que o enfrentamento requer escolhas imediatas cujos impactos futuros são desconhecidos e, obviamente, qualquer escolha tem uma possibilidade de erro, por melhor que seja a intenção.

A segunda é a assimetria. Muitas vezes a pessoa mais jovem (o aluno) conhece mais ferramentas do que a pessoa menos jovem (o professor), ainda que quase sempre com profundidade insuficiente. O discente escreve o prompt, mas nem sempre sabe julgar a resposta que recebe e possivelmente não detalhou o

pedido de maneira suficiente. O professor tem maior capacidade de julgamento, amparada na vivência e no conhecimento aprofundado da teoria, mas às vezes não conhece a ferramenta. Quem pode julgar a qualidade da informação nem sempre usa a ferramenta para checar a resposta e quem a usa com frequência geralmente faz perguntas superficiais e tende a acreditar em uma resposta com erros, sejam eles grandes ou pequenos, já que ainda conhece pouco do assunto. E, a meu ver, o retrato de hoje é este: cada agente do processo de ensino-aprendizagem só tem a metade das habilidades que são necessárias!

A terceira é a motivação. Diante de uma ferramenta que entrega respostas bastante complexas em segundos, o roteiro tradicional de deduzir, calcular à mão e repetir exercícios parece ao aluno um desperdício de tempo. Porém, é necessário discutir abertamente a razão e a importância do aprendizado desse conteúdo. Ele importa? Se não mostrarmos que sim, o aluno simplesmente deixará de se dedicar a ele. Ao se inteirar do uso de IA no ensino, percebe-se que outros pontos relativos à motivação saltam aos olhos: o foco no porquê, a criação de cenários e testes de hipóteses adicionais e o estímulo ao pensamento crítico com inversão de papéis passam a ocupar o cerne da discussão quando se trata do interesse pela fixação do conteúdo. Considero esse um ponto a ser bastante discutido.

FUNDAMENTOS OU FERRAMENTA?

Esses dilemas levam a uma pergunta antiga, mas de roupa nova, que já foi feita e respondida de outras formas, quando chegaram outras tecnologias, como as calculadoras (científicas, programáveis, gráficas), as planilhas eletrônicas (Lotus 1-2-3, Quattro Pro, Microsoft Excel, Google Sheets), as ferramentas de CAD (desenho assistido por computador) e mais recentemente o BIM (modelagem da informação da construção). A tecnologia vai ajudar ou atrapalhar?

“Como o aluno vai aprender logaritmos ou trigonometria se só usar calculadora científica?” era uma frase frequente nos debates de educadores dos anos 1980. É preciso saber calcular à mão a raiz quadrada com três casas decimais de um número qualquer pelo menos uma vez para poder usar uma calculadora que faz isso? Muita gente diria que não. E a experiência com essa tecnologia dá alguma razão a esse lado. Em um trabalho já antigo, se considerarmos a velocidade das mudanças tecnológicas, os autores Hembree e Dessart (1986) reuniram, por exemplo, em uma meta-análise, resultados de estudos com alunos dos ensinos fundamental e médio que usaram ou não calculadoras eletrônicas de mão nas aulas de matemática da época. Naquele momento, eles concluíram que o uso da ferramenta junto com a instrução tradicional não prejudicou, de modo geral, as habilidades de cálculo e de resolução de problemas, que em quase todas as séries se mantiveram ou melhoraram. A exceção notada foi a 4ª série (grade 4, no sistema norte-americano), em que o grupo com calculadora teve ligeira piora.

