

# DESENVOLVIMENTO DE UMA CALCULADORA PARA COMBINAÇÃO DE AÇÕES EM ANÁLISE ESTRUTURAL

**Matheus C. B. Jorge\***

Egresso do Curso de Engenharia Agrícola e Ambiental / Universidade Federal de Mato Grosso – UFMT / Sinop

**Albertine O. Bizio**

Egresso do Curso de Engenharia Agrícola e Ambiental / Universidade Federal de Mato Grosso – UFMT / Sinop

**Italo D. Leal**

Discente do Curso de Engenharia Agrícola e Ambiental / Universidade Federal de Mato Grosso – UFMT / Sinop

**Rodrigo S. Zandonadi**

Docente do Curso de Engenharia Agrícola e Ambiental / Universidade Federal de Mato Grosso – UFMT / Sinop

**Everton A. P. Batelo**

Docente do Curso de Engenharia Agrícola e Ambiental / Universidade Federal de Mato Grosso – UFMT / Sinop

## RESUMO

Com o avanço da tecnologia, atualmente há uma grande variedade de recursos computacionais que podem otimizar diversos processos na engenharia estrutural. Em particular, na área de análise estrutural, destacam-se softwares pagos, que geralmente oferecem funcionalidades avançadas para automatizar processos de cálculo e dimensionamento, proporcionando resultados mais rápidos e precisos. Essa automação tem se mostrado uma ferramenta eficaz para agilizar as etapas de projeto, reduzir erros humanos e aumentar a eficiência no desenvolvimento de soluções estruturais. Este trabalho trata-se do desenvolvimento de uma ferramenta computacional para automatizar o processo de combinação de ações (carregamentos) em análise estrutural, visando preencher lacunas nos processos que antecedem a análise propriamente dita. Baseado nas normas de ações e segurança, o programa foi desenvolvido na plataforma MATLAB e tem como objetivo auxiliar na verificação de projetos estruturais de maneira rápida e autônoma. A ferramenta, com interface gráfica intuitiva, permite que os usuários realizem a combinação das ações de forma eficiente e possam ainda propor diferentes cenários de carga para análise. Destina-se principalmente ao suporte didático na disciplina de Estruturas para Construções Rurais, proporcionando aos alunos a possibilidade de verificar e ajustar seus cálculos, tanto durante quanto após as aulas. Para a validação da aplicação desenvolvida, são apresentados neste artigo três exemplos cujos resultados coincidem com aqueles encontrados na literatura consultada. Destaca-se, ainda, que a utilização da calculadora em sala de aula contribuiu para a otimização do tempo e para a consolidação prática dos conceitos de análise estrutural.

**PALAVRAS-CHAVE:** Análise estrutural, Combinação de ações, Ferramenta computacional, Automação de cálculos.

## ABSTRACT

*With technological advancements, there is currently a wide range of computational resources available that can optimize various processes in structural engineering. In the field of structural analysis, commercial software stands out for offering advanced functionalities that automate calculation and design procedures, delivering faster and more accurate results. This automation has proven to be an effective tool for streamlining project phases, reducing*

\*Autor correspondente: [jorge.batista2@hotmail.com](mailto:jorge.batista2@hotmail.com)

*human error, and increasing the efficiency of structural solutions. This work presents the development of a computational tool designed to automate the process of load combination in structural analysis, addressing gaps in the stages preceding the actual design process. Based on standards related to structural actions and safety, the program was developed using the MATLAB platform and aims to assist in the structural verification of projects in a fast and autonomous manner. The tool, featuring an intuitive graphical interface, allows users to efficiently perform load combinations and explore different loading scenarios. It is primarily intended as an educational aid for the course "Structures for Rural Buildings," enabling students to verify and adjust their calculations both during and after class sessions. To validate the developed application, this article presents three examples whose results are consistent with those found in the referenced literature. It is also worth noting that the use of the calculator in the classroom contributed to time optimization and the practical consolidation of structural analysis concepts.*

**KEYWORDS:** Structural analysis, Load combination, Computational tool, Calculation automation.

## 1. INTRODUÇÃO

Todas as áreas da engenharia fazem uso direto de recursos computacionais para obter, monitorar e automatizar dados. A aplicação de ferramentas computacionais no desenvolvimento de projetos tornou-se quase universal, e, portanto, sua utilização também deve ser incorporada no ambiente acadêmico.

