

**Abordagem prática para a utilização do *software* octave:
transferência de calor por condução unidimensional em regime
transiente**

*Practical approach to using octave software: heat transfer by one-dimensional
conduction in transient regime*

*Enfoque práctico para el uso del software octave: transferencia de calor por
conducción unidimensional en régimen transitorio*

Caires Alberto Sassupe¹

<https://orcid.org/0000-0003-1651-7322>

Armando da Assunção Soares²

<https://orcid.org/0000-0003-1860-2432>

Manuel José Cabral dos Santos Reis³

<https://orcid.org/0000-0002-8872-5721>

Paula Maria Machado Cruz Catarino⁴

<https://orcid.org/0000-0001-6917-5093>

RECEBIDO: 07 junho, 2025 | **ACEITE:** 15 julho, 2025 | **PUBLICADO:** 21 julho, 2025

Como citar: Sassupe, C., Soares, A., Reis, M., Cruz Catarino, P. (2025). Abordagem prática para a utilização do software octave: transferência de calor por condução unidimensional em regime transiente. *RAC: Revista Angolana de Ciências*, 7(2), e070201. <https://doi.org/10.54580/R0702.01>

RESUMO

O presente estudo investiga a utilização do *software* Octave como ferramenta de apoio à aprendizagem de conceitos de transferência de calor por condução unidimensional em regime transiente. A pesquisa, de natureza mista, propõe e analisa roteiros didáticos destinados a professores e estudantes, com o objetivo de orientar o uso do *software* em atividades práticas. Os resultados indicam que a integração do Octave em tarefas didáticas pode favorecer a construção ativa do conhecimento, permitindo a visualização de soluções gráfico-computacionais e o desenvolvimento do pensamento computacional. A análise sugere que a mediação do professor é essencial para garantir que a tecnologia seja utilizada de forma eficaz no processo de ensino-aprendizagem. O estudo destaca, ainda, a necessidade de capacitação docente para a aplicação de

¹ Mestre. Escola Superior Pedagógica do Bié. Bié, Angola. cairesalbertosassupe@gmail.com

² Professor Doutor. Universidade de Trás-os-Montes. Vila Real, Portugal. asoares@utad.pt

³ Professor Doutor. Universidade de Trás-os-Montes. Vila Real, Portugal. mcabral@utad.pt

⁴ Professora Doutora. Universidade de Trás-os-Montes. Vila Real, Portugal. pccatarin@utad.pt

ferramentas digitais na modelagem e simulação de fenômenos físicos, promovendo uma aprendizagem mais significativa e contextualizada.

Palavras-chave: Recursos Digitais Educativos Abertos; *Software Octave*; Transferência de Calor; Soluções Gráfico-Computacionais; Aprendizagem Significativa.

ABSTRACT

This study investigates the use of Octave software as a tool to support the learning of concepts of heat transfer by one-dimensional conduction in a transient regime. This mixed-method research proposes and analyzes teaching plans for teachers and students to guide the use of the software in practical activities. The results indicate that integrating Octave into teaching tasks can foster the active construction of knowledge, enabling the visualization of graphical-computational solutions and the development of computational thinking. The analysis suggests that teacher mediation is essential to ensure the effective use of technology in the teaching-learning process. The study also highlights the need for teacher training in the application of digital tools in the modeling and simulation of physical phenomena, promoting more meaningful and contextualized learning.

Keywords: Open Digital Educational Resources; Octave Software; Heat Transfer; Computational Graphics Solutions; Meaningful Learning.

RESUMEN

Este estudio investiga el uso del *software Octave* como herramienta para apoyar el aprendizaje de conceptos de transferencia de calor por conducción unidimensional en un régimen transitorio. Esta investigación de método mixto propone y analiza planes de enseñanza para profesores y estudiantes para guiar el uso del *software* en actividades prácticas. Los resultados indican que la integración de Octave en las tareas de enseñanza puede fomentar la construcción activa del conocimiento, permitiendo la visualización de soluciones gráfico-computacionales y el desarrollo del pensamiento computacional. El análisis sugiere que la mediación docente es esencial para asegurar el uso efectivo de la tecnología en el proceso de enseñanza-aprendizaje. El estudio también destaca la necesidad de capacitación del profesorado en la aplicación de herramientas digitales en el modelado y simulación de fenómenos físicos, promoviendo un aprendizaje más significativo y contextualizado.

Palabras clave: Recursos digitales educativos abiertos; *Octave Software*; Transferencia de calor; Soluciones de gráficos computacionales; Aprendizaje significativo.

INTRODUÇÃO

A compreensão e resolução de problemas de calor é essencial para um verdadeiro entendimento dos processos de transferência de energia com vista à sua otimização num mundo tecnológico com crescente procura energética. Neste sentido, a problemática relacionada com as dificuldades de adoção e adaptação de estratégias didáticas (alternativas pedagógicas) inovadoras, com vista a construção de soluções de distintos fenômenos, de entre os quais os de transferência de calor por condução, em particular em corpos sólidos, cujos modelos podem ser descritos por equações diferenciais e suas condições, pode aparecer em determinados contextos relacionados com o ensino-aprendizagem das Ciências e áreas afins. Esta situação tem motivado distintos investigadores

para desenvolverem ferramentas para a dinamização do processo de ensino, estimulação e potenciação das aprendizagens dos estudantes, garantindo a construção de conhecimentos de forma ativa e significativa. Neste perspectiva, entende-se que:

a resolução de problemas contribui para a aquisição de novos conhecimentos, possibilitando aos estudantes aprenderem de uma forma mais instigante e desenvolverem um papel ativo na aprendizagem. Ao Professor caberá a criação e a mediação de situações, além da preparação das aulas com temas e encaminhamentos que surjam a partir de situações trazidas pelos Estudantes. (Castellar & de Moraes, 2016, p. 11)

Para atender a esta necessidade, os Recursos Digitais Educativos e em particular os Abertos como o *software* Octave, têm se mostrado como potenciais artefactos, que quando utilizados adequadamente numa determinada situação de ensino e de aprendizagem, ajudam na solução da problemática em questão. Por sua vez, esses recursos podem ser definidos como:

materiais de ensino, aprendizagem e investigação, fixados em qualquer suporte ou mídia, preferencialmente em plataformas ou formatos livres (*software* livre), que estejam sob domínio público ou licenciados de maneira aberta, permitindo que sejam utilizados ou adaptados por terceiros para apoiar o acesso ao conhecimento. (Gonsales, 2016, p. 4)

Assim, Iglioni e de Almeida (2018) adoptam a posição de Chevallard (1992), quando realça que esse fenómeno pode ser entendido se considerarmos duas condições essenciais para garantir a confiabilidade da integração didáctica. Primeira condição, existe aqui um tipo de cenário de exploração didáctica bem determinado (mesmo que admita diversas variantes, em cujo detalhe não se entrará), que atribuí ao computador um papel específico, mais precisamente definido: o da simulação de sistemas e processos, ou mais exactamente, o de suportes de uso didácticos claramente projectados de *software* de simulação.

