



XXX Congresso Nacional de Estudantes de Engenharia Mecânica  
19 a 23 de agosto de 2024, Uberaba, Minas Gerais, Brasil

## UTILIZAÇÃO DE APLICATIVO PARA CÁLCULO DE PROPRIEDADES PSICROMÉTRICAS NO ENSINO DE UNIDADES CURRICULARES DAS ÁREAS DE FENÔMENOS DE TRANSPORTE E ENGENHARIA TÉRMICA

Natália de Souza Freitas, natalia.freitas@ufvjm.edu.br <sup>1</sup>

Tiago Mendes, tiago.mendes@ufvjm.edu.br <sup>1</sup>

José Ricardo Ferreira Oliveira, jose.ricardo@ufvjm.edu.br <sup>1</sup>

<sup>1</sup> Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, Instituto de Ciência e Tecnologia. Rodovia MGT 367 – Km 583, nº 5000, Alto da Jacuba, Diamantina/MG, CEP 39100-000.

**Resumo.** No âmbito da Engenharia Mecânica, a utilização de aplicativos no ensino pode potencializar a aplicação do princípio da indissociabilidade. Estas ferramentas oferecem uma variedade de recursos que podem ser incorporados de maneira eficaz nas atividades de ensino, pesquisa e extensão. Aplicativos permitem que os estudantes pratiquem suas habilidades de resolução de problemas em um ambiente virtual. A utilização de aplicativos pode desempenhar um papel fundamental no ensino de disciplinas nas áreas de Fenômenos de Transporte e Engenharia Térmica em cursos de Engenharia Mecânica, como a disciplina de Termodinâmica. Para superar esses desafios, é crucial uma abordagem didática que integre exemplos práticos, demonstrações visuais e resolução de problemas contextualizados. Assim, o uso de tecnologias educacionais, simulações e atividades práticas pode tornar o aprendizado mais acessível e envolvente para os alunos. Dentre os conteúdos de Termodinâmica, um dos mais intrigantes é a Psicrometria, a ciência que trata das propriedades e parâmetros termodinâmicos do ar úmido e sua interação com sistemas de aquecimento, ventilação, ar-condicionado e refrigeração. Neste sentido, o objetivo geral deste projeto é empregar um aplicativo em sala de aula para calcular propriedades psicrométricas, com foco nas unidades curriculares de Fenômenos de Transporte e Engenharia Térmica, do curso de Engenharia Mecânica. De modo específico, este projeto objetiva criar um manual didático de utilização e realizar treinamentos operacionais da ferramenta.

**Palavras-chave:** Tecnologias Educacionais. Ensino de Termodinâmica. Psicrometria. Manual Didático.

**Abstract.** In the field of Mechanical Engineering, the use of applications in education can enhance the application of the principle of indissociability. These tools offer a variety of resources that can be effectively incorporated into education, research, and extension activities. Applications enable students to practice their problem-solving skills in a virtual environment. The use of applications can play a fundamental role in teaching disciplines in the areas of Transport Phenomena and Thermal Engineering within Mechanical Engineering courses, such as Thermodynamics. To overcome the challenges associated with these subjects, a didactic approach that integrates practical examples, visual demonstrations, and contextualized problem-solving is crucial. Thus, the use of educational technologies, simulations, and practical activities can make learning more accessible and engaging for students. Among the content in Thermodynamics, one of the most intriguing topics is Psychrometrics, the science that deals with the thermodynamic properties and parameters of moist air and its interaction with heating, ventilation, air conditioning, and refrigeration systems. In this context, the general objective of this project is to employ an application in the classroom to calculate psychrometric properties, focusing on the curricular units of Transport Phenomena and Thermal Engineering in the Mechanical Engineering course. Specifically, this project aims to create a didactic manual for the use of the tool and conduct operational training for it.