As combinações de ações são um dos aspectos essenciais na análise estrutural, pois envolvem a consideração simultânea de diferentes tipos de carregamentos que podem atuar sobre uma estrutura, como cargas permanentes, variáveis e acidentais. A correta combinação dessas ações visam garantir a segurança e o desempenho da estrutura em diversas condições de operação. As normas técnicas, como a Norma de Ações e Segurança nas Estruturas (ABNT NBR 8681:2003), fornecem diretrizes para essa combinação.

No contexto educacional, é importante que os alunos compreendam não apenas os conceitos teóricos por trás das combinações de ações, mas também a aplicação prática desses conceitos. Segundo Netto (2005), o indivíduo precisa ser criativo, participativo e capaz de se adaptar às constantes mudanças da sociedade. Nesse sentido, a incorporação de tecnologias em sala de aula, como o uso de softwares e recursos computacionais, torna-se necessária para estimular nos estudantes uma reflexão crítica sobre como, quando e por que utilizar essas ferramentas em suas atividades acadêmicas e futuras práticas profissionais.

Além disso, essa automação pode tornar o aprendizado menos massante, permitindo que os alunos se concentrem mais nos fundamentos da análise estrutural, deixando os cálculos repetitivos para o programa.

Assim, o objetivo deste trabalho foi desenvolver

uma ferramenta computacional capaz de automatizar o processo de combinação de ações (carregamentos) em análise estrutural, visando suprir lacunas nas etapas preliminares ao dimensionamento propriamente dito. A aplicação, desenvolvida na plataforma MATLAB é fundamentada na ABNT NBR 8681:2003 de ações e segurança nas estruturas.

A estrutura deste trabalho está organizada da seguinte forma: na Seção 2, apresenta-se uma revisão teórica sobre os tipos de ações atuantes nas estruturas e os princípios dos estados limites. Na Seção 3, é descrita a ferramenta computacional desenvolvida, abordando seu funcionamento, interface e lógica de cálculo. Por fim, a Seção 4 apresenta aplicações numérica com o objetivo de validar e ilustrar o uso prático da calculadora desenvolvida. Para essa validação, são discutidos três exemplos cujos resultados demonstraram concordância com aqueles encontrados na literatura.

## 2. COMBINAÇÃO DE AÇÕES EM ANÁLISE ESTRUTURAL

### 2.1 Segurança Estrutural

Uma análise estrutural cuidadosa para a concepção das estruturas empregadas na construção civil, colabora para um projeto seguro e econômico.

Ao longo dos anos foram se buscando metodologias para se avaliar e quantificar a segurança estrutural. Inicialmente, sendo estimada apenas pelos sucessos e insucessos de estruturas já concebidas e posteriormente passando a experimentos labororiais e introdução de coeficientes de ponderação para a amplificação das ações e a redução das resistências, de modo que os projetos possuam uma reserva de resistência e possam manter sua integridade em situações atípicas a de projeto. Nesse contexto, surge inicialmente o

método das tensões admissíveis e posteriormente o método dos estados limites.

### 2.1.1 Método dos Estados Limites

O dimensionamento de elementos estruturais com base no método dos Estados Limites teve origem entre os anos de 1947 e 1949. Esse método consiste em definir limites aceitáveis de resistência e utilização, garantindo que a estrutura opere de forma segura e eficiente durante sua vida útil, sem apresentar falhas ou comprometimentos em condições normais de uso (MUNAIAR NETO *et al.*, 2015).

De acordo com a Norma Brasileira, ABNT NBR 8681:2003, os estados limites são classificados em duas categorias. A primeira categoria (Estados Limites Últimos) levam em consideração a falha ou colapso estrutural como ruptura ou instabilidade por deformação, enquanto a segunda categoria (Estados Limites de Serviço) está relacionada as deformações que não causam colapso, mas podem afetar às condições de uso da edificação.