Nesta perspectiva, Cravino (2023, p. 2), defende que “as simulações computacionais são uma ferramenta importante, quer para construir conhecimento científico, onde têm a sua origem, quer para aprender ciência”. Isto implica que as simulações computacionais podem constituir-se em ótimas oportunidades para o Professor mediar as aprendizagens dos estudantes na construção de conhecimentos científicos como por exemplo o conceito de calor. De Oliveira (2014, p. 37), apresenta o conceito de calor como “sendo uma modalidade de energia que é transmitida de um corpo para outro quando entre eles for verificada uma diferença de temperatura”. Para tal, Barbosa (2019) defende que é preciso despertar nos Estudantes algo diferente e que lhes motive a curiosidade, compreensão e conseqüentemente promova a aprendizagem sobre os conceitos de transferência de calor.

A transferência de calor em um meio é, em geral, tridimensional, dependente do tempo e da temperatura do meio, que varia com a posição e com o tempo $T = T(x, y, z, t)$. A transferência de calor em um meio é considerada não permanente (ou transiente) quando a temperatura varia com o tempo. A transferência de calor

em um meio é considerada unidimensional quando a transferência é significativa numa dimensão única e desprezável nas outras duas, bidimensional quando a transferência na terceira dimensão é desprezável e tridimensional quando a transferência de calor em todas as dimensões é significativa. (Çengel & Ghajar, 2012).

No geral, os modelos que descrevem os problemas de transferência de calor podem ser descritos por equações diferenciais. Estas equações, segundo Zill e Cullen (2007, p. 2) “são aquelas que contêm as derivadas ou diferenciais de uma ou mais variáveis dependentes em relação a uma ou mais variáveis independentes”. Estas equações diferenciais podem estar acompanhadas de certas condições de fronteiras, formando os chamados problemas de valores de fronteira.

Por outro lado, salienta-se que:

o Octave é um *software* livre que compartilha da filosofia GNU: qualquer usuário possui a liberdade de executá-lo, copiá-lo, distribuí-lo, estudá-lo, modificá-lo e melhorá-lo. Ele foi criado por John Eaton e vários colaboradores, e dispõe de ferramentas para a resolução de problemas relativos à Álgebra Linear, Equações Não Lineares, Equações Diferenciais e Equações Algébrico-Diferenciais, entre outros. Suas funcionalidades podem ser estendidas ao usar-se a sua própria linguagem ou criando módulos em outras linguagens. Pode ser obtido para sistemas “Linux” em <http://www.archlinux.org>, ou para sistemas “Windows” em <https://ftp.gnu.org/gnu/octave/windows/>. (de Siqueira, 2016, p. 1-2).

Nesta perspectiva, Reis et al. (2024), destacam a relevância da utilização das Tecnologias da Informação e da Comunicação (incluindo o *software* Octave) na abordagem sobre a concepção newtoniana do movimento circular uniforme. Barbosa et al. (2023), apresentam o Octave, como um *software* amplamente utilizado no meio acadêmico, defendendo que este pode ajudar os estudantes, auxiliando-os na resolução dos problemas apresentados no cotidiano de sua formação.

Entretanto, Medeiros e Queiroz (2018, pp. 2-3) realçam que,

para que o Educador(Professor) seja capaz de utilizar novas tecnologias como apoio ao seu trabalho, é necessário que o mesmo tenha conhecimentos básicos em Informática, pois dessa forma poderá explorar as informações de que necessita para utilizá-las em sua área de conhecimento, transformando em recurso metodológico e consequentemente oferecendo um melhor ensino-aprendizagem. Assim a capacitação dos docentes para utilização de computadores no seu dia a dia contribui para um melhoramento no ensino.

Por outro lado, a “formação do Professor deve prover condições para que ele construa conhecimento sobre as técnicas computacionais, entenda por que e como integrar o computador na sua prática pedagógica e seja capaz de superar barreiras de ordem administrativa e pedagógica” (Valente & de Almeida, 1997, p. 25). Essa prática possibilita a transição de um sistema fragmentado de ensino

para uma abordagem integradora de conteúdo (que pode envolver um Recurso Digital Educativo) e voltada para a resolução de problemas específicos do interesse de cada Estudante. Para tal, deve-se criar condições para que o Professor saiba recontextualizar a aprendizagem e a experiência vivida durante a sua formação para a sua realidade de sala de aula compatibilizando as necessidades de seus Estudantes e os objetivos pedagógicos que se dispõe a atingir.

Assim, a integração de Recursos Digitais Educativos, em particular os Abertos, como é caso do *software* Octave, em tarefas didáticas orientadas pelo Professor, para a construção de soluções de problemas, pode contribuir para solucionar a problemática em estudo, tornando as aprendizagens dos estudantes mais eficazes, ativas e significativas, recorrendo a estratégias de trabalho adequadas.

Deste modo a tarefa pode ser alinhada com os resultados de aprendizagem pretendidos, considerando sempre que possível todos os elementos que devem estar associados a uma tarefa didática, como por exemplo i) informação; ii) desafio; iii) produto; iv) resultados da aprendizagem e v) condições de realização (Lopes, 2023), permitindo que os Estudantes dediquem mais tempo na análise e solução dos problemas de transferência de calor, do que especificamente na implementação, reforçando a ideia de que a aprendizagem por descoberta promove uma melhor compreensão dos conceitos e dos procedimentos.

No mesmo sentido, autores como Júnior et al. (2024), Cruz et al. (2021, citados por Torres & de Toni, 2024) reforçam a necessidade do uso de Recursos Digitais Educativos Abertos nas aulas de Matemática, Física e áreas afins, não só para a simulação computacional de um determinado problema, mas também para a dinamização do processo de ensino e de aprendizagem. Este tipo de Recursos permite que os Estudantes envolvidos na sua utilização “construam conhecimentos científicos e técnicos de forma eficaz, ativa e significativa, mediante o desenvolvimento de competências essenciais, tais como pensamento crítico, resolução de problemas, e a colaboração, que são vitais para o seu sucesso futuro” (Maziane et al., 2023, p. 2).

Com este estudo pretende-se avaliar a influência da integração do *software* Octave em tarefas didáticas orientadas pelo Professor sobre a construção de conceitos e procedimentos de solução de problemas de transferência de calor na promoção de uma aprendizagem significativa e no desenvolvimento do pensamento computacional entre os estudantes.

