

# Atividades de Termodinâmica com o Desenvolvimento de Programas em Python

Victor da Silva Teixeira<sup>1</sup>, Jéssica Fleury Curado<sup>2</sup>, Eliane de Fátima Chinaglia<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup> Departamento de Física, Centro Universitário FEI

unieviteixeira@fei.edu.br; echinaglia@fei.edu.br

**Resumo:** Independente da área ou ênfase estudada, a aplicação de métodos computacionais no ensino de engenharia revelou-se como uma abordagem interessante e promissora. Tal perspectiva inspirou diretamente o desenvolvimento desse projeto para o ensino de termodinâmica, visando uma mescla entre estudo teórico físico-matemático com a programação em Python. Este artigo apresenta o desenvolvimento de dois programas que auxiliam o discente no entendimento de fenômenos físicos dos gases ideais, à abstração computacional de equações e à interpretação e modelagem de ciclos termodinâmicos.

## 1. Introdução

A fim de facilitar o ensino da termodinâmica em Física II, foram desenvolvidos dois programas em Python. No primeiro os alunos podem descobrir que tipo de processo de transformação termodinâmica eles têm, bem como obter valores de trabalho, variação de energia interna e quantidade de calor envolvido através dos valores de pressão e volume iniciais e finais [1, 2]. O segundo programa permite ao aluno ter a experiência de modelar um ciclo termodinâmico de três a quatro transformações e obter os mesmos dados do programa anterior, facilitando a solução de exercícios elementares ou complexos.

Ademais a implantação desse tipo de metodologia de ensino já foi testada e gerou resultados interessantes, como descrito por Chinaglia et. al [3]. Neste trabalho, observou-se que em Física II 31% dos alunos ainda não tinham conhecimentos em programação, mas 50% dos alunos já demonstravam ter algum nível de conhecimento em Python, o que reforça a necessidade de familiarizar a rotina acadêmica do discente com essa habilidade.

## 2. Metodologia

Inicialmente foi desenvolvido um programa que facilitasse o procedimento de calcular as principais propriedades dos processos termodinâmicos e suas identificações com base na pressão e volume. Além disso, também permite ao usuário observar esse processo em um diagrama pV.

Posteriormente, foi desenvolvido um programa que possibilita tanto ao aluno quanto ao professor a modelagem de um ciclo termodinâmico de até 4 processos, bem como identificar automaticamente se ele representa uma máquina térmica ou um refrigerador, e em sequência calcular, respectivamente, sua eficiência ou coeficiente de desempenho.

Em razão das boas práticas de programação e para manter um padrão em relação a outros projetos já desenvolvidos do departamento, foi utilizado como ferramenta o *Google Colab* que se assemelha ao *Jupyter*

*notebook*, onde o programa é dividido em células de código e *markdown*.

Para o desenvolvimento adequado dos programas e inserção dos gráficos, foram necessárias as bibliotecas Numpy [4] e Plotly [5]. Por fim, os *scripts* receberam os apelidos de Identificador de Processos Termodinâmicos (IPT) [6] e Modelador de Ciclos Termodinâmicos (MCT) [7].

## 3. Resultados

A figura 1 apresenta a tela de execução do IPT. Nesse menu pode-se observar algumas instruções e a região de entrada dos valores de pressão e volume. Além disso, há também os resultados dos cálculos de trabalho (W), calor envolvido (Q) e variação de energia interna ( $\Delta E_i$ ) bem como seu respectivo diagrama pV contendo a identificação automática do processo termodinâmico em seu título.

a)

```

CÁLCULO E IDENTIFICAÇÃO DE PROCESSOS TERMODINÂMICOS

A escolha do sistema de unidades é exclusiva do usuário portanto, cabe ao usuário
ter pleno conhecimento de análise dimensional para uma boa interpretação do gráfico e
dos resultados.

-----
Constante Adiabática (γ):
Monatômico = 1.67
Diatômico = 1.4
Poliatômico = 1.33
-----

Obs.: A segunda opção é feita especificamente para ciclos termodinâmicos ou em casos
onde você tem um processo adiabático para ser usado como referência. Dito isso, seus
valores de entrada devem ser de uma curva adiabática!
  
```

b)

```

Você tem o valor da constante adiabática (γ)?
[1] SIM
[2] NÃO

Insira uma das opções: 1

-----
Constante adiabática (γ) = 1.67
Insira o valor da pressão inicial: 3.20
Insira o valor da pressão final: 20.00
Insira o valor do volume inicial: 6.00
Insira o valor do volume final: 2.00
-----

W = -31.045
Q = 0.000
ΔEi = 31.045
  
```

c)

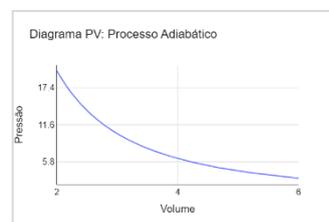


Figura 1: Tela de execução do programa. (a) orientações. (b) entrada de valores e resultados dos cálculos. (c) diagrama pV e identificação do processo.

Como segunda opção, é possível descobrir qual o valor da constante adiabática ( $\gamma$ ) de um processo adiabático. Nesse caso, o usuário seleciona essa opção e insere valores referentes a uma curva e por fim tem-se o retorno o valor de  $\gamma$ , mostrado na figura 2.