Na análise estrutural, devem ser consideradas todas as ações que possam causar efeitos significativos para a segurança da estrutura em questão, levando-se em conta os possíveis estados limites últimos e de serviço (ABNT NBR 6118:2023).

As verificações de segurança das estruturas, segundo o Método dos Estados Limites, são realizadas por meio da comparação entre os valores de cálculo dos esforços atuantes ( $S_d$ ) e os limites estabelecidos para cada tipo de estado limite. Esses esforços são determinados a partir das combinações de ações que representam as possíveis condições de carregamento da estrutura.

No caso do Estado Limite Último (ELU), os valores solicitantes de cálculo não podem ultrapassar a resistência de cálculo dos elementos estruturais, garantindo a integridade e a segurança da estrutura contra colapsos. Já para o Estado Limite de Serviço (ELS), é necessário assegurar que os deslocamentos permaneçam dentro de limites estabelecidos para não comprometer a funcionalidade, o conforto dos usuários ou a aparência da estrutura. Assim, a correta determinação das combinações de ações é essencial processo de concepção e dimensionamento estrutural.

Uma edificação deve ser projetada considerando diferentes combinações ponderadas de ações, de forma a garantir que os efeitos estruturais mais desfavoráveis possíveis sejam contemplados no dimensionamento (KIMURA, 2018).

As diferentes ações que atuam sobre uma estrutura possuem naturezas distintas quanto à sua ocorrência e variabilidade no tempo, exigindo, portanto, que sejam combinadas adequadamente para representar as possíveis situações de carregamento ao longo da vida útil da construção.

A ABNT NBR 8681:2003, norma que estabelece os critérios para combinações de ações em estruturas, classifica essas ações em três categorias principais, com base em sua variabilidade temporal:

- Ações permanentes: caracterizam-se por apresentar valores constantes ou com variações muito pequenas durante toda a vida útil da estrutura. Incluem o peso próprio da estrutura, dos elementos construtivos definitivos, de equipamentos fixos, além de esforços como empuxos de terra ou água. Podem ser diretas, quando se referem a pesos e pressões aplicados continuamente, ou indiretas, relacionadas a efeitos como retração, fluência e recalques diferenciais.

- Ações variáveis: são aquelas que apresentam grande variação em intensidade e frequência ao longo do tempo. Envolvem, por exemplo, sobrecargas de uso, vento e variações térmicas.

- Ações excepcionais: referem-se a eventos raros e imprevisíveis, como explosões, impactos de veículos e incêndios. Apesar da baixa probabilidade de ocorrência, essas ações são contempladas em combinações específicas para garantir a segurança da estrutura em situações extremas.

Devido à variabilidade, o valor de cálculo dessas ações deve ser ponderado por coeficientes previamente estabelecidos na própria NBR 8681:2003, onde levam em consideração a classe de combinação, o tipo de ação e seu efeito para a estrutura (desfavorável ou favorável).

Esses coeficientes têm o papel de ampliar ou reduzir a influência de cada ação no cálculo estrutural, levando em consideração o tipo de situação analisada, e varia também conforme o estado limite considerado.

Para os Estados Limites Últimos (ELU), que visam garantir a segurança estrutural, as combinações podem ser normais, de construção e raras. As combinações normais representam as condições usuais de uso da estrutura, envolvendo ações permanentes e ações variáveis com alta probabilidade de ocorrência, sendo amplamente utilizadas no dimensionamento padrão. As combinações de construção são aplicadas durante fases transitórias da obra, como montagem ou concretagem, quando a estrutura ainda não está

completamente estabilizada, exigindo critérios específicos de segurança. Já as combinações raras consideram a atuação simultânea de ações variáveis em suas intensidades máximas prováveis, sendo empregadas em análises mais conservadoras, especialmente em estruturas que exigem níveis elevados de segurança.