METODOLOGIA / MATERIAL E MÉTODOS

Assim, no desenvolvimento deste trabalho recorreu-se a um estudo misto, que de acordo com Sampieri e Mendoza (2008, Sampieri et al., 2013) representa um conjunto de processos sistemáticos e críticos de pesquisa e implica a coleta e análise de dados quantitativos e qualitativos, assim como sua integração e discussão conjunta para realizar inferências como produto de toda informação coletada (metainferências) e conseguir um maior entendimento do fenómeno em estudo. Para tal, contou-se com a análise temática e as estatísticas descritivas

no processo de coleta, análise e triangulação dos dados obtidos. Utilizou-se a técnica de construção de roteiros de aprendizagem para Estudantes (Apêndice A), roteiros de ensino para Professores (Apêndice B), que segundo de Farias e Mendonça (2019, p. 9) podem ser compreendidos como um “instrumento planejado intencionalmente pelo Professor para auxiliar os Estudantes no estudo autônomo, favorecendo assim a apreensão dos conceitos, resolução de tarefas, leitura de material didático e aprofundamento do estudo, dentro e fora da sala de aula”. Com esta técnica procurou-se elaborar e propor os roteiros em apêndices (A e B), que podem ser adotados e adaptados para aplicação experimental em sala de aula em diversos contextos. Disponibilizou-se, também, a simulação computacional do modelo que descreve a transferência de calor por condução unidimensional em corpos sólidos em regime não permanente recorrendo ao *software* Octave, conforme as figuras 1, 2, 3, 4, 5 e 6, que aparecem ilustradas no Exemplo apresentado na secção Resultados. O Processo de construção dos roteiros, foi desenvolvido tendo em conta o tipo de atividade didática a realizar (implementar), o cenário (ambiente/sessão) de ensino e aprendizagem, bem como a identificação do Recurso Digital Educativo. A opção pelo Octave deve-se às suas potencialidades e ao facto de ser um *software* grátis, de instalação versátil e de sintaxe flexível. A implementação dos roteiros pode acontecer em várias etapas. Na medida em que ocorre a intervenção, vai-se realizando melhorias nos roteiros face aos resultados que vão sendo obtidos pelos intervenientes na interação com o objeto epistêmico e na interação com os outros.

Para o conhecimento do estado da arte relacionado com a temática investigada, foram rastreados vários trabalhos (artigos e livros) de diferentes bases de dados, como a Scielo, a Web of Science e outras, utilizando operadores booleanos como and, or, palavras-chave, tais como Recursos Digitais Educativos, Transferência de Calor, *Software* Octave, Soluções Gráfico-Computacionais, Aprendizagem Significativa, entre outras e alguns critérios de inclusão utilizados foram: seleção de trabalhos relevantes e representativos da linha e do foco de investigação.

RESULTADOS

Na exploração dos procedimentos subjacentes ao Recurso Digital Educativo escolhido (*software* Octave), foram realizadas determinadas atividades, que consistiram na construção do código para a resolução da equação diferencial que descreve o modelo do problema de transferência de calor investigado, a implementação deste código no ambiente do *software* Octave (figura 1) e posteriormente a geração da solução gráfico-computacional, no referido ambiente (figura 2).

Exemplo

Recorrendo à construção do código para a equação unidimensional de transferência de calor (equação da difusão térmica) para ser implementada no ambiente do *software* Octave foi possível obter o seguinte:

$$\frac{\partial^2 T}{\partial x^2} = \frac{1}{\alpha} \frac{\partial T}{\partial t}; \quad \hat{E}_{ger} = 0 \quad (1)$$

onde,

$T(x, t)$ – temperatura em função do espaço unidimensional e do tempo

$\frac{\partial^2 T}{\partial x^2}$ - segunda derivada da temperatura na direção x (difusão térmica)

$\frac{\partial T}{\partial t}$ – taxa de variação da temperatura num ponto no tempo

α - difusividade térmica

\hat{E}_{ger} – termo de geração de calor

$\hat{E}_{ger} = 0$ - não há geração de calor

Figura 1 - Implementação do código para a EDP do calor no ambiente do *software* Octave, com $N=10$ (Número de Pontos no Domínio) e $M=50$ (Número de Pontos no Tempo)

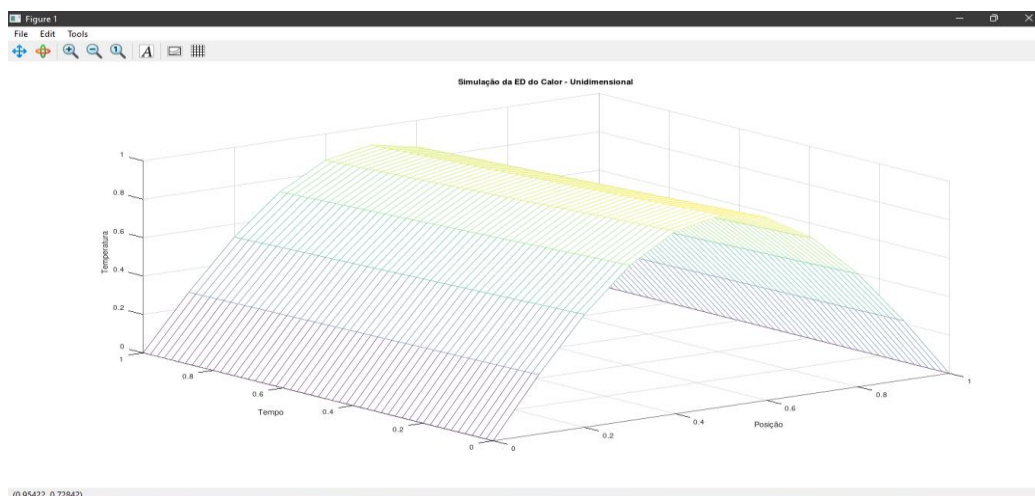
```

1 S% Parâmetros da Simulação
2 L=1; % Comprimento do domínio
3 T=1; % Tempo Final
4 N=10; % Número de pontos no domínio
5 M=50; % Número de pontos no tempo
6 alpha=0.01; % Coeficiente de difusão térmica
7 % Discretização do Domínio
8 dx=L/N; % Incremento Espacial
9 dt=T/M; % Incremento Temporal
10 x=0:dx:L; % Vector de Posição
11 t=0:dt:T; % Vector de Tempo
12 % Condições Iniciais
13 u0=sin(pi*x/L); % Temperatura Inicial
14 % Matriz para Armazenar a Solução
15 u=zeros(N+1,M+1);
16 u(:,1)=u0;
17 % Loop Principal
18 for j=1:M;
19     for i=2:N;
20         u(i,j+1)=u(i,j)+alpha*dt/dx^2*(u(i+1,j)-2*u(i,j)+u(i-1,j));
21     end
22 end
23 % Plot da Solução
24 [X,T]=meshgrid(x,t);
25 mesh(X,T,u');
26 xlabel('Posição');
27 ylabel('Tempo');
28 zlabel('Temperatura');
29 title('Simulação da ED do Calor -- Unidimensional');

```

Fonte: Elaboração própria dos Autores, utilizando o Octave

Figura 2 - Solução gráfico-computacional da EDP do Calor (Simulação com o Octave) com $N=10$ (Número de Pontos no Domínio) e $M=50$ (Número de Pontos no Tempo)



Fonte:

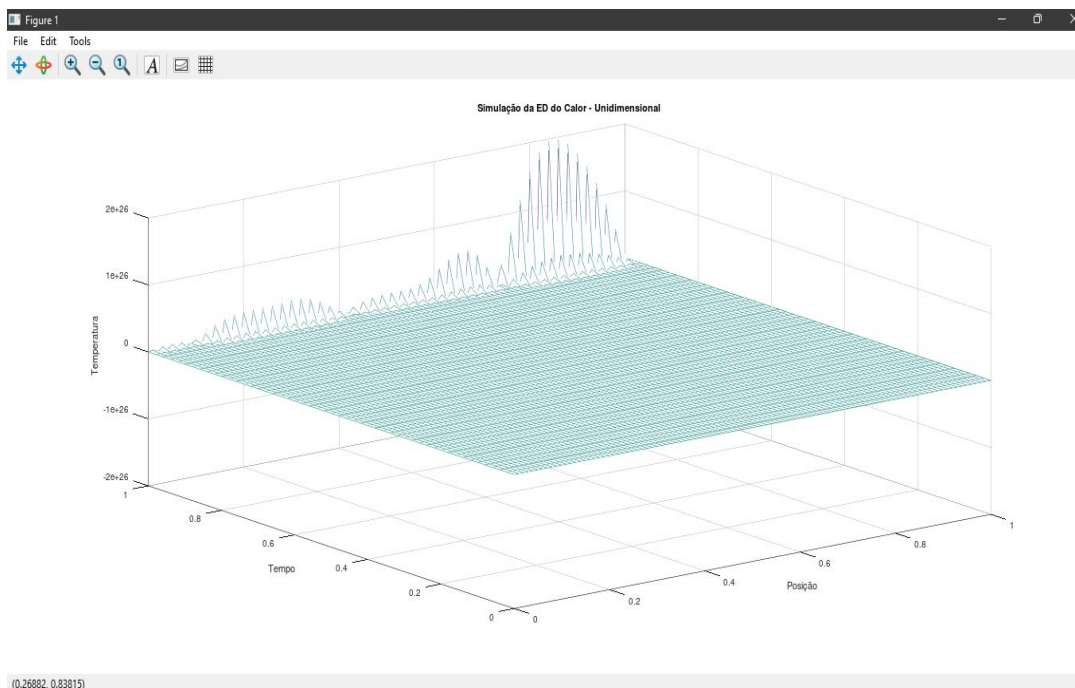
Elaboração própria dos Autores, utilizando o Octave

Figura 3 - Implementação do código para a EDP do calor no ambiente do *software* Octave, com $N=100$ (Número de Pontos no Domínio) e $M=50$ (Número de Pontos no Tempo)

```
Editor
Arquivo Editar Visualizar Depurar Executar Ajuda
ED=Calor.m
1 % Parâmetros da Simulação
2 L=1; % Comprimento do domínio
3 T=1; % Tempo Final
4 N=100; % Número de pontos no domínio
5 M=50; % Número de pontos no tempo
6 alpha=0.01; % Coeficiente de difusão térmica
7 % Discretização do Domínio
8 dx=L/N; % Incremento Espacial
9 dt=T/M; % Incremento Temporal
10 x=0:dx:L; % Vector de Posição
11 t=0:dt:T; % Vector de Tempo
12 % Condições Iniciais
13 u0=sin(pi*x/L); % Temperatura Inicial
14 % Matriz para Armazenar a Solução
15 u=zeros(N+1,M+1);
16 u(:,1)=u0;
17 % Loop Principal
18 for j=1:M;
19     for i=2:N;
20         u(i,j+1)=u(i,j)+alpha*dt/dx^2*(u(i+1,j)-2*u(i,j)+u(i-1,j));
21     end
22 end
23 % Plot da Solução
24 [X,T]=meshgrid(x,t);
25 mesh(X,T,u');
26 xlabel('Posição');
27 ylabel('Tempo');
28 zlabel('Temperatura');
29 title('Simulação da ED do Calor -- Unidimensional');
```

Fonte: Elaboração própria dos Autores, utilizando o Octave

Figura 4 - Solução gráfico-computacional da EDP de Calor (Simulação com o Octave) com $N=100$ (Número de Pontos no Domínio) e $M=50$ (Número de Pontos no Tempo)



Fonte: Elaboração própria dos Autores, utilizando o Octave

Figura 5 - Implementação do código para a EDP do calor no ambiente do *software* Octave, com $N= 100$ (Número de Pontos no Domínio) e $M=500$ (Número de Pontos no Tempo)

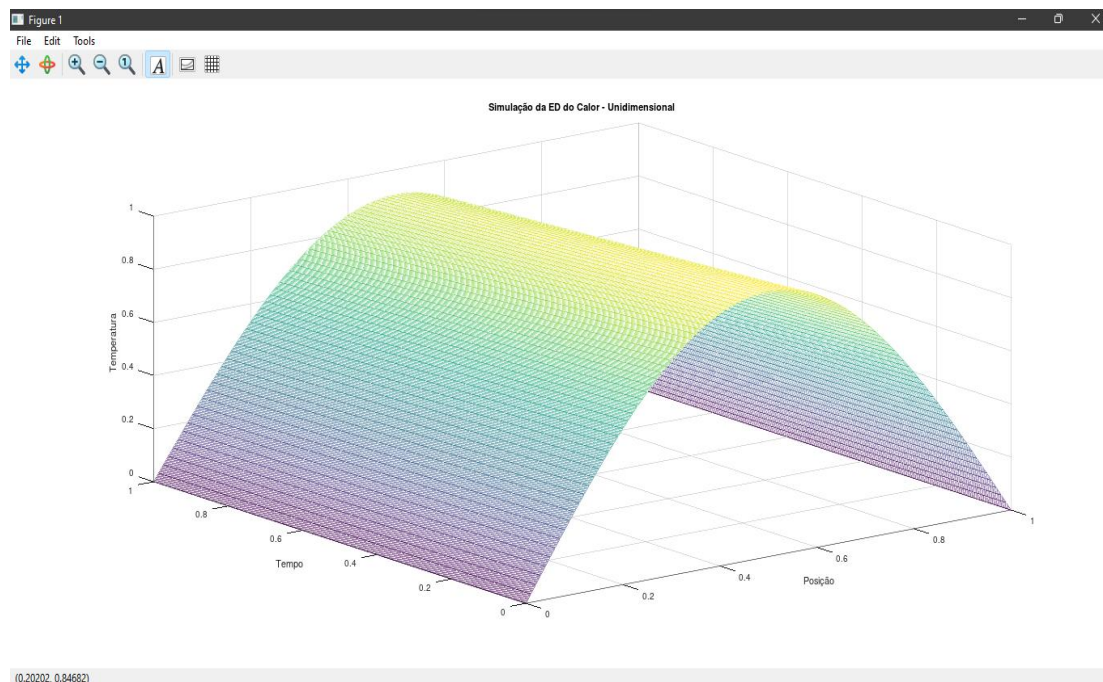
```

Editor
Arquivo Editar Visualizar Depurar Executar Ajuda
ED=Calor.m
1 % Parâmetros da Simulação
2 L=1; % Comprimento do domínio
3 T=1; % Tempo Final
4 N=100; % Número de pontos no domínio
5 M=500; % Número de pontos no tempo
6 alpha=0.01; % Coeficiente de difusão térmica
7 % Discretização do Domínio
8 dx=L/N; % Incremento Espacial
9 dt=T/M; % Incremento Temporal
10 x=0:dx:L; % Vector de Posição
11 t=0:dt:T; % Vector de Tempo
12 % Condições Iniciais
13 u0=sin(pi*x/L); % Temperatura Inicial
14 % Matriz para Armazenar a Solução
15 u=zeros(N+1,M+1);
16 u(:,1)=u0;
17 % Loop Principal
18 for j=1:M;
19     for i=2:N;
20         u(i,j+1)=u(i,j)+alpha*dt/dx^2*(u(i+1,j)-2*u(i,j)+u(i-1,j));
21     end
22 end
23 % Plot da Solução
24 [X,T]=meshgrid(x,t);
25 mesh(X,T,u');
26 xlabel('Posição');
27 ylabel('Tempo');
28 zlabel('Temperatura');
29 title('Simulação da ED do Calor - Unidimensional');