**Keywords:** Educational Technologies. Thermodynamics Education. Psychrometry. Didactic Manual.

### 1. INTRODUÇÃO

Os conceitos termodinâmicos são frequentemente abstratos e desafiadores de visualizar. Termos como entropia, energia interna e trabalho podem ser difíceis de compreender intuitivamente. Para superar essas dificuldades, é crucial

uma abordagem didática que integre exemplos práticos, demonstrações visuais e resolução de problemas contextualizados. O uso de tecnologias educacionais, simulações e atividades práticas também pode tornar o aprendizado da Termodinâmica mais acessível e envolvente para os alunos. No âmbito da Termodinâmica, a Psicometria é a ciência que trata das propriedades e parâmetros termodinâmicos do ar úmido e sua interação com sistemas de aquecimento, ventilação, ar-condicionado e refrigeração (MOREIRA e NETO, 2019; STOECKER e JABARDO, 2018). A utilização de aplicativos móveis para calcular propriedades psicométricas desempenha um papel fundamental no ensino de disciplinas nas áreas de Fenômenos de Transporte e Engenharia Térmica em cursos de Engenharia Mecânica, como por exemplo, a Termodinâmica (MORAN e SHAPIRO, 2018). Eles proporcionam uma plataforma versátil para melhorar a compreensão dos conceitos, desenvolver habilidades práticas e promover a colaboração, em consonância ao princípio da indissociabilidade. Ademais, proporcionam aos alunos uma abordagem prática e eficaz para compreender e aplicar conceitos complexos relacionados ao ar úmido e aos processos de Transferência de Calor e Massa (MILLER e MILLER, 2014). A utilização de um aplicativo para esta finalidade oferece ainda uma série de vantagens significativas:

- a) Acesso imediato a informações precisas: Os aplicativos psicométricos oferecem aos alunos acesso instantâneo a valores precisos de propriedades do ar úmido, como temperatura de bulbo seco, temperatura de bulbo úmido, umidade relativa e entalpia. Isso permite que os alunos realizem cálculos rápidos e precisos durante as aulas, laboratórios ou até mesmo em projetos práticos.
- b) Compreensão visual dos processos: Muitos aplicativos incluem gráficos e diagramas psicométricos interativos. Essas representações visuais ajudam os alunos a entender melhor os processos complexos que envolvem a mistura de ar úmido, aquecimento, resfriamento e condicionamento. Isso facilita a aplicação prática dos conceitos teóricos e promove uma compreensão mais profunda.
- c) Facilitação da resolução de problemas: Através dos aplicativos, os alunos podem resolver problemas de engenharia relacionados a sistemas de climatização, ventilação e troca de calor com mais facilidade (MILLER e MILLER, 2014). A capacidade de inserir diferentes condições de entrada e observar instantaneamente os resultados ajuda os alunos a analisar e otimizar projetos de engenharia térmica.
- d) Aplicação em situações do mundo real: Os aplicativos móveis permitem aos alunos explorar cenários do mundo real, como dimensionamento de sistemas de condicionamento de ar, controle de umidade em processos industriais e projeto de trocadores de calor (INCROPERA, 2014; KERN, 1980). Isso ajuda a construir uma ponte entre a teoria ensinada em sala de aula e sua aplicação prática em situações reais da engenharia.
- e) Flexibilidade e aprendizado autônomo: Os aplicativos psicométricos proporcionam aos alunos a oportunidade de aprender de forma autônoma e aprofundar seus conhecimentos fora do ambiente de sala de aula. Eles podem explorar diferentes cenários, testar hipóteses e aprender no próprio ritmo, o que contribui para um entendimento mais sólido e duradouro dos conceitos.
- f) Preparação para a indústria: À medida que os alunos se aproximam da indústria, a familiaridade com ferramentas e tecnologias é crucial. O uso de aplicativos móveis para calcular propriedades psicométricas reflete a abordagem que os engenheiros reais usam em suas atividades profissionais, preparando melhor os alunos para desafios reais de engenharia no campo da termodinâmica e transferência de calor.
- g) Interdisciplinaridade: O uso de aplicativos móveis para propriedades psicométricas não só é relevante para disciplinas específicas, mas também se conecta a várias outras áreas da engenharia, como sistemas de energia, controle ambiental e design térmico. Isso promove uma visão interdisciplinar e abrangente do papel da engenharia mecânica na solução de problemas complexos.