Para os Estados Limites de Serviço (ELS), cujo objetivo é garantir o desempenho adequado da estrutura em termos de conforto, funcionalidade e aparência ao longo do tempo, as combinações de ações são classificadas em quase permanentes, frequentes e raras. As combinações quase permanentes consideram apenas as ações que atuam durante a maior parte da vida útil da estrutura, sendo utilizadas especialmente na verificação de efeitos de longa duração, como fluência, retração e recalques diferenciais. As combinações frequentes incluem ações com ocorrência regular ao longo do tempo, sendo aplicadas em verificações relacionadas a vibrações, fissuração ou deslocamentos excessivos sob condições normais de uso. Já as combinações raras são empregadas para avaliar situações eventuais de maior intensidade, como deformações excepcionais, e garantir que os limites de serviço não sejam ultrapassados mesmo em condições menos comuns, mas ainda possíveis de ocorrer durante o uso da edificação.

### 3. CALCULADORA PARA COMBINAÇÃO DE AÇÕES

Neste artigo, foi desenvolvido um programa computacional em ambiente MATLAB voltado para a geração automática de combinações de ações estruturais, com foco específico no Estado Limite Último (ELU). A ferramenta foi projetada para aplicar as combinações normais, conforme estabelecido na ABNT NBR 8681:2003, levando em conta as ações permanentes e variáveis em condições típicas de uso.

O MATLAB destaca-se amplamente no campo da engenharia como um dos principais ambientes de desenvolvimento voltados à realização de cálculos científicos, análise numérica e manipulação matricial. O ambiente oferece flexibilidade ao usuário, permitindo a criação de rotinas personalizadas que podem ser executadas diretamente na plataforma ou exportadas como aplicações independentes, gerando arquivos executáveis e ampliando a aplicabilidade dos projetos desenvolvidos (CHAPMAN, 2010).

No contexto acadêmico e educacional, o MATLAB é constantemente utilizado como recurso didático para o ensino de disciplinas técnicas, como análise estrutural, processamento de sinais, entre outras. Por

meio da criação de conteúdos interativos, visualizações dinâmicas e interfaces gráficas intuitivas, é possível tornar o processo de aprendizagem mais atrativo e eficaz para os estudantes, promovendo maior engajamento e compreensão dos conceitos abordados (MARCHETTO, 2016).

O desenvolvimento do programa foi realizado utilizando o GUIDE (*Graphical User Interface Development Environment*) do MATLAB, uma ferramenta integrada que facilita a criação de interfaces gráficas por meio de elementos visuais pré-configurados, como botões, caixas de texto, rótulos estáticos, menus e outros componentes interativos. Essa abordagem permitiu uma construção mais intuitiva da interface, tornando o uso da ferramenta mais acessível.

O algoritmo principal foi projetado para interpretar e processar a equação de combinação de ações normais para o Estado Limite Último (ELU), conforme especificado pela ABNT NBR 8681:2003 (Equação 1), realizando os cálculos automaticamente a partir dos dados inseridos pelo usuário.

$$Fd = \sum_{i=1}^m (\gamma_{gi} F_{Gi,k}) + \gamma_{q1} F_{Q1,k} + \sum_{j=2}^n (\gamma_{qj} \psi_{0j} F_{Qj,k}) \quad (1)$$

Em que:

$Fd$  – Valores de cálculos das ações;

$\gamma_{gi}$  – Coeficiente de ponderação para ações permanentes;

$F_{Gi,k}$  – Valores característicos das ações permanentes;

$\gamma_{q1}$  – Coeficiente de ponderação para ações variáveis;

$F_{Q1,k}$  – Valores característicos da ação variável considerada principal para combinação;

$\psi$  – Fator de combinação para ações variáveis;

$F_{Qj,k}$  – Valores característicos das ações variáveis que podem atuar concomitantemente com a ação variável principal;

A programação desenvolvida para a ferramenta foi estruturada, utilizando componentes gráficos como caixas de texto (*edit text*) para entrada e exibição de dados, e botões de comando (*push buttons*) responsáveis pela execução das rotinas computacionais. Ao serem acionados, esses botões iniciam uma sequência de cálculos e interações que possibilita a determinação automática dos valores máximos e mínimos de carregamento da estrutura

analizada, com base nas combinações normais para o Estado Limite Último.