```

Fonte: Elaboração própria dos Autores, utilizando o Octave

Figura 6 - Solução gráfico-computacional da EDP do Calor (Simulação com o Octave) com $N= 100$ (Número de Pontos no Domínio) e $M=500$ (Número de Pontos no Tempo)



Fonte: Elaboração própria dos Autores, utilizando o Octave

De acordo com as **figuras 1, 3 e 5**, os códigos que permitem gerar as soluções gráfico-computacionais do problema apresentado, podem contar com os elementos seguintes: parâmetros da simulação, discretização do domínio,

consideração das condições iniciais, consideração da matriz para armazenamento da solução, loop principal e plot da solução.

As **figuras 2, 4 e 6**, ilustram em três dimensões, as simulações computacionais do comportamento das soluções do problema de transferência de calor por condução unidimensional transiente em corpos sólidos, tendo em conta os elementos seguintes: temperatura, tempo e posição.

DISCUSSÃO

De acordo com as **figuras 1, 3 e 5**, percebe-se que o primeiro passo para a construção de soluções de problemas, em particular o de transferência de calor por condução em corpos sólidos utilizando um Recurso Digital Educativo, como é o caso do *software* Octave, é a familiarização do Estudante com a linguagem (sintaxe) do Recurso escolhido, onde a mediação do Professor pode ser importante no esclarecimento de dúvidas e na motivação dos Estudantes.

Na medida em que se vai alterando alguns parâmetros dos códigos ilustrados nas **figuras 1, 3 e 5**, como por exemplo o número de pontos no domínio (N) e o número de pontos no tempo (M), verifica-se também uma mudança no comportamento das soluções gráfico-computacionais, como se pode constatar (observar) nas **figuras 2, 4 e 6**. Com isto, o Professor pode garantir aos Estudantes, através da mediação didática, oportunidades para que os Estudantes interajam com o objeto epistémico e com o outro.

Nesta perspetiva, a mediação do Professor pode ser definida como sendo:

as ações e as linguagens (naturais e outras) do Professor construídas e postas em prática como resposta sistemática aos desafios de aprendizagem dos Estudantes nos seus percursos para atingir os resultados de aprendizagem (capacidades, valores, atitudes, conhecimentos e competências) pretendidos por um determinado currículo (Lopes et al., 2010, p. 5).

Assim, o Professor no processo de mediação didática, deverá prestar atenção para alguns elementos, como por exemplo:

o trabalho realmente solicitado aos Estudantes; os contextos científicos e tecnológicos; as práticas epistémicas e/ou axiológicas; as informações existentes; a consciência do Professor e a tomada de decisões em tempo real na sala de aula; a conversação na aula; o suporte e autoridade concedidos aos Estudantes; o envolvimento produtivo na disciplina (ou na tarefa); a avaliação e feedback, bem como a aprendizagem induzida (Lopes et al., 2010, pp. 13-15).

Isto permitirá uma preparação, uma realização e um seguimento adequado da tarefa didática planificada e a orquestração eficaz do Recurso selecionado podendo garantir uma aprendizagem significativa por parte dos Estudantes, uma vez que o Recurso por si só pode não garantir a aprendizagem esperada, como defende Cravino (2023, citando Lai & Bower, 2020; Singer, Nielsen & Schweingruber, 2012; Webb, 2010), realçando que “a investigação sobre o uso

de várias tecnologias na aprendizagem sugere que a tecnologia por si só não melhora a aprendizagem, sendo crucial o que se faz com essa tecnologia”.

Neste contexto torna-se relevante a busca por estratégias didáticas que contribuam na melhoria da problemática em estudo, como confirmam, Biasotto et al. (2020, p. 83188), realçando que “verifica-se a necessidade de se conhecer e divulgar alternativas pedagógicas, que possam ser utilizadas em ambientes formais de ensino, de modo a facilitar o processo de compreensão e de aprendizagem significativa na área de Educação Matemática e afins”.

Nesta perspectiva, a utilização de Recursos Digitais Educativos de modelagem e simulação, dos quais o *software* Octave é exemplo, na resolução de problemas de transferência de calor em corpos sólidos em regime transiente, através de tarefas didáticas orientadas pelo Professor pode contribuir de forma positiva para o desenvolvimento de competências dos Estudantes, como por exemplo a escrita de códigos, o pensamento computacional, a construção e interpretação de gráficos, de entre outras. Neste sentido, Wing (2010, citado por Mestre et al., 2023), realça que o pensamento computacional como uma das competências que os Estudantes podem desenvolver ao longo do processo de realização de uma dada tarefa orientada pelo Professor, pode ser considerado como um processo de pensamento que envolve a formulação de problemas e o modo de procura das soluções, soluções essas que podem ser representadas de uma forma que possa ser efetivamente realizada por um agente de processamento de informações, como um computador (munido de um *software* como por exemplo, o Octave).

Em contrapartida, percebe-se a utilização pouco frequente e/ou pouco adequada de Recursos Digitais Educativos (por exemplo, o *software* Octave) em determinadas situações de ensino e de aprendizagem, onde podem ser empregues com mais frequência e de forma adequada para estimular e potenciar as aprendizagens dos Estudantes. Nesta perspectiva, da Silva et al. (2022, p. 2), defendem que o “*software* (Octave), proporciona um óptimo ambiente virtual para o ensino de Equações Diferenciais. Ele contribui para despertar o interesse dos Estudantes e incentivá-los a explorar o conteúdo tornando-os em agentes ativos no processo de aprendizagem”.

A análise das atividades desenvolvidas sugere que o sucesso da aplicação do *software* Octave depende de uma mediação docente eficaz, garantindo que os estudantes compreendam não apenas a operacionalização da ferramenta, mas também a fundamentação teórica subjacente aos fenômenos estudados. Além disso, os resultados indicam que a integração de recursos digitais no ensino de ciências exatas pode ampliar a capacidade de resolução de problemas e fomentar a autonomia dos estudantes na construção do conhecimento.

Entretanto, algumas limitações devem ser consideradas. A implementação das atividades ainda requer capacitação docente específica para garantir um uso adequado da tecnologia e evitar que o foco se desloque da compreensão conceitual para a simples execução mecânica de comandos. Além disso, futuras investigações poderiam ampliar a análise para outras abordagens metodológicas, comparando o impacto do Octave com outras ferramentas

computacionais e explorando sua aplicação em diferentes contextos educacionais.

CONCLUSÕES

O presente estudo permitiu compreender o potencial do *software* Octave como ferramenta para o ensino da transferência de calor por condução unidimensional em regime transiente, contribuindo para o desenvolvimento do pensamento computacional e para a visualização gráfico-computacional de soluções do problema investigado. A abordagem proposta, baseada em roteiros didáticos para professores e estudantes, demonstrou ser uma estratégia promissora para tornar o ensino mais interativo e significativo.