O objetivo geral deste projeto é empregar um aplicativo em sala de aula para calcular propriedades psicométricas, com foco nas unidades curriculares de Fenômenos de Transporte e Engenharia Térmica, do curso de Engenharia Mecânica. O software a ser empregado nesta pesquisa é o programa *Interactive Thermodynamics 3.2*, (MORAN e SHAPIRO, 2018). De modo específico, este projeto objetiva criar um manual de utilização e realizar treinamentos operacionais da ferramenta.

## 2. MÉTODOS

O roteiro traz passos para a utilização do software *Interactive Thermodynamics 3.2*, com o intuito de facilitar o acesso e proporcionar aos estudantes e profissionais uma ferramenta interativa e eficiente para análise e compreensão de dados através de simulações e visualização gráfica. O material visa ser um suporte para seus estudos independentes, apresentando os conceitos básicos para iniciar a programação do software na resolução de problemas na área da termodinâmica.

A priori, é necessário conhecer o *layout* da página inicial e suas ferramentas. A organização visual é bastante simples e compreende uma área de trabalho, menu, barra de ferramentas e um navegador, como pode ser observado na Fig. 1. Na área de trabalho os usuários inserem equações e comentários que são essenciais para a modelagem matemática. Ela funciona semelhante a um editor de texto, permitindo uma organização clara das variáveis e processos envolvidos. Localizado na parte superior da interface, o menu fornece acesso a todas as funções e comandos do *software*. Através do

menu é possível editar recursos, editar parâmetros da área de trabalho e selecionar o tipo de processo estudado ( sistema fechado, volume de controle, ciclo de vapor ou gás, sistema de refrigeração ou bombas de calor e processos que envolvem psicrometria (humidificação, desumidificação e misto).

A barra de ferramentas, situada abaixo da barra de menu, proporciona acesso rápido aos comandos principais, como salvar e carregar modelos, inserir tabelas, formatação de textos e equações, adição de gráficos e propriedades da substância em estudo e seleção do sistema de unidades a serem utilizadas (sistema americano ou sistema internacional). Por fim, as soluções das simulações serão exibidas no navegador, aqui os usuários poderão verificar se os resultados estão de acordo com as expectativas e fazerem comparações.