Com o intuito de tornar a utilização do software mais intuitiva, o programa foi acompanhado de um manual do usuário e mensagens de alerta para possíveis erros de entrada ou execução, garantindo maior segurança e eficiência no uso da ferramenta, especialmente por alunos em fase de aprendizado.

A estrutura funcional do programa pode ser visualizada na Figura 1.

E na Figura 2, é possível visualizar a tela principal do sistema, onde, seguindo as instruções é possível calcular as combinações de ações normais para ELU.

Vale destacar ainda que, na interface da calculadora, não foram especificadas unidades de medida, o que confere maior flexibilidade ao usuário, permitindo que sejam combinados diferentes tipos de carregamentos ou esforços solicitantes, desde que sejam utilizadas unidades compatíveis entre si, garantindo a coerência dos resultados obtidos.

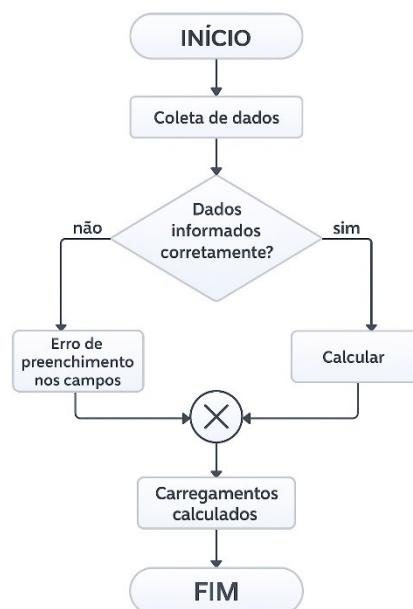


Figura 1. Fluxograma APP COMB.  
 Fonte: Autores.

Conforme mencionado anteriormente, o aplicativo inclui um manual para consulta, o qual pode ser acessado ao clicar no ícone de interrogação (?). Isso facilita o entendimento dos cálculos realizados.

Os campos destinados à inserção dos carregamentos e de seus respectivos coeficientes foram projetados de forma que, no momento em que o usuário solicitar o cálculo, o programa identifique automaticamente qualquer divergência entre a

quantidade de carregamentos e coeficientes informados. Nesses casos, mensagens de alerta são exibidas.

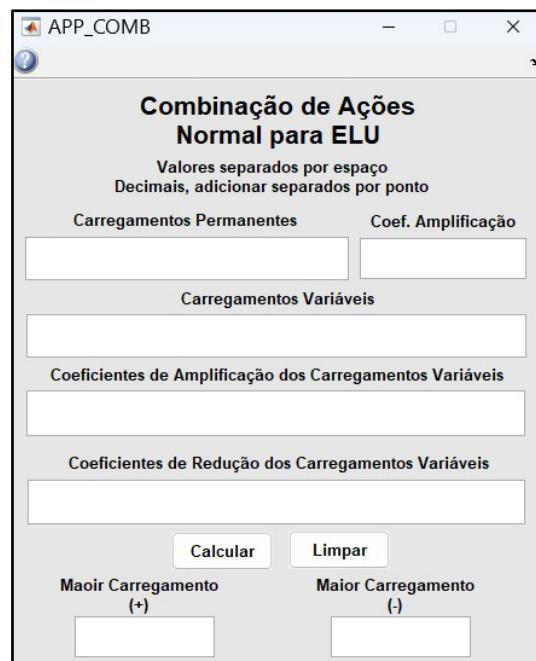


Figura 2. Tela principal do APP COMB.  
 Fonte: Autores.

#### 4. EXEMPLOS NUMÉRICOS

No intuito de verificar a eficácia da ferramenta proposta, esta seção apresenta aplicações numéricas que demonstram o funcionamento da calculadora.