Apesar dos resultados positivos obtidos com a aplicação do *software* octave na simulação da transferência de calor por condução unidimensional em regime transiente, algumas limitações inerentes à abordagem adotada merecem destaque.

Em primeiro lugar, a modelação física foi deliberadamente simplificada, restringindo-se a um sistema unidimensional e desprezando os efeitos da convecção e da radiação térmica. Esta simplificação, ainda que didaticamente válida, limita a aplicabilidade do modelo a contextos idealizados ou laboratoriais, afastando-se de cenários mais complexos.

Adicionalmente, o próprio *software* Octave, apesar de ser uma ferramenta poderosa e de código aberto, apresenta certas limitações quando comparado a outras plataformas. Estas limitações incluem recursos gráficos menos desenvolvidos, menor integração com bibliotecas específicas para análise térmica e a necessidade de maior esforço na personalização de scripts e visualizações.

Diante dessas limitações, propõem-se as seguintes direcções para trabalhos futuros:

- Extensão do modelo utilizado para duas e três dimensões, visando simulações mais representativas de sistemas térmicos complexos;
- Incorporação (Integração) de mecanismos de convecção e radiação, permitindo uma análise termodinâmica mais abrangente;
- Comparações entre diferentes plataformas de simulações, como Octave, MATLAB, SciLab, Máxima, COMSOL Multiphysics e ANSYS Fluent, de entre outros, com foco em precisão, desempenho computacional e usabilidade;
- Disseminação do uso de roteiros de ensino e de aprendizagem para outros contextos, por forma a servir de potenciais alternativas didáticas (pedagógicas) para a construção de conhecimentos em distintas áreas do saber.

Estes elementos de investigação podem enriquecer o conhecimento na área de transferência de calor, promovendo a integração entre a teoria, prática e tecnologia, e contribuir para uma formação mais sólida relacionada com os processos térmico-computacionais e outras áreas do conhecimento.

Portanto, este estudo reforça a importância da utilização de recursos digitais educacionais abertos no ensino de ciências exatas e áreas afins, incentivando novas pesquisas e práticas que aprimorem a formação dos estudantes e a qualidade do ensino por meio de tecnologias acessíveis e interativas.

NOTA

Os roteiros em apêndices foram construídos no contexto do Ensino Angolano.

REFERENCIAS

Barbosa, S. A. (2019). *Uso de Um Dispositivo Confeccionado com Materiais de Fácil Acesso para Auxiliar na Aprendizagem do Conceito de Propagação de Calor Aplicado no Ensino Médio*. Mestrado Nacional Profissional Em Ensino de Física. Universidade Federal de Roraima. Sociedade Brasileira de Física, 2019 URL: <https://sucupira.capes.gov.br/sucupira/public/consultas/coleta/trabalhoConclusao...>

Barbosa, J. P. C.; Neto, J. G. L.; Freitas, P. A. L.; Bezerra, R. A. & Rodrigues, R. N. (2023) Desenvolvimento de *Software* Educacional para Cálculo de Momento de Inércia de Área para Perfis Estruturais. *Revista de Engenharia e Tecnologia*, 15 (1), 1-10. URL: <https://revistas.uepg.br/index.php/ret/article/view/20960>

Biasotto, L. C.; Fim, C. F., & Kripka, R. M. L. (2020). A teoria da aprendizagem significativa de David Paul Ausubel: uma alternativa didática para a educação matemática. *Brazilian Journal of Development*, 6(10), 83187-83201. DOI: <https://doi.org/10.34117/bjdv6n10-668>

Castellar, S. M. V. & de Moraes, J. V. (2016) *Metodologias Activas: Resolução de Problemas*. Editora: FTD. 1.^a Edição.

Çengel, Y. A. & Ghajar, A. J. (2012). *Transferência de calor e massa. Uma abordagem prática*. Tradução: Fátima, A. M. Lino. Editora: AMGH Editora Ltda. Título Original: *Heat and Mass Transfer: Fundamentals and Applications*, 4th Edition.

Cravino, J. P. C. C. (2023). *Simulações Computacionais no Ensino de Ciências e Tecnologia*. Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro: Escola de Ciências e Tecnologia. Sumário pormenorizado da lição apresentado no âmbito de Provas de Agregação em Didática de Ciências e Tecnologia (especialização em Didática de Ciências Físicas), de acordo com a alínea c) do n.º 2 do artigo 8.º do Decreto-Lei n.º 239/2007 de 19 de junho (Diário da República, 1.^a Série, N.º 116).

da Silva, V. C.; do Nascimento, A. A.; de Melo, E. V. & Castro, D. M. S. (2022). Equações Diferenciais: Uma Análise de Problemas Aplicados Através do *Software* GeoGebra. *Proceeding Series of the Brazilian Society of Computational and Applied Mathematics*, 9(1), 1-2. URL: <https://proceedings.sbmac.org.br/sbmac/article/view/4046>

de Farias, M. S. F. & Mendonça, A. P. (2019). *Design Thinking Na Elaboração de Um Produto Educacional: Roteiro de Aprendizagem-Estruturação e Orientações*. Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino Tecnológico). Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amazonas, Campus Manaus. URL: <http://mpet.ifam.edu.br/dissertações-defendidas/>

de Oliveira, A. L. P.; de Almeida, C. A. B. & de Lima, G. M. (2014). *Termologia em Questão*. 1.^a Edição. Editora IFRN

de Siqueira, A. F. (2016). *Octave: seus primeiros passos na programação científica*. Editora: Casa do Código.