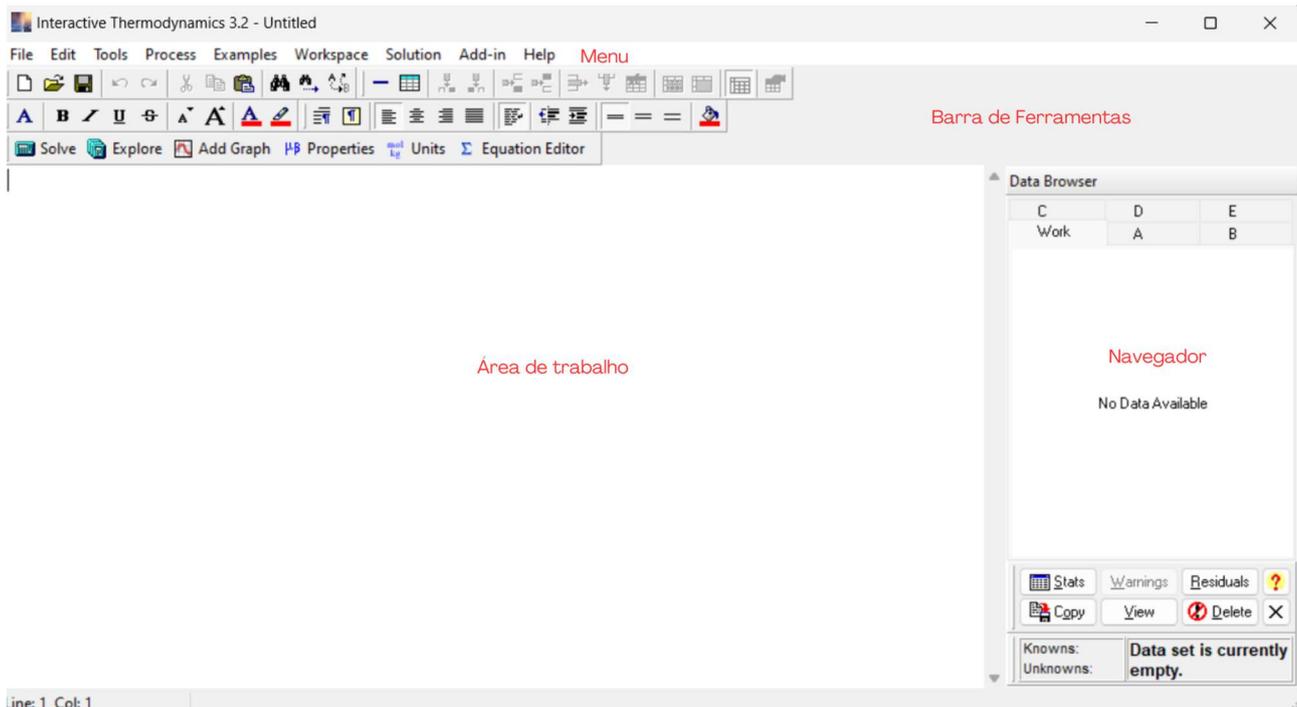


Figura 1. Layout da página inicial (Adaptado: *Interactive Thermodynamics 3.2*).

O fluxograma dos passos principais para utilização do software *Interactive Thermodynamics 3.2* é apresentado na Fig. 2. A metodologia adotada para solucionar problemas de psicrometria utilizando software inicia-se com uma fase de análise e compreensão do problema a ser resolvido. Durante esta etapa, o problema é definido de forma clara, analisando os dados disponíveis e estabelecendo as premissas para a solução. Além disso, são examinados os requisitos e as restrições associadas ao problema.

Assim, após definir todas as informações iniciais, é necessário selecionar o tipo de processo (sistema fechado, volume de controle, ciclo de vapor ou gás, sistema de refrigeração ou bombas de calor e processos que envolvem psicrometria) e as propriedades de acordo com a substância estudada. Nesse processo o software fornece um conjunto de equações que podem ser usadas na modelagem matemática do problema.

Durante a etapa de modelagem matemática, o sistema ou fenômeno em estudo é representado por um conjunto de equações que são implementadas na área de trabalho do software. Este modelo deve ser salvo e executado para que os resultados sejam apresentados no navegador. Deve-se analisar se as grandezas obtidas condizem com o sistema estudado. A possibilidade de variação de parâmetros permite a realização de simulações e análises situacionais.

Desse modo, caso os resultados não sejam considerados satisfatórios, deve-se realizar revisões nos parâmetros do modelo ou na abordagem metodológica. Isso pode implicar em ajustes no modelo matemático, na seleção de materiais ou em outras variáveis relevantes para a solução do problema.

Por fim, é possível a criação de gráficos para análise do sistema e o salvamento do programa com a solução. A metodologia que ainda está sendo desenvolvida visa abordagem iterativa, que permita a melhoria contínua do modelo com base na análise dos resultados obtidos.