O primeiro exemplo é baseado no livro Segurança nas Estruturas de Munaiar Neto et. al. (2015). O caso abordado ilustra a utilização da combinação de ações para o Estado Limite Último (ELU), conforme os critérios estabelecidos pela norma ABNT NBR 8681:2003. Esse exemplo tem caráter didático e serve como referência para compreender, o processo de verificação estrutural em situações típicas de carregamento.

Para a viga ilustrada na Figura 3 são consideradas as seguintes ações (valores característicos nominais):

$g=20 \text{ kN/m}$  (permanente):  $\gamma_g=1,4$  ou  $\gamma_g=1,0$   
 $q_1=15 \text{ kN/m}$  (sobrecarga) :  $\gamma_q=1,5$  e  $\psi_0=0,7$   
 $q_2=15 \text{ kN/m}$  (vento 1) ;  
 $q_3=-20 \text{ kN/m}$  (vento 2):  $\gamma_q=1,40$  e  $\psi_0=0,60$

Os resultados obtidos pela calculadora pra o primeiro exemplo estão apresentados na Figura 4, enquanto o cálculo passo a passo é mostrado a seguir, detalhando cada etapa do processo.

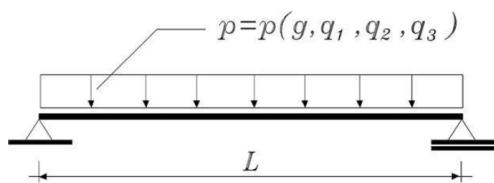


Figura 3. Viga e ações atuantes.  
 Fonte: MUNAIAR NETO et. al. (2015).

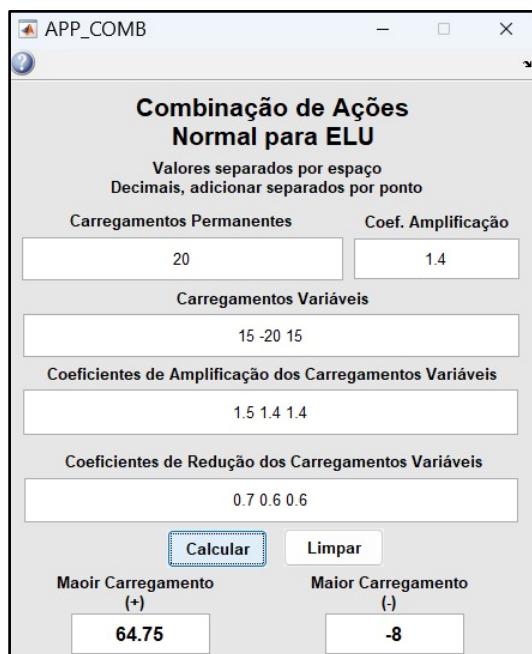


Figura 4. Exemplo 01 de aplicação.  
 Fonte: Autores.

Caso (1) : Sobrecarga como carregamento principal  
 $F_d = (1,4 \times 20) + (1,5 \times 15)$

$$+ (1,4 \times 0,6 \times 15) \Rightarrow F_d \\ = 63,1 \text{ kN/m}$$

Caso (2) : Vento de sobrepressão como carregamento principal

$$F_d = (1,4 \times 20) + (1,4 \times 15) \\ + (1,5 \times 0,7 \times 15) \Rightarrow F_d \\ = 64,75 \text{ kN/m}$$

Caso (3) : Vento de sucção como carregamento principal

$$F_d = (1,0 \times 20) + (1,4 \times -20) \Rightarrow F_d \\ = -8 \text{ kN/m}$$

Os valores obtidos pela calculadora coincidiram com os resultados previstos na literatura, comprovando que a implementação da ferramenta reflete o procedimento de verificação estrutural.