- Gonsales, P. (2016). Recursos Educacionais Abertos (REA) e Novas Práticas Sociais. *RECIIS*, 10(1), 1-6. DOI: <https://doi.org/10.29397/reciis.v10i1.1078>
- Iglioni, S. B. C. & de Almeida, M. V. (2018). Uma situação matemática para o ensino e aprendizagem de equações diferenciais. *Ensino da Matemática em Debate*, 5(3), 453-465. URL: <https://revistas.pucsp.br/index.php/emd/article/view/41001>
- Júnior, M. de S.; Arnaud, A. C. de V.; Neto, J. A. D.; Braga, N. R. A.; Pereira, W. M. M.; Cajazeira, L. M.; & Silveira, M. de S. F. S. (2024). *Research, Society and Development*. 13(6), 1-12. E4413645898. DOI: <http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v13i6.45898>
- Lopes, J. B. O. (2023). *Tool box para criar, transformar ou analisar tarefas*. Material de Apoio à Unidade Curricular: Produção de Recursos Educativos em Ciências e Tecnologia. Universidade Trás-Os-Mosntes e Alto Douro.
- Lopes, J. B.; Silva, A. A.; Cravino, J. P.; Viegas, C.; Cunha, A. E.; Saraiva, E.; Branco, M. J.; Pinto, A.; Silva, A.; Santos, C. A. (2010). *Investigação sobre a Mediação de professores de Ciências Físicas em Sala de aula*. Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro.
- Maziane, B., Trindade, A., & Belaaouad, S. (2023). Digital resources'role in university teaching and learning exploration. *International Journal for Innovation Education na Research*. 11(8), 1-14. DOI: <https://doi.org/10.31686/ijer.vol11.iss8.4134>
- Medeiros, M. M. & Queiroz, M. J. (2018). TICS Na Educação: O uso de Software Livre Na Promoção da Acessibilidade. *Revista Brasileira de Educação Profissional e Tecnológica*. 1, 1-11. DOI: 10.15628/rbept.2018.6875.
- Mestre, C.; Martins, C.; Tourais, C. & Guerra, I. (2023). O pensamento computacional como capacidade matemática nas novas Aprendizagens Essenciais de Matemática: a emergência da algoritmia no 1.º ano de escolaridade. *Mediações-Revista Online da Escola Superior de Educação do Instituto Politécnico de Setúbal*, 11(1), 4-20. URL: <http://mediacoes.esse.ips.pt>
- Reis, K. G. C.; Lima, D. S. & Rego, V. V. A. (2024). Discutindo a concepção newtoniana do movimento circular uniforme utilizando TICs. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, 46(e20240019), 1-8. DOI: <https://doi.org/10.1590/1806-9126-RBEF-2024-0019>
- Sampieri, R. H.; Collado, C. F. & Lucio, M. D. B. P. (2013). *Metodologia de Pesquisa*. Tradução: Daisy Vaz de Moraes. Editora: Penso-Mc-Graw-Hill. 5.ª Edição. Título Original: *Metodología de La Investigación*.
- Torres, V. S. & de Toni, D. C. (2024). O uso de recursos educacionais digitais para o ensino de Biologia: uma revisão. *Informática na Educação: teoria & prática*. 27(1), 102-117. URL: <https://seer.ufrgs.br/index.php/InfEducTeoriaPratica/article/download/139577/92150/621833>
- Valente, J. A. & de Almeida, F. J. (1997). Visão Analítica da Informática na Educação no Brasil: A questão da formação do Professor. *Revista Brasileira de Informática na Educação*. 1(1), 1-28, DOI: <https://doi.org/10.5753/rbie.1997.1.1.45-60>
- Zill, D. G. & Cullen, M. R. (2007). *Equações Diferenciais*. 1. Tradução: António Zumpano. Editora: Pearson Education. Título original: *Differential Equations with Boundary-Value Problems*. 3rd Edition.

APÊNDICES

APÊNDICE A: ROTEIRO PARA OS ESTUDANTES

Contexto: Aprendizagem Formal

País:

Nível de Aprendizagem: Superior

Instituição:

Estudantes:

Contexto de Aprendizagem: Ciências Exactas e Naturais, ou Outro

Disciplina: Métodos Matemáticos e/ou Equações Diferenciais, ou Outra.

Faixa Etária:

Ano Lectivo:

Tópico(s): Construção de soluções do problema de transferência de calor por condução unidimensional em corpos sólidos em regime transiente utilizando o *software* Octave.

Duração da Aula:

Hora de Início da Aula:

Hora de Fim da Aula:

Data da Realização: x de y de 20...

Local da Realização da Aula:

Caro(a) Estudante!

Este roteiro vai levá-lo(a) a uma nova aprendizagem com desafios e novas descobertas sobre a construção de soluções do problema de transferência de calor por condução unidimensional em corpos sólidos em regime transiente utilizando o *software* Octave!

Leia com atenção a descrição das tarefas e esteja atento às orientações fornecidas. Elas vão ajudá-lo(a) a encontrar a resposta e mostram coisas novas sobre o tópico em estudo.

Ao final deste roteiro, você será capaz de:

- Manipular alguns comandos do *software* Octave para a construção de soluções do problema de transferência de calor por condução unidimensional em corpos sólidos em regime transiente.
- Explicar os procedimentos utilizados para a construção de soluções do problema de transferência de calor por condução unidimensional em corpos sólidos em regime transiente no ambiente do *software* Octave.
- Investigar modelos matemáticos (equações diferenciais, etc.) que descrevem distintos problemas (fenómenos), de entre os quais os de transferência de calor por condução em corpos sólidos em regime transiente que possam ser resolvidos utilizando o *software* Octave.

ESTRATÉGIAS DE TRABALHO:

- trabalho deve ser realizado em subgrupos de x à y elementos cada.
- Cada subgrupo deve recorrer aos conhecimentos que já possui sobre o *software* Octave.
- Cada subgrupo deve recorrer ao(s) seus aparelhos (calculadora alpha-numérica, smartphone, tablete, ou computador) onde está instalado o *software* Octave, para a realização das tarefas didáticas, ou ao Laboratório de Informática da Instituição, caso esteja disponível.
- Todos os Estudantes deverão participar da execução da tarefa, independentemente do papel que lhe for atribuído, para garantir o sucesso da sua equipa, já que o trabalho é coletivo.
- Todos os grupos deverão atender a realização das três tarefas didáticas apresentadas para que possam no final da realização de cada tarefa interagir entre si, depois de terminar o tempo estimado para a realização de cada tarefa.
- As realizações das tarefas didáticas que não forem terminadas no tempo estimado, como provavelmente será o caso da tarefa 3, poderão ser continuadas em outros momentos, como na aula seguinte, por exemplo e ali confrontarem-se os conhecimentos construídos por cada subgrupo em regime colaborativo.

DESCRIÇÃO SUCINTA DA REALIZAÇÃO DAS TAREFAS

Para a realização exitosa das tarefas apresentadas neste roteiro aconselha-se a considerar a utilização dos comandos do *software* Octave presentes no Ambiente de trabalho deste *software*.

Objetivo de Aprendizagem 1: Manipular (Executar) alguns comandos do *software* Octave para a construção de soluções do modelo (equação diferencial) que descreve o problema de transferência de calor por condução unidimensional em corpos sólidos em regime transiente.

Tarefa 1

Descrição: Construa a solução ou as soluções da equação diferencial unidimensional de transferência de calor por condução em corpos sólidos em regime transiente sem geração de calor

$$\frac{\partial^2 T}{\partial x^2} = \frac{1}{\alpha} \frac{\partial T}{\partial t}; \quad \hat{E}ger = 0 \quad (1)$$

utilizando o *software* Octave.

Duração:

Discussão:

Objectivo de Aprendizagem 2: Explicar os procedimentos a utilizar para a construção de diferentes soluções da equação diferencial unidimensional do calor em regime transiente com geração de calor no ambiente do *software* Octave.

Tarefa 2

Descrição: Construa a solução ou as soluções da equação diferencial unidimensional do calor em um meio sólido em regime transiente com geração de calor

$$\frac{\partial^2 T}{\partial x^2} + \hat{E}_{ger} = \frac{1}{\alpha} \frac{\partial T}{\partial t}; \quad \hat{E}_{ger} \neq 0 \quad (2)$$

utilizando o *software* Octave. Justifique os procedimentos utilizados nesta construção.

Duração:

Discussão:

Objectivo de Aprendizagem 3: Investigar modelos matemáticos envolvendo equações diferenciais a partir de distintos fenómenos, de entre os quais os de transferência de calor que possam ser resolvidos utilizando o *software* Octave.