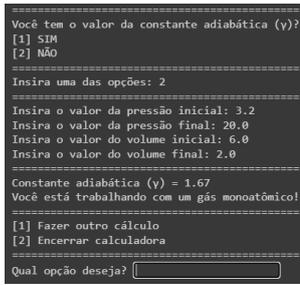


Figura 2: Tela de execução quando o usuário deseja encontrar a constante adiabática ( $\gamma$ ).

Pode-se observar que além de entregar o valor da constante também é dito qual o tipo de gás ideal correspondente e dada a opção de continuar ou não utilizando a ferramenta.

Em relação ao programa de modelagem, a figura 3 mostra no menu inicial algumas informações relevantes ao usuário e a requisição dos valores iniciais. A etapa de inserção de valores se repete de três a quatro vezes na rotina do código, variando de acordo com a decisão do usuário. Ademais, na figura 4 há o ciclo correspondente ao modelo que estava sendo desenvolvido na figura 3. Já na figura 5 há outro exemplo de modelo desenvolvido no programa.

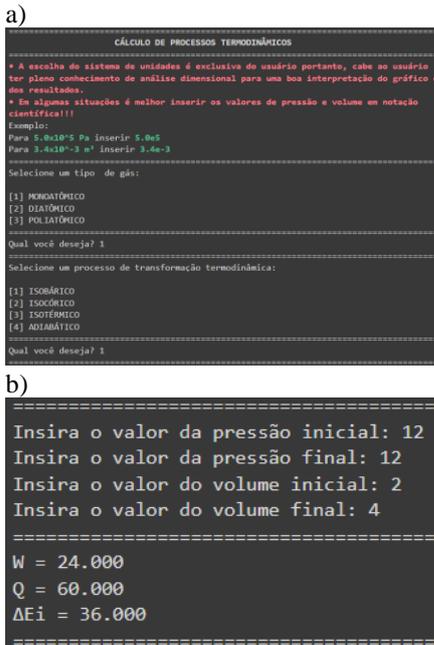


Figura 3: Tela de execução. (a) menu inicial, seleção do tipo de gás e transformação. (b) entrada de valores e resultados dos cálculos.

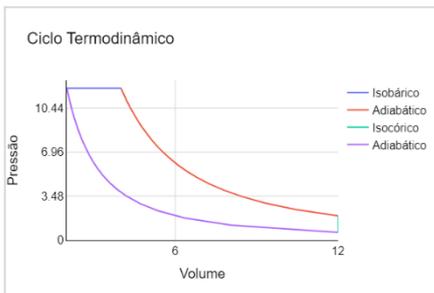


Figura 4: Modelo de Ciclo Otto Real.

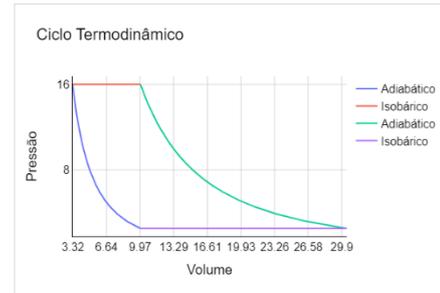


Figura 5: Ciclo Brayton modelado no MCT.

## 4. Conclusões

A integração dos estudos de física II com a computação possibilita que os estudantes percebam a importância e a aplicabilidade não só da linguagem Python como de outras linguagens ou mesmo *softwares* que se assemelhem a ambientes de programação como *MatLab* e o *Engineering Equation Solver* (EES) que podem ser aprendidos ao longo do curso e permitem com que o usuário crie soluções gerais e específicas para resolução ou modelagem de problemas.

Os dois programas desenvolvidos são de grande valia à disciplina, uma vez que os docentes podem desenvolver atividades imersivas, bancos de questões e até mesmo provas com mais eficiência do que por meios convencionais como o *Excel*.

## 5. Referências

- [1] HALLIDAY, David; RESNICK, Robert; WALKER, Jearl. **Fundamentos de Física, Volume 2: Gravitação, Ondas e Termodinâmica**. 10. ed. Rio de Janeiro: LTC - Livros Técnicos e Científicos Editora Ltda, 2016.
- [2] ÇENGEL, Y. A. **Termodinâmica**. 7. ed. Porto Alegre: AMGH Editora Ltda, 2013.
- [3] CHINAGLIA, E. F et. al. **Python como ferramenta didática em disciplinas de física para graduação em engenharia**. In: Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia, 2022. Anais do XL Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia.
- [4] OLIPHANT, Travis E. et al. **Fundamental Package For Array Computing With Python**. Numpy 1.20.3. Disponível em: <https://pypi.org/project/numpy/>.
- [5] PLOTLY. **Getting Started with Plotly in Python**. Disponível em: <https://plotly.com/python/getting-started/>, c2023.
- [6] TEIXEIRA, V. S. **Repositório: Identificador de processos Termodinâmicos**. Disponível em: <https://github.com/VicSk118/-Engineering-applications/tree/main/Identifier-of-Thermodynamic-Processes>, 2023a.
- [7] TEIXEIRA, V. S. **Repositório: Modelador de Ciclos Termodinâmicos**. Disponível em: <https://github.com/VicSk118/-Engineering-applications/tree/main/Thermodynamic-Cycle-Modeler>, 2023ab.

## Agradecimentos

Ao Centro Universitário FEI pela disponibilidade de suas instalações, equipamentos e apoio financeiro.

<sup>1</sup>Aluno de IC do Centro Universitário FEI. Projeto PRO-BID 001/22 com vigência de 05/2022 a 04/2023.