O segundo exemplo refere-se a uma aplicação

apresentada no livro Estruturas de Aço, Dimensionamento Prático, de Walter Pfeil e Michèle Pfeil (2022). Trata-se da análise de uma diagonal de treliça de telhado submetida a esforços normais de tração (+) e compressão (-), resultantes da combinação de diferentes carregamentos:

$$N_g = 1 \text{ kN (permanente)}: \gamma_g = 1,25 \text{ ou } \gamma_g = 1,0 \\ N_{v1} = 1,5 \text{ kN (vento-sobrepressão)}: \gamma_q = 1,40 \text{ e } \psi_0 = 0,60 \\ N_{v2} = -3 \text{ kN (vento-sucção)}: \gamma_q = 1,40 \\ N_q = 0,5 \text{ kN (sobrecarga)}: \gamma_q = 1,5 \text{ e } \psi_0 = 0,5$$

Os resultados obtidos pela calculadora para o segundo exemplo estão apresentados na Figura 5, enquanto o cálculo passo a passo é mostrado a seguir, detalhando cada etapa do processo.

Caso (1) : Sobrecarga como carregamento principal  
 $N_d = (1,25 \times 1) + (1,5 \times 0,5)$

$$+ (1,4 \times 0,6 \times 1,5) \Rightarrow N_d \\ = 3,26 \text{ kN}$$

Caso (2) : Vento de sobrepressão como carregamento principal

$$N_d = (1,25 \times 1) + (1,4 \times 1,5)$$

$$+ (1,5 \times 0,5 \times 0,5) \Rightarrow N_d \\ = 3,725 \text{ kN}$$

Caso (3) : Vento de sucção como carregamento principal

$$N_d = (1,0 \times 1) + (1,4 \times -3) \Rightarrow N_d \\ = -3,2 \text{ kN}$$

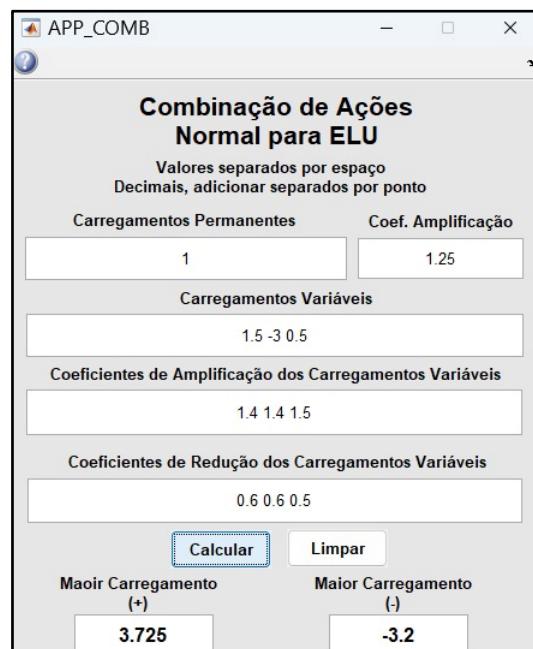


Figura 5. Exemplo 02 de aplicação.  
 Fonte: Autores.

O terceiro exemplo também se refere a uma aplicação apresentada no livro Estruturas de Aço, Dimensionamento Prático, de Walter Pfeil e Michèle Pfeil (2022). Trata-se da análise dos momentos fletores gerados por diferentes tipos de carregamentos em uma viga de um edifício residencial:

$$M_{g1}=10 \text{ kNm (permanente)}: \gamma_g=1,25$$

$$M_{g2}=50 \text{ kNm (permanente)}: \gamma_g=1,50$$

$$M_v=20 \text{ kNm (vento-sobrepressão)}: \gamma_q=1,40 \text{ e } \psi_0=0,60$$

$$M_q=30 \text{ kNm (sobrecarga)}: \gamma_q=1,5 \text{ e } \psi_0=0,70$$

Os resultados obtidos pela calculadora pra o terceiro exemplo estão apresentados na Figura 6, enquanto o cálculo passo a passo é mostrado a seguir, detalhando cada etapa do processo.