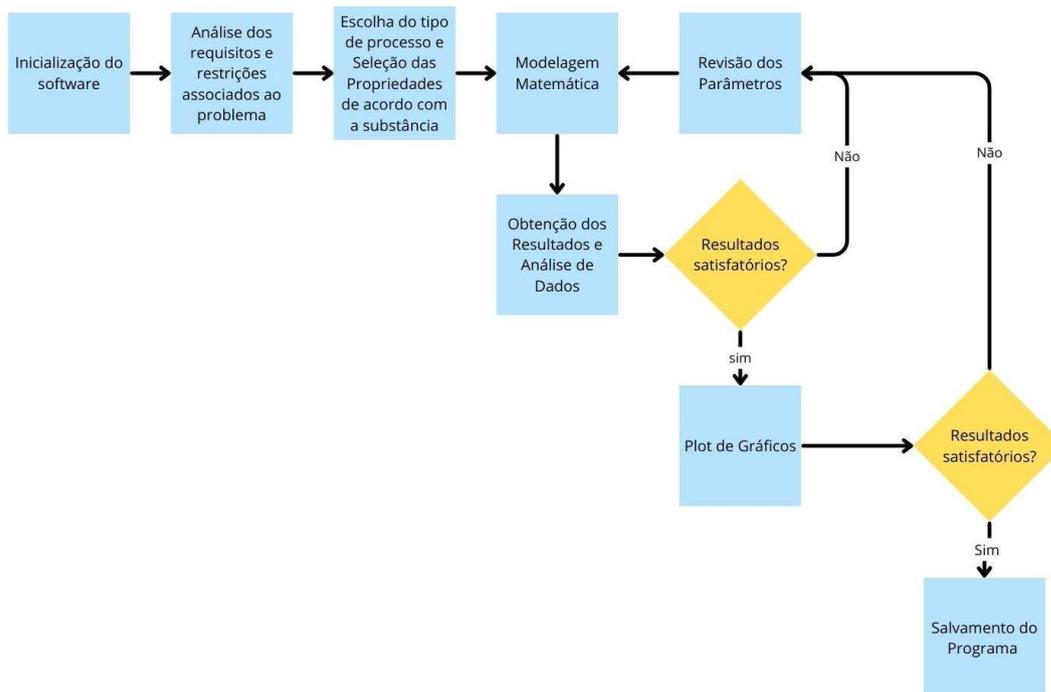


Figura 2. Fluxograma da metodologia do uso do *software*.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A seguir serão apresentados os resultados obtidos utilizando a metodologia descrita neste trabalho com o *software* Interactive *Thermodynamics 3.2*. A Figura 3, ilustra uma solução utilizando a metodologia descrita para um exemplo básico de termodinâmica. Inicialmente foram inseridos na área de trabalho do *software* os dados conhecidos, e as premissas necessárias foram estabelecidas. O sistema foi modelado como fechado, as propriedades específicas foram selecionadas para a substância água e o conjunto de equações fornecido pelo *software* foi copiado para a área de trabalho. Assim, no navegador é exibido o resultado das variáveis calculadas utilizando o sistema americano de unidades. Por fim, para melhor visualização e análise dos resultados foi plotado um gráfico mostrando a variação da pressão em função da temperatura no ponto 2.

O *software* possui interface intuitiva e de fácil utilização, facilitando a interação dos usuários com as suas diversas funcionalidades. As ferramentas disponíveis são abrangentes e auxiliam de forma satisfatória na modelagem, solução e visualização das soluções das simulações. A organização clara e acessível da área de trabalho permite a inserção eficiente de dados, equações e comentários, minimizando o tempo necessário para familiarização com o *software*. As ferramentas disponíveis proporcionam o acesso às principais funções necessárias para a modelagem do problema e para a visualização das soluções dos resultados das simulações. Os resultados podem ser analisados de forma gráfica detalhada, através de gráficos, e numericamente por meio do navegador, facilitando a compreensão do processo.

Além disso, é possível fazer mudanças de parâmetros de maneira rápida e interativa, possibilitando o melhor entendimento do sistema em estudo. Essa capacidade de ajustar variáveis possibilita a exploração de diferentes cenários e os impactos dessas alterações nos resultados. Essa interatividade acelera o processo de modelagem e análise, além de aprimorar a compreensão dos comportamentos dinâmicos do sistema, facilitando a identificação de tendências e pontos críticos. Por consequência, esse *software* pode ser considerado uma ferramenta valiosa para o ensino e pesquisa das áreas da termodinâmica, proporcionando um ambiente interativo de estudo.