Retomando o dilema das tecnologias atuais, considero esse estudo útil, mas entendo que uma possível analogia com ele tem um limite importante, que talvez

seja o ponto central da discussão de hoje. A calculadora segue uma sequência de passos de forma determinística: para a mesma entrada, o seu programa fornece sempre a mesma saída e, se os dados de entrada estiverem certos, o resultado está certo, pois o algoritmo já foi exaustivamente validado. Já a IA generativa não funciona desse jeito. Ela pode fornecer respostas diferentes à mesma pergunta ou até respostas erradas com vários argumentos favoráveis ao seu ponto de vista, inclusive de forma muito bem escrita e convincente! Logo, quem não tem conhecimento para julgar a resposta pode se convencer de que ela está certa. Um experimento de campo conduzido por Dell'Acqua *et al.* (2026) com 758 consultores do Boston Consulting Group concluiu que a IA pode melhorar muito o desempenho em certas tarefas e piorá-lo em outras, aparentemente parecidas, sem que o usuário perceba onde está a fronteira. Dentro dessa fronteira, os consultores fizeram mais tarefas, mais rápido e com mais qualidade; fora dela, ficaram 19 pontos percentuais menos propensos a chegar à resposta correta. Os autores chamaram esse fenômeno de "fronteira tecnológica irregular". O estudo de Dell'Acqua *et al.* (2026) e o de Hembree e Dessart (1986), embora de épocas de tecnologias tão diferentes, convergiram em um ponto: o efeito da ferramenta depende de quem a usa e da tarefa realizada.

Por isso, parece que a pergunta correta hoje não é se o aluno precisa ter feito ou saber fazer à mão tudo o que a máquina fizer, e sim se precisa saber validar o resultado da IA antes de usá-lo. Parece óbvio que sim. E, para saber conferir, precisa ter passado pelo fundamento ao menos uma vez, mas como implementar isso? Entendo que esse raciocínio se repete a cada mudança de tecnologia e considero isso um dos pilares do novo ensino, esse que está logo por vir. A literatura recente também reforça esse ponto. O artigo de Bastani *et al.* (2025) mostra um experimento com cerca de mil estudantes do ensino médio em aulas de matemática na Turquia, no qual os que usaram o modelo GPT-4 foram comparados a um grupo de controle sem acesso à ferramenta. A conclusão foi que o grupo que usou a IA livremente foi melhor nos exercícios, mas, quando a ferramenta foi retirada, teve desempenho pior do que os que nunca a tinham usado (cerca de 17% menor). Na prática, não houve fixação do conteúdo nem do processo. Esses mesmos autores mostraram que o uso de um tutor de IA que, em vez de entregar respostas prontas, apenas dava pistas do caminho a seguir atenuou em grande parte esse efeito negativo.

O risco da dependência aparece também em outros trabalhos: numa pesquisa com 319 profissionais, os que confiavam mais na IA relataram menos esforço de pensamento crítico (Lee *et al.,* 2025), e, em um estudo preliminar com 54 participantes, divulgado como pré-publicação ainda sem revisão por pares, estudantes que escreveram redações com ajuda do ChatGPT mostraram menor engajamento cognitivo e, o mais importante, lembraram menos do próprio texto (Kosmyna *et al.,* 2025). A psicologia da aprendizagem já tinha uma explicação para isso. O trabalho de Bjork e Bjork (2011) chama de "dificuldades desejáveis" as condições de estudo que deixam o aprendizado inicial mais lento e trabalhoso, como espaçar, intercalar e testar, mas que ajudam a fixar o conhecimento de forma duradoura; os autores ressalvam que a dificuldade só é desejável quando o

aprendiz tem base para enfrentá-la. É provável que muitos daqueles que transferem conhecimento hoje concordem com isso: se o aprendizado é rápido demais, tende a não ser fixado por aquele que o obteve. Além disso, vale a pena salientar que julgar o que é rápido demais e o que não é também é uma tarefa subjetiva e mais ainda se levarmos em conta a heterogeneidade de uma sala de aula, que é uma nuance tênue do processo que a máquina ainda não tem habilidade para mapear.

Então, calcular a raiz quadrada à mão uma vez não tem o objetivo de substituir a calculadora. A atividade serve para que o aluno saiba reconhecer quando a calculadora recebeu dado de entrada errado ou quando uma ferramenta de IA cometeu as já conhecidas alucinações. É a checagem do processo; é a validação crítica do resultado, apoiada no senso de ordem de grandeza. No fim das contas, a capacidade crítica é o que ainda vai sustentar todo o resto e essa abordagem pode trazer boas opções para a sala de aula, mas a ideia é somente discutir o assunto e não exatamente "resolver" agora, já que não sabemos como. Enxergo que para encontrar boas escolhas na profissão, assim como na vida, é preciso conversar antes sobre as consequências de ir por este ou aquele caminho em uma bifurcação. Esta parece ser uma situação em que os professores dos engenheiros vão precisar dialogar bastante entre si.

ENSINAR A VERIFICAR

Chegamos então ao ponto principal da questão. Se a crítica é a competência central, ela precisa entrar na didática de forma deliberada e não de maneira genérica. O trabalho de Bearman *et al.* (2024) conclui que, diante da IA generativa, a educação superior deve desenvolver o que os autores chamam de "julgamento avaliativo" dos estudantes. Eles afirmam que todos precisamos ter a capacidade de avaliar a qualidade do próprio trabalho e do trabalho dos outros, inclusive o produzido por máquinas. Acrescento que isso se torna mais urgente numa era em que agentes de IA brotam às dezenas diariamente.

Na Engenharia temos uma vantagem que considero bastante importante, que é o fato de sempre termos convivido com a necessidade de checar resultados de cálculos. Muito antes das tecnologias digitais, os engenheiros se acostumaram a rotular as situações práticas de forma binária: certo ou errado, conforme ou não conforme, passa ou não passa, suficiente ou insuficiente etc. Um engenheiro estrutural com vivência na profissão olha um diagrama de momentos fletores e sabe, de imediato, se a ordem de grandeza dos valores mostrados faz sentido. Ele confere o equilíbrio, faz um cálculo simplificado à mão e compara com o que a norma exige. O engenheiro de instalações experiente checa um diagrama unifilar elétrico gerado com alguma automatização e consegue encontrar pontos fortes e fracos, oportunidades e ameaças. Além do olhar binário, os engenheiros enxergam o mundo quase como uma análise SWOT feita ao vivo. Esse repertório de observação e checagem em tempo real pode e, na verdade, deve ser ensinado da forma mais explícita possível. Essa vantagem é nítida e deve ser aproveitada diante de uma ferramenta que vai precisar de bastante checagem, pois nada mais é do que um

software, não construído sobre paradigmas determinísticos como a maior parte dos anteriores, mas, no fundo, um software.

Na prática, isso significa que precisamos deixar claro ao aluno que a atitude necessária é simples: separar o que é perene, determinístico, como os princípios físicos, o equilíbrio, a compatibilidade e os fundamentos de cada disciplina da Engenharia, daquilo que é transitório, efêmero, como a ferramenta da moda. Até as normas têm prazo de validade. A pressão final de uma instalação hidráulica real em uma edificação existente, os empuxos em um talude e a resistência de um concreto real não vão mudar, seja qual for a ferramenta tecnológica usada para a sua estimativa, pois dependem apenas de fenômenos físicos e suas propriedades.

Disso decorre uma ideia na qual acredito, que obviamente não é a única possibilidade. A sugestão é que o docente inclua a IA no rol de ferramentas, que abra o aplicativo de sua preferência na sala de aula junto com os estudantes, buscando e principalmente criticando as respostas obtidas. Além disso, é possível mudar a forma como se avalia o aluno: em vez de aplicar uma prova cobrando apenas o resultado final, o professor poderá pedir ao aluno que mostre como formulou a pergunta e como validou a resposta gerada pela IA, onde encontrou erros e como os corrigiu. O resultado da máquina deixa de ser o fim do trabalho e passa a ser o ponto de partida da análise. Esse é o caminho? É claro que não sabemos, mas entendo que a opção de não tentar é inexistente.

O PAPEL DO PROFESSOR E DA INSTITUIÇÃO

Nesse cenário, o papel do professor muda, mas não diminui. Na minha opinião, ele deixará de ser e precisa deixar de tentar ser a principal fonte de informação, pois essa “corrida” está perdida há tempos. O professor precisa ser quem cobra rigor crítico, quem pergunta: “Como você sabe que isso está certo?” É claro que isso também vale para o engenheiro no mercado. Há cada vez menos tempo gasto em contas repetitivas e cada vez mais responsabilidade sobre o julgamento final. O resultado que a máquina deu está certo ou não? É muito importante lembrar que o engenheiro responde civil, criminal e eticamente pelas decisões que toma, assina e registra em Anotação de Responsabilidade Técnica (ART), não importando qual ferramenta tecnológica usou para fazer os seus cálculos.

Existe, assim, uma espécie de compressão conceitual em curso, na qual se percebe que deve haver menos tempo para contas e mais tempo para julgamentos. Vai caber a nós decidir o que pode ser comprimido no currículo e o que não pode, e a instituição também terá a sua parte. Na situação particular de 1996 que abre este trabalho, o curso em que eu estudava não tinha computadores e cada aluno se virou como pôde. Hoje, muitos cursos ainda não oferecem acesso institucional às ferramentas de IA e a história vai se repetindo. A proposta é simples: que a Universidade disponibilize essas ferramentas para alunos e professores, com treinamento, capacitação e orientação para o uso responsável, em vez de deixar que cada um resolva por conta própria. Disponibilizar a ferramenta para todos, usá-la e ensinar o senso crítico. É como vejo o futuro.

CONSIDERAÇÕES FINAIS: PARA NÃO FICAR DE FORA

Não sabemos onde a mudança tecnológica vai parar, se vai convergir para um novo equilíbrio, assim como não temos como saber quais serão os limites nem quais ferramentas existirão daqui a cinco anos. Só sabemos que a transformação que parecia profunda deverá se confirmar, pois já está acontecendo. Os três dilemas apresentados na Seção 3 têm uma resposta comum: se as ferramentas mudam a cada semana, o que dura é o fundamento; se aluno e professor dominam só metade do que é preciso, ambos aprendem juntos com a IA aberta em sala; e, se calcular à mão parece perda de tempo, é essa base que permite responder "como você sabe que isso está certo?". O professor Ivar não sabia quais programas usaríamos ao longo da carreira, mas intuía que precisávamos seguir aquela tendência com os pés firmes na teoria e, afinal, a sua lição continua valendo, adaptada à minha percepção: resolvam as vigas no computador e saibam dizer se o software acertou.

REFERÊNCIAS

BASTANI, H. *et al.* Generative AI without guardrails can harm learning: evidence from high school mathematics. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 122, n. 26, e2422633122, 2025. DOI: 10.1073/pnas.2422633122.

BEARMAN, M. *et al.* **Developing evaluative judgement for a time of generative artificial intelligence**. Assessment & Evaluation in Higher Education, v. 49, n. 6, p. 893-905, 2024. DOI: 10.1080/02602938.2024.2335321.

BJORK, E. L.; BJORK, R. A. **Making things hard on yourself, but in a good way: creating desirable difficulties to enhance learning**. In: GERNSBACHER, M. A. *et al.* (eds.). Psychology and the real world: essays illustrating fundamental contributions to society. New York: Worth Publishers, 2011. p. 56-64.

DELL'ACQUA, F. *et al.* **Navigating the jagged technological frontier: field experimental evidence of the effects of artificial intelligence on knowledge worker productivity and quality**. Organization Science, v. 37, n. 2, p. 403-423, 2026. DOI: 10.1287/orsc.2025.21838.

GOOGLE. Gemini. **Mountain View: Google,** 2026. Disponível em: https://gemini.google.com. Acesso em: out/2026.

HEMBREE, R.; DESSART, D. J. Effects of hand-held calculators in precollege mathematics education: a meta-analysis. **Journal for Research in Mathematics Education**, v. 17, n. 2, p. 83-99, 1986. DOI: 10.2307/749255.

KOSMYNA, N. *et al.* **Your brain on ChatGPT: accumulation of cognitive debt when using an AI assistant for essay writing task.** arXiv, 2025. arXiv:2506.08872. DOI: 10.48550/arXiv.2506.08872.

LEE, H.-P. *et al.* **The impact of generative AI on critical thinking: self-reported reductions in cognitive effort and confidence effects from a survey of knowledge workers**. In: Chi Conference On Human Factors In Computing Systems, 2025, Yokohama. Proceedings [...]. New York: ACM, 2025. DOI: 10.1145/3706598.3713778.