Caso (1) : Sobreloca como carregamento principal

$$M_d = (1,25 \times 10) + (1,5 \times 30)$$

$$+ (1,4 \times 0,6 \times 20) \Rightarrow M_d \\ = 149,3 \text{ kNm}$$

Caso (2) : Vento de pressão como carregamento principal

$$M_d = (1,25 \times 10) + (1,4 \times 20)$$

$$+ (1,5 \times 0,7 \times 30) \Rightarrow M_d \\ = 147,0 \text{ kNm}$$

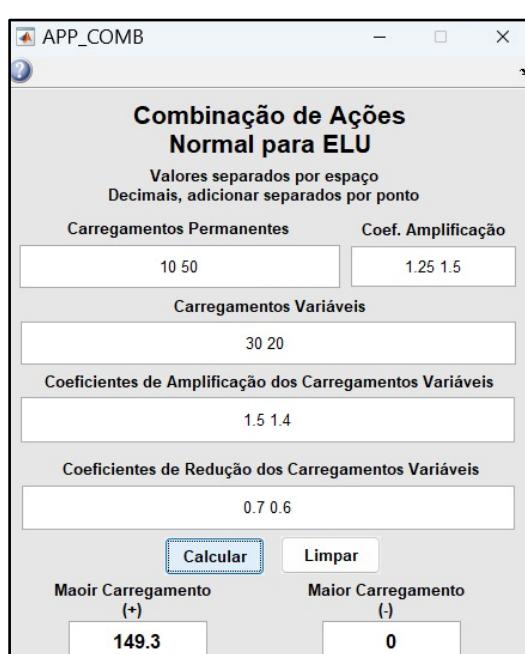


Figura 6. Exemplo 03 de aplicação.

Fonte: Autores.

## 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O uso de ferramentas computacionais para automatizar processos, como a combinação de ações

em análise estrutural, oferece uma abordagem mais eficiente e menos propensa a erros. A ferramenta desenvolvida neste trabalho pode ser aplicada de maneira prática no contexto educacional, proporcionando aos alunos uma experiência mais dinâmica e interativa. Ao automatizar as etapas iniciais de verificação estrutural, a ferramenta permite que os estudantes se concentrem no entendimento dos conceitos fundamentais, eliminando a necessidade de realizar cálculos repetitivos.

A validação da ferramenta, apresentou resultados consistentes. No entanto, é importante ressaltar que, embora o programa seja eficiente na resolução deste tipo de problema, a visão crítica do engenheiro continua sendo essencial para a interpretação dos dados gerados e a tomada de decisões mais assertivas.

Como sugestões para futuras melhorias, propõe-se a criação de abas adicionais para a resolução de outros tipos de cálculos estruturais, além da geração automática de memoriais de cálculo. Outra possibilidade seria a migração da ferramenta para o ambiente Python, o que tornaria o aplicativo mais acessível e integrável com outras tecnologias amplamente utilizadas na área da engenharia.

## AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a Universidade Federal de Mato Grosso (UFMT) pelo apoio acadêmico durante o desenvolvimento deste trabalho.

## REFERÊNCIAS

- Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 6118. (2023). *Projeto de estruturas de concreto*, Rio de Janeiro, 242 p.
- Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 8681. (2003). *Ações e Segurança nas estruturas – Procedimento*, Rio de Janeiro, 15 p.
- Chapman, S.J. (2010). *Programação em MATLAB para engenheiros*, Cengage Learning, São Paulo, 432 p.
- Kimura, A. (2018). *Informática aplicada a estruturas de concreto armado*, 2<sup>a</sup> ed., Oficina de Textos, São Paulo, 416 p.
- Pfeil, W., e Pfeil, M. (2022). *Estruturas de aço: Dimensionamento Prático*, 9<sup>a</sup> ed., LTC, Rio de Janeiro, 360 p.
- Marchetto, R. (2016). *Utilização de software MATLAB como recurso tecnológico de aprendizagem na transformação de matrizes em imagens*, Revista Revemat, Vol. 11, p. 118-130.
- Munaiar Neto, J., SALES, J. J., Malite, M. (2015). *Segurança nas estruturas*, 2<sup>a</sup> ed., LTC, Rio de Janeiro, 136p.
- Netto, A. A. O. (2005). *Novas tecnologias & universidade: da didática tradicionalista à inteligência artificial: desafios e armadilhas*. 1<sup>a</sup> ed., Vozes, Petrópolis, 248 p.