Contudo, foi observado que para realizar a modelagem do sistema de forma correta dentro do *software* é necessário o conhecimento básico sobre os princípios termodinâmicos. Este conhecimento é fundamental para entender as variáveis envolvidas, definir corretamente as premissas e inserir os dados de maneira adequada. Sem a base teórica, o usuário encontrará dificuldades na configuração das simulações e interpretação de resultados. Portanto, é necessária uma familiarização com os conceitos como os tipos de sistemas, volumes de controle, regime permanente, as leis da termodinâmica e propriedades das substâncias. Essa necessidade ressalta a importância de uma formação sólida em termodinâmica para maximizar os benefícios proporcionados pela ferramenta e garantir a precisão e eficácia das modelagens realizadas.

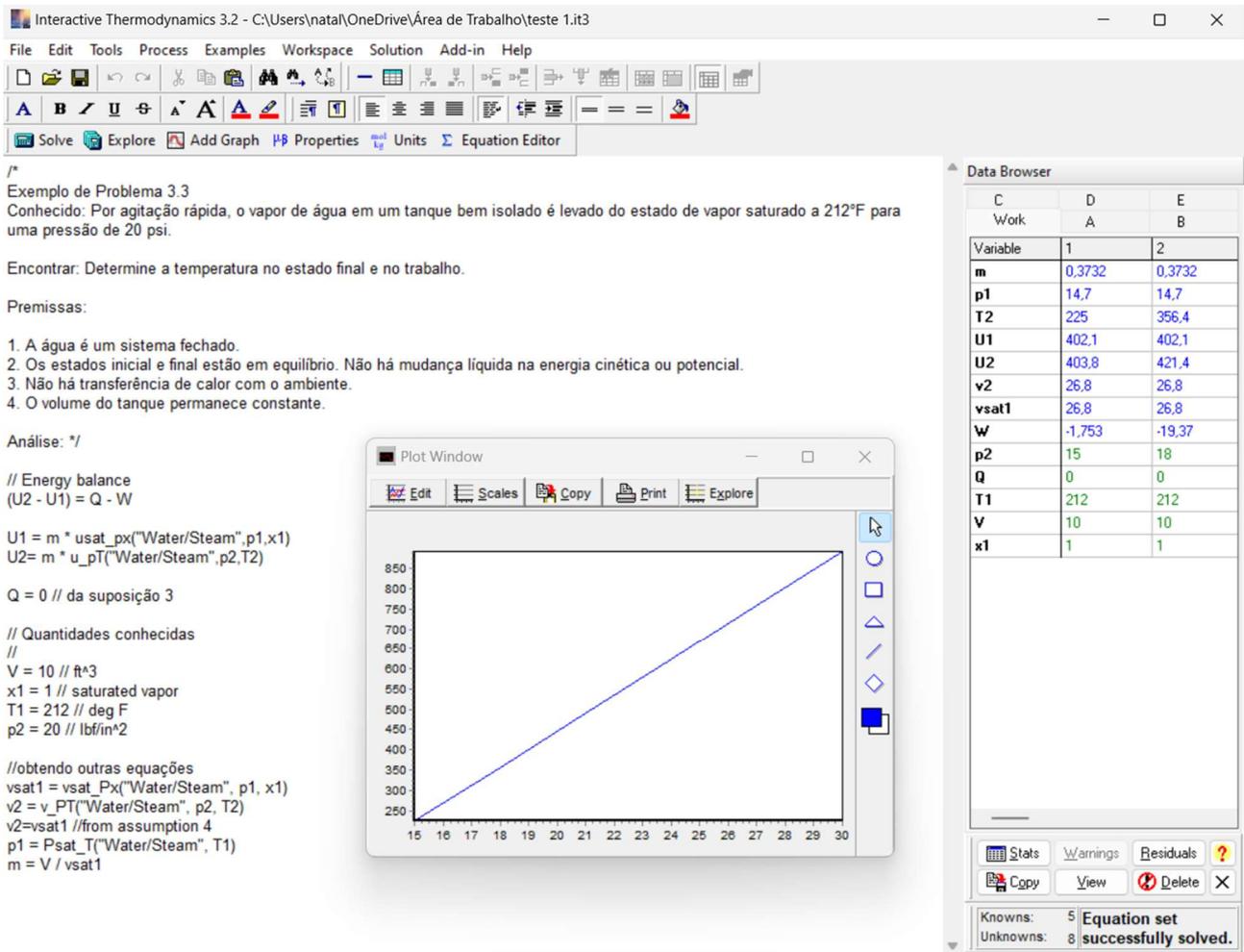


Figura 3. Interface do software com a solução de um problema.

#### 4. CONCLUSÃO

Este estudo demonstrou a facilidade da utilização do aplicativo *Interactive Thermodynamics 3.2* no ensino de propriedades psicrométricas em disciplinas de Fenômenos de Transporte e Engenharia Térmica. O *software* propiciou uma plataforma interativa que facilita o aprendizado dos alunos, permitindo um melhor entendimento dos conceitos apresentados em sala de aula. A análise de gráficos e a capacidade de mudança das variáveis contribuem significativamente para o entendimento de diferentes cenários e melhor compreensão dos conceitos abordados. Assim, a implementação deste *software* no âmbito escolar constitui como uma importante ferramenta no ensino-aprendizagem.

Vale ressaltar que, apesar da simplicidade da interface, é necessário um conhecimento preliminar a respeito dos princípios termodinâmicos. Assim, a ferramenta poderia ser implementada de forma segura e prática, complementando os conhecimentos oferecidos pelo professor e pela literatura clássica. Essa abordagem pode enriquecer a experiência dos alunos, tornando os conceitos mais claros e práticos.

#### 5. AGRADECIMENTOS

Os autores gostariam de agradecer ao Programa de Apoio ao Ensino de Graduação da Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri (PROAE/ UFVJM), pela concessão de bolsa à autora Natália de Souza Freitas. Os autores também gostariam de agradecer à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG), pelo apoio financeiro concedido através da Chamada 13/2023 - Participação Coletiva em Eventos de Caráter Técnico-Científico no País.

## 6. REFERÊNCIAS

- INCROPERA, Frank P. Fundamentos de Transferência de Calor e da Massa. 7. ed. Rio de Janeiro, RJ: LTC ed., 2014. xvi, 672 p. ISBN 9788521625049.
- KERN, Donald Quentín. Processos de Transmissão de Calor. Rio de Janeiro, RJ: Ed. Guanabara Koogan, 1980. ISBN 8570300050.
- MILLER, Rex; MILLER, Mark R. Ar-condicionado e Refrigeração. 2. Rio de Janeiro: LTC, 2014. ISBN 978-85-216-2612-1.
- MORAN, Michael J.; SHAPIRO, Howard N. Princípios de Termodinâmica para Engenharia, 8ª edição. Rio de Janeiro, RJ: Grupo GEN, 2018. E-book. ISBN 9788521634904. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788521634904/>. Acesso em: 28 jan. 2024.
- MOREIRA, José Roberto Simões; NETO, Alberto Hernandez. Fundamentos e Aplicações da Psicrometria. 2. ed. São Paulo, SP: Ed. Blucher, 2019. ISBN 9788521218395.
- STOECKER, Wilbert F; JABARDO, José M. S. Refrigeração Industrial. 3ed. São Paulo: Blucher, 2018. ISBN 9788521212652.

## 5. RESPONSABILIDADE PELAS INFORMAÇÕES

Os autores são os únicos responsáveis pelas informações incluídas neste trabalho.