Tarefa 3

Descrição: Considere uma placa grande de urânio de espessura $L = 4 \text{ cm}$, condutividade térmica $k = 28 \frac{\text{W}}{\text{mK}}$ e difusividade térmica $\alpha = 12,5 \times 10^{-6} \frac{\text{m}^2}{\text{s}}$, que inicialmente está a uma temperatura uniforme de $200 \text{ }^\circ\text{C}$. O calor é gerado de modo uniforme na placa a uma taxa constante de $\dot{E} = 5 \times 10^6 \text{ W/m}^3$. No momento $t = 0$, um dos lados da placa é posto em contacto com a água gelada e é mantido a $0 \text{ }^\circ\text{C}$ em todos os momentos, enquanto o outro lado é submetido à convecção para o ambiente a $T_\infty = 30 \text{ }^\circ\text{C}$, com coeficiente de transferência de calor $h = 45 \frac{\text{W}}{\text{m}^2\text{K}}$.

a) Deduza uma formulação matemática para o problema apresentado e resolva-a recorrendo ao *software* Octave.

b) Investigue o comportamento deste fenómeno para vários valores iniciais e de fronteira; e verifique se há possibilidade de se atingir o regime permanente. Em que condições?

Duração:

Discussão:

APÊNDICE B: ROTEIRO PARA OS PROFESSORES

Contexto: Aprendizagem Formal

País:

Professor:

Contexto de Ensino: Ciências Exactas e Naturais

Nível de Ensino: Superior

Instituição:

Disciplina: Métodos Matemáticos e/ou Equações Diferenciais, ou Outra.

Faixa Etária:

Ano Lectivo:

Tópico(s): Construção de soluções do problema de transferência de calor por condução unidimensional em corpos sólidos em regime transiente utilizando o *software* Octave.

Duração da Aula:

Hora de Início da Aula:

Hora de Fim da Aula:

Data da Realização: x de y de 20...

Local da Realização da Aula:

Estimado(a) Professor(a)!

Este guião vai ajudá-lo(a) a orientar seus Estudantes na execução das tarefas didáticas para a promoção de aprendizagens eficazes e significativas na construção de solução ou soluções do modelo (equações diferenciais) que descreve o problema de transferência de calor por condução unidimensional em corpos sólidos em regime transiente, recorrendo ao *software* Octave!

Objetivos:

- Promover a aprendizagem cooperativa entre os Estudantes por meio da construção de solução ou soluções do modelo (equações diferenciais) do problema de transferência de calor por condução unidimensional em corpos sólidos em regime transiente, utilizando o *software* Octave.
- Construir soluções do modelo (equações diferenciais) de transferência de calor por condução unidimensional em corpos sólidos em regime transiente, utilizando o *software* Octave.

SUGESTÃO DE ESTRATÉGIAS DE TRABALHO:

- Dividir o grupo de Estudantes em subgrupos.
- Partir da ideia hipotética de que os Estudantes e o Professor têm uma noção da utilização do *software* Octave, caso contrário, orientar os Estudantes.

➤ Verificar se cada subgrupo possui pelo menos um aparelho (calculadora alpha-numérica, smartphone, tablete, ou computador) onde possa ser instalado o *software* Octave, o que permitirá a realização das tarefas em salas de aula, ou recorrer ao Laboratório de Informática para esse trabalho, depois da instalação do *software* Octave.

➤ Supondo-se que seja a primeira vez em que os Estudantes deverão realizar o procedimento para determinarem a solução ou soluções do modelo (equações diferenciais) de transferência de calor por condução em corpos sólidos em regime transiente, utilizando o *software* Octave, todos os grupos deverão atender a realização das três tarefas apresentadas para que possam no final da realização de cada tarefa interagir entre si, depois de terminar o tempo estimado para a respectiva realização.

➤ As tarefas onde os Estudantes não terminarem no tempo estimado, como provavelmente será o caso da tarefa 3, pode-se orientar os subgrupos a continuarem o trabalho da resolução da mesma em outros momentos como na aula seguinte, por exemplo e ali confrontarem o conhecimento construído por cada subgrupo em regime colaborativo, sob a mediação do Professor.

DESCRIÇÃO SUCINTA DA ORIENTAÇÃO DAS TAREFAS:

Objectivo 1: Aplicar os procedimentos subjacentes ao *software* Octave necessários para a construção de soluções do modelo (equações diferenciais) de transferência de calor por condução em corpos sólidos em regime transiente (sem geração de calor), utilizando o *software* Octave.

Tarefa 1

Descrição: Construa a solução ou as soluções do modelo (equação diferencial) de transferência de calor por condução unidimensional em sólidos em regime transiente (sem geração de calor)

$$\frac{\partial^2 T}{\partial x^2} = \frac{1}{\alpha} \frac{\partial T}{\partial t}; \quad \hat{E}_{ger} = 0 \quad (1)$$

utilizando o *software* Octave.

Duração:

Discussão:

Objectivo 2: Avaliar as diferentes soluções construídas a partir de modelos (equações diferenciais) de transferência de calor por condução unidimensional em sólidos em regime transiente (com geração de calor), no ambiente do *software* Octave.

Tarefa 2

Descrição: Construa a solução ou as soluções do modelo (equação diferencial) de transferência de calor por condução unidimensional em um meio sólido em regime transiente (com geração do calor),

$$\frac{\partial^2 T}{\partial x^2} + \hat{E}_{ger} = \frac{1}{\alpha} \frac{\partial T}{\partial t}; \quad \hat{E}_{ger} \neq 0 \quad (2)$$

utilizando o *software* Octave.

Duração:

Discussão:

Objectivo 3: Criar modelos matemáticos envolvendo equações diferenciais a partir de distintos problemas (fenómenos), em particular dos de transferência de calor em corpos sólidos que possam ser resolvidos, utilizando o *software* Octave.

Tarefa 3

Descrição: Considere uma placa grande de urânio de espessura $L = 4 \text{ cm}$, condutividade térmica $k = 28 \frac{\text{W}}{\text{mK}}$ e difusividade térmica $\alpha = 12,5 \times 10^{-6} \frac{\text{m}^2}{\text{s}}$, que inicialmente está a uma temperatura uniforme de $200 \text{ }^\circ\text{C}$. O calor é gerado de modo uniforme na placa a uma taxa constante de $\hat{E} = 5 \times 10^6 \text{ W/m}^3$. No momento $t = 0$, um dos lados da placa é posto em contacto com a água gelada e é mantido a $0 \text{ }^\circ\text{C}$ em todos os momentos, enquanto o outro lado é submetido à convecção para o ambiente a $T_\infty = 30 \text{ }^\circ\text{C}$, com coeficiente de transferência de calor $h = 45 \frac{\text{W}}{\text{m}^2\text{K}}$.

a) Deduza uma formulação matemática para o problema apresentado e resolva-a recorrendo ao *software* Octave.

b) Investigue o comportamento deste fenómeno para vários valores iniciais e de fronteira; e verifique se há possibilidade de se atingir o regime permanente. Em que condições?

Duração:

Discussão: