



Aplicação de IA na geração de programas didáticos para a disciplina de Construções Metálicas

Luiz Antonio Farani de Souza, UTFPR, lasouza@utfpr.edu.br, <https://orcid.org/0000-0001-7194-5851>

Resumo: O avanço da Inteligência Artificial tem promovido mudanças significativas no ensino de engenharia, particularmente na automatização de rotinas computacionais e no desenvolvimento de ferramentas didáticas interativas. Nesse âmbito, este artigo tem como objetivo desenvolver programas computacionais em Scilab, com auxílio de Inteligência Artificial Generativa, aplicados ao ensino da disciplina de Construções Metálicas. A metodologia adotada envolveu a modelagem matemática de problemas estruturais clássicos, a implementação dos algoritmos em linguagem Scilab, a construção de interfaces gráficas e a utilização de ferramentas de IA, como *OpenAI ChatGPT* e *Google Gemini*, no apoio à geração, organização e depuração dos códigos. Programas voltados ao dimensionamento de elementos submetidos à tração e à compressão axial foram desenvolvidos, de acordo com os critérios da NBR 8800, e validados tecnicamente por meio de exercícios acadêmicos e problemas tradicionais da disciplina. Os resultados demonstraram a viabilidade técnica das aplicações desenvolvidas para automatizar cálculos e gerar memoriais técnicos. A validação pedagógica com turmas reais não foi realizada, constituindo uma limitação e uma etapa futura da pesquisa.

Palavras-chave: programação computacional; estruturas de aço; aprendizagem ativa; automação de cálculos; interfaces gráficas.

Application of AI in the generation of educational programs for the Steel Structures course

Abstract: The advancement of Artificial Intelligence has promoted significant changes in engineering education, particularly in the automation of computational routines and the development of interactive educational tools. In this context, this paper aims to develop computational programs in Scilab, with the support of Generative Artificial Intelligence, applied to the teaching of Steel Structures. The adopted methodology involved the mathematical modeling of classical structural problems, the implementation of algorithms in the Scilab language, the development of graphical user interfaces, and the use of AI tools, such as *OpenAI ChatGPT* and *Google Gemini*, to support code generation, organization, and debugging. Programs for the design of structural elements subjected to tension and axial compression were developed according to the criteria established by NBR 8800 and technically validated through academic exercises and traditional problems from the discipline. The results demonstrated the technical feasibility of the developed applications for automating calculations and generating technical calculation reports. Pedagogical validation with real student groups was not performed, constituting a limitation and a future stage of the research.

Keywords: computational programming; steel structures; active learning; calculation automation; graphical interfaces.

1. Introdução

É notório que a Inteligência Artificial (IA) já faz parte do cotidiano e da vida das pessoas. Trata-se de uma realidade permanente, que exige constante adaptação, atualização e aperfeiçoamento, sobretudo diante da rapidez com que novas tecnologias surgem e se difundem. No campo educacional, não é diferente: os agentes envolvidos precisam estar atentos ao aparecimento de ferramentas cada vez mais ativas e dinâmicas (OLIVEIRA VIDAL, 2024).



A IA constitui um campo abrangente da ciência da computação voltado ao desenvolvimento de sistemas capazes de executar tarefas associadas ao raciocínio humano, como aprendizado, reconhecimento de padrões, tomada de decisão e resolução de problemas. Dentro desse contexto, a Inteligência Artificial Generativa (IAG) representa uma subárea específica destinada à criação de novos conteúdos, incluindo textos, imagens, códigos e sons, a partir de padrões aprendidos em grandes volumes de dados. Em contraste, os modelos tradicionais de IA concentram-se predominantemente em atividades de classificação, previsão, análise de dados e automação de decisões baseadas em regras ou modelos estatísticos (FEUERRIEGEL et al., 2024).

A integração de recursos digitais ao ecossistema educacional assumiu proporções inéditas a partir da emergência da IAG, impulsionada por sistemas proeminentes como *OpenAI ChatGPT* e *Google Gemini*. Caracterizadas pela capacidade de produzir materiais textuais, visuais e multimídia de forma autônoma e altamente contextualizada, essas ferramentas têm mobilizado a atenção de docentes e investigadores. Esse engajamento da comunidade acadêmica justifica-se tanto pelas vastas possibilidades de enriquecimento e suporte aos processos de ensino-aprendizagem quanto pelas severas implicações éticas e pelas profundas reconfigurações metodológicas que a adoção dessa tecnologia exige no ambiente escolar e universitário (FABRE; BERTAGNOLLI, 2025).

A aplicação da IA na educação constitui uma área de estudo interdisciplinar que integra a ciência da computação às ciências da aprendizagem, com dois objetivos principais, quais sejam: compreender como e em que momentos ocorre o processo de aprendizagem, oferecendo subsídios para o aprimoramento das práticas educacionais; e desenvolver ambientes de aprendizagem adaptativos, personalizados e eficazes (GIRAFFA; KOHLS-SANTOS, 2023).

O domínio de habilidades de programação torna-se cada vez mais relevante no contexto contemporâneo, uma vez que permite aos indivíduos utilizar e compreender o ambiente digital com maior eficiência. Tais competências contribuem significativamente para o desenvolvimento da resolução de problemas e do pensamento crítico, além de oferecerem uma forma clara e estruturada de expressar ideias e solucionar desafios, podendo ser aplicadas em diferentes áreas (YILMAZ; YILMAZ, 2023).

A IA vem sendo amplamente incorporada ao campo educacional, ampliando as possibilidades de ensino e aprendizagem. No ensino de programação e em outras disciplinas, sua aplicação apresenta diversas vantagens que favorecem o processo educacional. Nesse sentido, a IA se destaca como uma ferramenta relevante ao proporcionar apoio personalizado, *feedback* imediato, exemplos práticos de código e explicações objetivas e acessíveis dos conceitos (CHEN et al., 2022).

O dimensionamento de elementos estruturais de aço constitui uma atividade fundamental no projeto de estruturas metálicas, exigindo o atendimento às prescrições normativas e a compreensão dos fenômenos resistentes e de estabilidade. Tradicionalmente, o ensino desses conteúdos baseia-se em cálculos manuais e procedimentos analíticos, importantes para a formação conceitual, mas frequentemente associados a processos repetitivos que dificultam a análise de diferentes cenários estruturais. Nesse contexto, as ferramentas computacionais assumem importante papel didático, proporcionando maior interatividade, rapidez e visualização dos resultados. O avanço da IAG ampliou essas possibilidades, principalmente na criação automatizada de algoritmos e aplicações voltadas ao ensino de engenharia. Assim, este artigo apresenta o desenvolvimento de programas didáticos em Scilab (2026), elaborados com auxílio de IAG, aplicados a dois problemas clássicos de Construções Metálicas, destacando seu potencial educacional, funcionalidade computacional e limitações.



A relevância deste estudo está relacionada à necessidade de modernização das metodologias de ensino na Engenharia Civil, especialmente na disciplina de Construções Metálicas, caracterizada por elevado volume de cálculos normativos e alta complexidade conceitual. A integração entre IAG, programação computacional e ferramentas livres, como o Scilab, apresenta potencial para tornar a aprendizagem mais dinâmica, interativa e alinhada às demandas tecnológicas da engenharia contemporânea. Além de automatizar cálculos repetitivos, os programas didáticos favorecem a compreensão dos fenômenos estruturais e dos estados limites previstos em norma. O uso de IAG na geração de algoritmos e interfaces gráficas mostra-se promissor para estimular o pensamento computacional e aproximar o ambiente acadêmico da prática profissional. Entretanto, esses benefícios educacionais são apresentados como potencialidades da proposta, uma vez que sua efetividade com estudantes não foi avaliada empiricamente neste estudo.

Todavia, esta pesquisa possui algumas limitações. Os programas desenvolvidos têm finalidade predominantemente didática e foram validados apenas com exemplos simplificados de Construções Metálicas, não contemplando todas as situações práticas de projetos reais. O uso de ferramentas de IAG exige constante revisão humana, devido à possibilidade de inconsistências matemáticas, erros de programação e interpretações inadequadas das prescrições normativas. Não foram realizados testes em ambientes reais de sala de aula, nem foram coletados dados de estudantes que permitissem avaliar quantitativamente ganhos de aprendizagem, desenvolvimento do pensamento computacional ou mudanças nas estratégias de aprendizagem. Assim, a avaliação realizada neste trabalho é de natureza técnica e computacional, enquanto a validação pedagógica constitui uma etapa futura da pesquisa. Destaca-se, ainda, que o uso excessivo da automação pode reduzir o aprofundamento analítico dos estudantes quando não associado à adequada fundamentação teórica.

2. Material e Métodos

Esta pesquisa constitui um estudo aplicado, descritivo e exploratório, de desenvolvimento e validação técnica de programas computacionais didáticos para a disciplina de Construções Metálicas. A metodologia adotada fundamenta-se na integração entre engenharia estrutural, programação computacional e IAG, utilizando o Scilab, versão 2026.1.0, como plataforma principal de desenvolvimento. O estudo é conduzido a partir da seleção de dois problemas de dimensionamento de estruturas metálicas encontrados na literatura, conforme a ABNT NBR 8800 (2024), envolvendo elementos submetidos à tração e à compressão axial. As equações normativas são modeladas matematicamente e implementadas computacionalmente em linguagem Scilab (2026). Nesta seção, são abordados o *software* Scilab, a construção das interfaces gráficas, a implementação dos algoritmos estruturais com auxílio de IA e os procedimentos de validação dos códigos desenvolvidos. Não houve aplicação dos programas em turmas de estudantes; portanto, não foram coletados dados empíricos de aprendizagem ou de percepção dos usuários.

2.1 Programa livre Scilab

O Scilab é um *software* livre e de código aberto voltado à computação numérica, amplamente utilizado em aplicações científicas, acadêmicas e de engenharia. Desenvolvido originalmente pelo *Institut National de Recherche en Informatique et en Automatique* (INRIA) e atualmente mantido pela comunidade científica internacional, o programa apresenta recursos voltados à modelagem matemática, análise numérica, processamento de sinais, otimização, simulação computacional e desenvolvimento de



interfaces gráficas. Sua estrutura de programação é semelhante à do MATLAB, porém com acesso gratuito, característica que favorece sua utilização em ambientes educacionais e em instituições com limitações orçamentárias (CAMPBELL; CHANCELIER; NIKOUKHAH, 2009).

O programa Scilab destaca-se no ensino de engenharia como uma ferramenta didática capaz de aproximar conceitos teóricos da prática computacional. A possibilidade de implementação de algoritmos numéricos, criação de rotinas de cálculo e desenvolvimento de interfaces gráficas auxilia na visualização de fenômenos físicos e estruturais, contribuindo para uma aprendizagem mais interativa e aplicada (LIAO; DONG; FAN, 2009; RAMOS-PAJA; SCARPETTA; MARTINEZ-SALAMERO, 2010). Além disso, o ambiente permite que estudantes compreendam etapas de modelagem matemática e automatização de cálculos, aspectos relevantes em disciplinas como Resistência dos Materiais e Estruturas Metálicas.

A utilização do Scilab em programas didáticos favorece a integração entre programação e engenharia estrutural, permitindo o desenvolvimento de aplicações voltadas ao dimensionamento de elementos estruturais, de acordo com as normas técnicas. A ferramenta possibilita a criação de interfaces simplificadas para entrada de dados, geração automática de resultados e emissão de relatórios técnicos, tornando o processo de aprendizagem mais dinâmico e próximo da prática profissional. O programa Scilab tem a capacidade de atuar como plataforma de apoio ao ensino baseado em resolução de problemas. A implementação de algoritmos personalizados incentiva o raciocínio lógico, a análise crítica dos resultados e a validação de procedimentos numéricos. Esse *software* auxilia na execução de cálculos e contribui para o desenvolvimento de competências computacionais e analíticas essenciais na formação em engenharia. Adicionalmente, o caráter aberto do Scilab favorece adaptações e expansões por parte de professores e pesquisadores, possibilitando a incorporação de técnicas modernas, incluindo aplicações de IA, otimização estrutural e automação de rotinas de projeto (PIRES; ROGERS, 2002).

2.2 Desenvolvimento da interface gráfica no Scilab

A criação de interfaces gráficas no Scilab representa um importante recurso para o desenvolvimento de programas didáticos aplicados à engenharia estrutural. Por meio da utilização de componentes gráficos, como janelas, botões, caixas de entrada de dados e áreas de exibição de resultados, é possível transformar rotinas matemáticas complexas em aplicações mais intuitivas e acessíveis ao usuário. No presente trabalho, a interface gráfica é desenvolvida para automatizar o dimensionamento de barras tracionadas e comprimidas segundo a ABNT NBR 8800 (2024), permitindo a inserção de propriedades geométricas e parâmetros mecânicos de forma organizada e visualmente estruturada. O programa utiliza elementos gráficos para separar os dados em painéis temáticos, facilitando a interpretação das informações e a navegação do usuário. Botões para execução automática dos cálculos, exportação de memoriais em arquivo texto e exibição de formulários normativos são implementados. A utilização de recursos visuais, como cores, cabeçalhos e áreas específicas para resultados, contribui para uma experiência mais profissional e didática, aproximando o *software* de aplicações reais de engenharia. Outro aspecto relevante é a integração entre a interface gráfica e o núcleo matemático do programa. As funções implementadas realizam automaticamente a leitura dos dados inseridos, executam os cálculos e apresentam os resultados. Dessa forma, o estudante pode compreender simultaneamente a formulação teórica e sua aplicação computacional, fortalecendo o aprendizado em disciplinas de estruturas metálicas.



A Tabela 1 sintetiza as principais funções empregadas no desenvolvimento da interface gráfica e da rotina computacional no Scilab. A implementação dessas funções demonstra o potencial do Scilab como ferramenta de desenvolvimento de aplicações computacionais voltadas ao ensino de engenharia, permitindo a integração entre cálculo estrutural, programação e interfaces gráficas interativas. A Figura 1 apresenta o fluxograma simplificado do procedimento adotado para o desenvolvimento dos programas didáticos com auxílio de inteligência artificial.

Tabela 1 - Principais funções utilizadas no desenvolvimento da interface gráfica.

Função	Finalidade no programa
figure()	Criação da janela principal da aplicação
uicontrol()	Inserção de componentes gráficos, como textos, botões e caixas de entrada
messagebox()	Exibição de mensagens informativas e avisos ao usuário
findobj()	Localização de objetos gráficos por meio de tags
get()	Leitura de valores inseridos na interface
set()	Atualização dinâmica de resultados na interface
msprintf()	Formatação de textos e valores numéricos
sqrt()	Cálculo de raiz quadrada nas equações estruturais
min()	Determinação do menor valor entre os esforços críticos
mopen()	Criação de arquivo texto para memorial de cálculo
mfprintf()	Escrita formatada de informações no arquivo TXT
fclose()	Fechamento do arquivo gerado
try-catch	Tratamento de erros de entrada de dados
disp()	Exibição de mensagens no console do Scilab
function...endfunction	Criação de funções personalizadas do programa

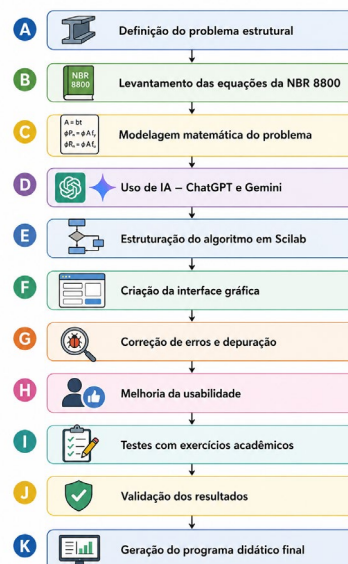


Figura 1 - Fluxograma simplificado do procedimento adotado para o desenvolvimento dos programas didáticos com auxílio de IA.

Inicialmente, a definição dos problemas estruturais a serem abordados é realizada, selecionando dois exemplos clássicos presentes em disciplinas de graduação em Engenharia Civil, tais como barras tracionadas e barras comprimidas. A escolha desses



problemas ocorreu em função de sua relevância didática e da necessidade de aplicação de verificações normativas previstas na ABNT NBR 8800 (2024). A partir dessa etapa, as variáveis de entrada necessárias para os cálculos são identificadas, incluindo propriedades geométricas das seções, características mecânicas do aço, coeficientes normativos e parâmetros relacionados às condições de carregamento e apoio.

Após a definição dos problemas, a modelagem matemática das equações empregadas no dimensionamento estrutural é realizada. Nessa fase, as expressões normativas são organizadas de maneira lógica e sequencial, permitindo a posterior implementação computacional. Os diferentes estados limites aplicáveis aos exemplos estudados são considerados, incluindo escoamento da seção bruta, ruptura da seção líquida e flambagem global e local de elementos comprimidos. Essa etapa tem grande importância didática, porque permite transformar as equações tradicionalmente utilizadas em cálculos manuais em rotinas computacionais capazes de representar o comportamento estrutural dos elementos. Na sequência, inicia-se o processo de geração dos códigos com auxílio de IA. As ferramentas *OpenAI ChatGPT* e *Google Gemini* são utilizadas no desenvolvimento dos algoritmos em linguagem Scilab, auxiliando na estruturação da lógica dos programas, na organização das sequências de cálculo, na definição de funções auxiliares e no fluxo de processamento dos dados. A partir dos comandos fornecidos pelo usuário, as plataformas geram sugestões de código posteriormente analisadas, ajustadas e refinadas manualmente.

A IA também é empregada na criação das interfaces gráficas dos programas, compostas por campos de entrada de dados, botões de interação e áreas para exibição dos resultados. Essas interfaces visam tornar o aprendizado mais intuitivo e interativo, permitindo aos estudantes visualizar imediatamente os efeitos da alteração de parâmetros geométricos e mecânicos no dimensionamento estrutural.

A IA é utilizada na identificação e correção de erros de sintaxe, inconsistências matemáticas, variáveis não definidas e problemas de interface, contribuindo para reduzir o tempo de desenvolvimento e aumentar a estabilidade dos programas. Também são implementadas rotinas de validação de entradas numéricas, mensagens automáticas de erro, organização visual das interfaces e geração automática de memoriais de cálculo em arquivos TXT, aproximando os programas do ambiente profissional de engenharia sem perder o caráter educacional. Após o desenvolvimento, os programas são validados tecnicamente por meio de exercícios acadêmicos e problemas tradicionais da disciplina de Construções Metálicas.

Os resultados obtidos são comparados com resoluções analíticas, verificando-se a consistência numérica dos algoritmos. Testes de estabilidade das interfaces gráficas e de robustez computacional são realizados, avaliando o funcionamento dos comandos, a atualização das saídas de dados e o comportamento do programa diante de diferentes condições de entrada. A possibilidade de modificar parâmetros e obter respostas imediatas caracteriza uma potencial estratégia para atividades de exploração de diferentes situações estruturais, mas sua efetividade pedagógica não foi avaliada com estudantes neste estudo.

3. Resultados e discussão

Os programas desenvolvidos em Scilab, com auxílio de IA, são aplicados em dois exemplos clássicos da disciplina de Construções Metálicas encontrados na literatura. Os problemas abordados representam conteúdos tradicionalmente abordados em cursos de Engenharia Civil, envolvendo barras com tração axial e compressão axial. A utilização dos programas permite automatizar etapas repetitivas do dimensionamento estrutural, possibilitando que o estudante se concentre na interpretação física dos resultados e na compreensão dos estados limites envolvidos.



3.1 Exemplo 1 - Resistência de chapas metálicas tracionadas com furos

O primeiro exemplo refere-se ao cálculo da força normal resistente de projeto em chapas metálicas tracionadas ligadas por parafusos, conforme o modelo ilustrado na Figura 2. Este exemplo foi estudado por Pfeil e Pfeil (2021). Duas chapas de dimensões 28 cm $\times$ 20 mm são consideradas, as quais são conectadas por traspasse com parafusos de diâmetro igual a 20 mm e furos executados por punção.

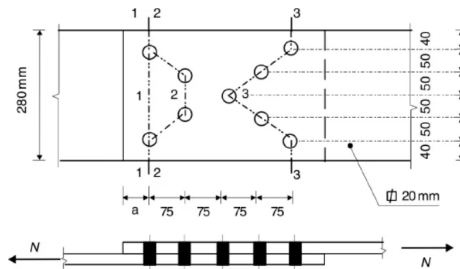


Figura 2 - Chapas metálicas tracionadas conectadas por parafusos.

Fonte: Adaptada de Pfeil e Pfeil (2021).

Para tornar a experiência de aprendizado ainda mais intuitiva e imersiva, é desenvolvida uma interface gráfica visual limpa e bem organizada. Como ilustrado na Figura 3, o ambiente de trabalho do programa é estruturado em blocos lógicos de informação: os parâmetros de entrada ficam concentrados no painel esquerdo, as saídas e respostas do sistema são agrupadas à direita, e os botões de comando estão estrategicamente posicionados na base da tela. Esse *design* ergonômico permite que o estudante navegue pelas etapas de cálculo de forma visual e sequencial, minimizando distrações e garantindo que o foco permaneça inteiramente na compreensão dos conceitos físicos e estruturais.

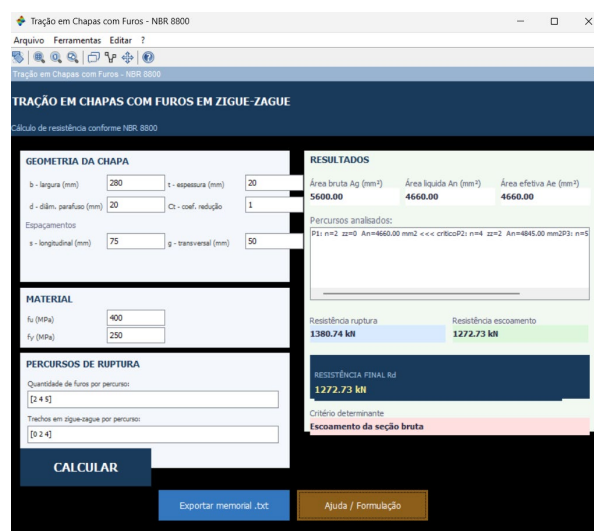


Figura 3 - Interface gráfica do programa para cálculo da resistência à tração axial.

O programa atua como uma ferramenta educacional interativa para o cálculo de estruturas metálicas. Na etapa de entrada, o estudante insere dados geométricos da chapa, propriedades do aço e os possíveis caminhos de ruptura, o que estimula a interpretação física do problema. A partir disso, o *software* gera saídas claras, detalhando valores



intermediários (como as áreas da seção), a resistência final de projeto e o critério que governaria a falha da peça (escoamento ou ruptura). A navegação é simplificada por três comandos principais: o botão Calcular processa os dados e exibe os resultados instantaneamente na tela; o botão Exportar memorial cria um documento de texto com o passo a passo de todas as equações, imitando a resolução de um exercício manual; e o botão de Ajuda / Formulação exibe as fórmulas da norma NBR 8800 (2024), garantindo que o embasamento teórico esteja sempre acessível ao aluno.

Conforme ilustrado na Figura 4, o estudante tem acesso imediato tanto a uma memória detalhada do exercício quanto a um guia de referência teórica direta. Enquanto o formulário com as equações resgata na tela as expressões matemáticas originais preconizadas pela norma NBR 8800 (2024), o memorial de cálculo exportado decompõe o algoritmo da máquina de maneira analítica, exibindo o passo a passo do desenvolvimento com suas respectivas substituições numéricas.

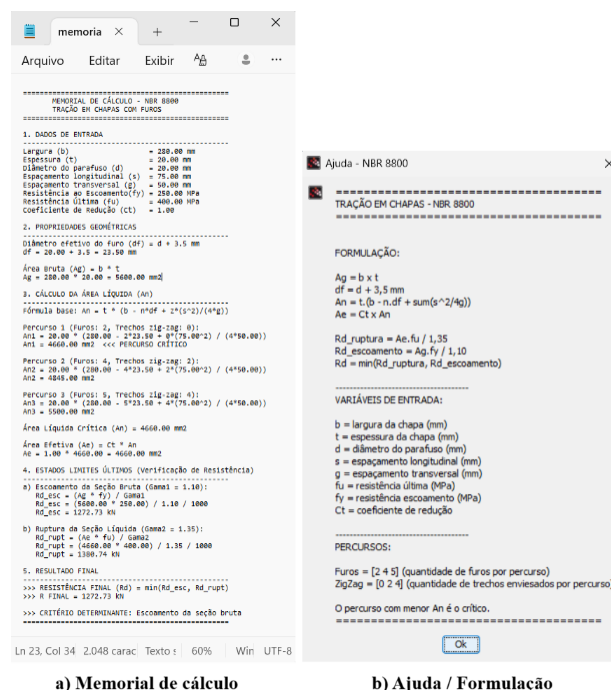


Figura 4 - Memorial de cálculo gerado automaticamente e o formulário com equações empregadas.

Sob a perspectiva educacional, esse exemplo apresenta potencial para ser utilizado em atividades de aprendizagem ativa. A possibilidade de comparar diferentes circunstâncias pode apoiar a exploração dos modos de falha e o desenvolvimento do pensamento crítico aplicado ao projeto estrutural. Outro aspecto relevante, refere-se à integração entre programação e engenharia estrutural. A organização do algoritmo e sua relação com as equações normativas podem ser exploradas pedagogicamente por estudantes com diferentes níveis de experiência em programação. Dessa forma, o uso da IA na geração inicial do código pode reduzir barreiras técnicas e ampliar as possibilidades de desenvolvimento computacional aplicado à engenharia. Ressalta-se, contudo, que essas possibilidades não foram avaliadas empiricamente com estudantes nesta pesquisa.

3.2 Exemplo 2 - Resistência à compressão de uma coluna metálica

O segundo exemplo trata do dimensionamento à compressão axial de um perfil W 310 × 21,0 kg/m. Este exemplo foi adaptado de Pfeil e Pfeil (2021). Considera-se uma V. 24 N°1, setembro, 2026
DOI: _____



coluna com comprimento de flambagem de 3,0 m em ambos os eixos principais, com extremidades rotuladas e aço ASTM A36 (MR250). O algoritmo desenvolvido via IA automatiza a verificação de perfis metálicos submetidos à compressão axial segundo os critérios da norma ABNT NBR 8800 (2024), integrando em um fluxo contínuo a entrada de dados, o processamento matemático complexo e a saída dos resultados. O processo inicia-se com o preenchimento de variáveis distribuídas em três painéis principais na interface gráfica do programa, ilustrada na Figura 5, em que o usuário insere os fatores de flambagem e comprimentos livres (K , L_{bx} , L_{by} e L_{bz}), as propriedades mecânicas do material (E , G , f_y e f_u), as dimensões geométricas da seção transversal (A_g , h , h_w , b_f , b , t_w e t_f) e as características de inércia e torção (I_x , I_y , r_x , r_y , J , C_w , x_0 e y_0).

VERIFICAÇÃO DE COMPRESSÃO AXIAL | NBR 8800:2024

1. CONDIÇÕES E MATERIAL		2. ÁREA TOTAL E DIMENSÕES DA SEÇÃO		3. PROPRIEDADES GEOMÉTRICAS DA SEÇÃO	
Fator de Flamb. K :	1	Área Bruta A_g (cm²):	27.2	Inércia Elástica I_x (cm⁴):	3776
Comp. Livre L_{bx} (cm):	300	Alteza h (cm):	29.2	Inércia Elástica I_y (cm⁴):	98
Comp. Livre L_{by} (cm):	300	Alteza h_w (cm):	27.183	Raio de Giro r_x (cm):	11.77
Comp. Livre L_{bz} (cm):	300	Comprimento da Mesa l_f (cm):	10.1	Raio de Giro r_y (cm):	1.9
Coef. Segurança γ_{a1} :	1.10	Balço da Mesa b (cm):	7.7	Const. Torção J (cm⁴):	2.93
Mód. Elast. E (kN/cm²):	20000	Espessura Alma t_w (cm):	0.51	Const. Empen. C_w (cm⁶):	21644
Mód. Transv. G (kN/cm²):	7700	Espessura Mesa t_f (cm):	0.57	C. Chalhamento x_0 (cm):	0
Escoamento f_y (kN/cm²):	25			C. Chalhamento y_0 (cm):	0
Ruptura f_u (kN/cm²):	40				

ESFORÇO RESISTENTE ($N_{c,Rd}$):
171.36 kN

REFERÊNCIA DA SEÇÃO

Console de Memória Passo a Passo:

```

Carga axial: (kN) = 22.4979 kN
Área efetiva (cm²) = 24.9121 cm²
Fator  $Q_a = 0.9182$ 
Mód. de flambagem local ( $\lambda_{FL}$ ) = 12.51 (cm 12.54)
Fator  $Q_s = 1.0000$ 
FATOR TOTAL  $Q = 0.9182$ 
4. FLAMBAGEM ELÁSTICA ( $N_e$ )
 $N_{ex} = 1021.49$  kN
 $N_{ey} = 214.94$  kN
 $N_{ez} = 492.07$  kN
 $N_e$  (Mínimo) = 214.94 kN
5. ÍNDICE DE ESBELTEZ REDUZIDO
 $\lambda_{red} = 1.7027$ 
6. FATOR DE REDUÇÃO (FLAMBAGEM GLOBAL)
 $\chi = 0.5059$ 
7. ESFORÇO RESISTENTE DE CÁLCULO
 $N_{c,Rd} = 171.36$  kN
  
```

Figura 5 - Interface gráfica do programa para o cálculo de compressão axial.

A partir dessas informações, o núcleo matemático realiza de forma sequencial o cálculo do índice de esbelteza e a análise detalhada da flambagem local para determinar os fatores de redução da alma (Q_a) e da mesa (Q_s), obtendo o fator de redução total (Q). Em seguida, o programa calcula as forças de flambagem elástica nos diferentes eixos para encontrar a carga crítica elástica (N_e), que fundamenta a definição do índice de esbelteza reduzido (λ_0) e do fator de redução global (χ). Como etapa final, o *software* determina o esforço resistente de cálculo ($N_{c,Rd}$) e realiza a saída de dados de maneira síncrona. O valor final da resistência é destacado de forma visual no painel de resultados e o detalhamento de cada etapa é impresso diretamente em um console embutido na interface, conforme a Figura 5.

Adicionalmente, o programa permite a exportação desse fluxo de cálculo completo para um arquivo externo em formato TXT, exibido na Figura 6, gerando um memorial técnico estruturado passo a passo e pronto para aplicação em projetos de engenharia estrutural. Do ponto de vista didático, esse exemplo é particularmente relevante porque a flambagem costuma representar um dos conteúdos de maior dificuldade na disciplina de Construções Metálicas. Muitos estudantes apresentam dificuldades em compreender a influência da esbelteza e das condições de contorno na capacidade resistente das colunas. Com a utilização do programa, torna-se possível modificar variáveis como comprimento da barra, condições de apoio e propriedades geométricas do perfil, permitindo visualizar o impacto dessas alterações na resistência à compressão. Essa interação favorece a aprendizagem exploratória e contribui para a construção de uma compreensão mais intuitiva do fenômeno da instabilidade estrutural. O uso da IA no desenvolvimento do código demonstra potencial para acelerar a produção



de ferramentas didáticas, permitindo que professores e alunos desenvolvam aplicações específicas para diferentes conteúdos da engenharia estrutural, sem a necessidade de amplo domínio prévio de programação.

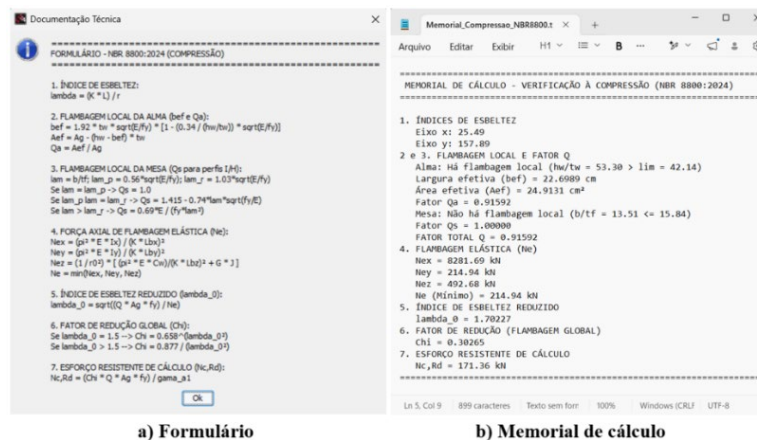


Figura 6 - Formulário com as equações empregadas e memorial de cálculo em arquivo do tipo TXT.

3.3 Discussão dos resultados

Os resultados obtidos indicam que a utilização de IA associada à programação em Scilab apresenta viabilidade técnica e potencial de uso didático no ensino de Construções Metálicas. As aplicações desenvolvidas automatizam etapas repetitivas do dimensionamento, permitem modificar parâmetros e produzir respostas e memoriais de cálculo de forma imediata. Esses recursos podem ser empregados pelo docente na proposição de atividades investigativas e interativas, nas quais os estudantes explorem diferentes hipóteses estruturais. É importante distinguir potencial didático de evidência de aprendizagem: não houve aplicação das ferramentas em sala de aula, participação de estudantes ou coleta de dados educacionais neste estudo. Portanto, não é possível afirmar, com base nos resultados obtidos, que as aplicações promovam ganho de aprendizagem, aprendizagem ativa ou desenvolvimento do pensamento computacional. Tais aspectos constituem hipóteses e possibilidades de uso pedagógico que deverão ser investigadas em estudos futuros, mediante aplicação controlada das ferramentas e avaliação dos resultados de aprendizagem.

Nesse sentido, a IA pode atuar como ferramenta facilitadora no desenvolvimento de aplicações educacionais, reduzindo dificuldades iniciais de programação e permitindo que o foco permaneça nos conceitos estruturais. A utilização dessas ferramentas pelo docente poderá ser investigada em metodologias ativas de aprendizagem, como aprendizagem baseada em problemas e aprendizagem por projetos. No presente estudo, entretanto, essas possibilidades são discutidas a partir das características e funcionalidades dos programas desenvolvidos, e não de resultados obtidos com estudantes. No entanto, a utilização da IA no ensino exige cautela, porque o uso indiscriminado de ferramentas automatizadas pode levar à simples obtenção de resultados sem compreensão adequada dos fundamentos teóricos. Dessa forma, os programas devem ser utilizados como instrumentos complementares ao ensino tradicional, e não como substitutos da formação analítica e conceitual necessária ao engenheiro estrutural. O avanço dos *chatbots* baseados em IA, como o *OpenAI ChatGPT* e o *Google Gemini*, tem provocado intensas discussões acerca de seus efeitos no contexto educacional. Ainda não é possível prever plenamente as consequências da utilização de ferramentas de



processamento de linguagem natural na Educação e na produção científica. Apesar disso, já se observam diferentes desafios éticos e riscos potenciais que exigem análise crítica e cuidadosa (AYDIN; SCHWARZENEGGER; YEGANEH, 2023; LIMA; SERRANO, 2024). Essas tecnologias representam uma espécie de “agência sem inteligência”, vale dizer, sistemas capazes de executar tarefas de maneira eficiente, mas sem compreensão genuína do conteúdo produzido. Torna-se indispensável refletir sobre os impactos éticos e os riscos associados ao uso dessas ferramentas (FLORIDI, 2023). A integração entre inteligência artificial, programação e ensino de engenharia apresenta-se como uma estratégia promissora para a modernização das práticas pedagógicas. Contudo, a efetividade dessa integração sobre a aprendizagem dos estudantes ainda precisa ser empiricamente investigada, especialmente por meio de estudos em ambientes reais de sala de aula.

4. Conclusão

O desenvolvimento de programas didáticos em Scilab com auxílio de IAG demonstrou viabilidade técnica para integrar conceitos teóricos, modelagem matemática e aplicação computacional no ensino de Construções Metálicas. A automatização dos cálculos estruturais e as interfaces desenvolvidas apresentam características que podem ser exploradas em atividades pedagógicas, notadamente na análise de diferentes parâmetros e na geração de memoriais de cálculo. Porém, como não houve aplicação das ferramentas com estudantes, os resultados deste estudo não permitem concluir sobre ganhos de aprendizagem, efetividade de metodologias ativas ou desenvolvimento do pensamento computacional. A contribuição do trabalho concentra-se, por conseguinte, no desenvolvimento e na validação técnica das aplicações, estabelecendo uma base para sua futura utilização e avaliação pedagógica em situações reais de ensino. A integração entre IA e programação computacional contribui para reduzir o tempo de desenvolvimento dos códigos e facilitar a criação de aplicações educacionais. Ferramentas como *ChatGPT* e *Gemini* demonstraram potencial como apoio ao desenvolvimento computacional aplicado à engenharia. Sob a perspectiva pedagógica, os programas apresentam possibilidades de utilização em atividades que envolvam experimentação, interpretação de resultados e compreensão do comportamento estrutural, mas tais efeitos ainda não foram avaliados empiricamente. Contudo, os resultados evidenciam a necessidade de utilização crítica e supervisionada da IA, visto que inconsistências matemáticas, erros de programação e interpretações inadequadas das prescrições normativas podem ocorrer. Como continuidade da pesquisa, propõe-se a ampliação das aplicações para outros conteúdos de estruturas metálicas e, principalmente, a realização de estudos em ambientes reais de sala de aula, com participação de estudantes e definição de procedimentos de avaliação, visando verificar os impactos pedagógicos das ferramentas desenvolvidas no processo de ensino e aprendizagem da Engenharia Civil.

Agradecimentos

O Autor agradece à Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR) pelo suporte e pelas condições proporcionadas para o desenvolvimento desta pesquisa.

Referências

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). *ABNT NBR 8800:2024*: Projeto de estruturas de aço e de estruturas mistas de aço e concreto de edifícios. Rio de Janeiro: ABNT, 2024.



- AYDIN, B.; SCHWARZENEGGER, C.; YEGANEH, B. Implications of large language models like ChatGPT for education and academic publishing. *Nature Human Behaviour*, v. 7, n. 3, p. 356-359, 2023.
- CHEN, X.; ZOU, D.; XIE, H.; CHENG, G.; LIU, C. Two decades of artificial intelligence in education. *Educational Technology & Society*, v. 25, n. 1, p. 28-47, 2022.
- CAMPBELL, S. L.; CHANCELIER, J.-P.; NIKOUKHAH, R. Modeling and Simulation in SCILAB. In: *Modeling and simulation in Scilab/Scicos with ScicosLab 4.4*. New York, NY: Springer New York, 2009. p. 73-106.
- FABRE, M. C. J. M.; BERTAGNOLLI, S. C. Contribuições da inteligência artificial generativa para o design de experiências de aprendizagem: uma revisão sistemática de literatura. *RENOTE*, v. 23, n. 1, p. 298-309, 2025.
- FEUERRIEGEL, S.; HARTMANN, J.; JANIESCH, C.; ZSCHECH, P. Generative AI. *Business & Information Systems Engineering*, v. 66, p. 111-126, 2024. DOI: <https://doi.org/10.1007/s12599-023-00834-7>.
- FLORIDI, L. AI as Agency Without Intelligence: on ChatGPT, Large Language Models, and Other Generative Models. *Philosophy & technology*, v. 36, n. 1, p. 15, 2023.
- GIRAFFA, L.; KOHLS-SANTOS, P. Inteligência Artificial e Educação: conceitos, aplicações e implicações no fazer docente. *Educação em Análise*, v. 8, n. 1, p. 116-134, 2023.
- GOOGLE. *Gemini*. Mountain View, 2026. Disponível em: <https://gemini.google.com/>. Acesso em: 19 maio 2026.
- LIAO, W.; DONG, N.; FAN, T. Application of Scilab in teaching of engineering numerical computations. In: *2009 IEEE International Workshop on Open-source Software for Scientific Computation (OSSC)*. IEEE, 2009. p. 88-90.
- LIMA, C. B.; SERRANO, A. Inteligência Artificial Generativa e ChatGPT: uma investigação sobre seu potencial na Educação. *Transinformação*, v. 36, p. e2410839, 2024.
- OLIVEIRA VIDAL, A. R. A importância do uso da inteligência artificial software CHATGPT na educação a distância, de uma forma ética. *Revista Educação Contemporânea*, v. 1, n. 2, p. 358-389, 2024.
- OPENAI. *ChatGPT*. San Francisco: OpenAI, 2026. Disponível em: <https://chat.openai.com>. Acesso em: 19 maio 2026.
- PFEIL, W.; PFEIL, M. *Estruturas de Aço - Dimensionamento Prático*. 9. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2021.
- PIRES, P. S. M.; ROGERS, D. A. Free/open source software: An alternative for engineering students. In: *32nd Annual Frontiers in Education*. IEEE, 2002. p. T3G-T3G.
- RAMOS-PAJA, C. A.; SCARPETTA, J. M. R. R.; MARTINEZ-SALAMERO, L. Integrated learning platform for internet-based control-engineering education. *IEEE Transactions on Industrial Electronics*, v. 57, n. 10, p. 3284-3296, 2010.
- SCILAB, versão 2026.1.0. Dassault Systèmes S.E, 2026.
- YILMAZ, R.; YILMAZ, F. G. K. Augmented intelligence in programming learning: Examining student views on the use of ChatGPT for programming learning. *Computers in Human Behavior: Artificial Humans*, v. 1, n. 2, p. 100005, 2023.