

FETRANS Lab

— Simulador de Fenômenos de Transporte

fetrans-lab.vercel.app

Régis, Luan

Novembro de 2025

Introdução

Tecnologias

Assuntos

Demonstração

- Pressão hidrostática

- Transferência de calor

- Propriedades dos materiais

- Calculadora de resistência térmica

- Jogo de tanques

Próximos passos e palavras finais

Introdução

- **Objetivo:** apoiar estudantes na visualização e compreensão de Fenômenos de Transporte.
- Interface interativa com simulações, fórmulas e explicações didáticas.
- Destaques: tema claro/escuro, componentes React, foco educacional e usabilidade.

Tecnologias

- **Front-end:** Next.js 13+, React 18.
- **UI/UX:** Material UI, dnd-kit (drag-and-drop).
- **Visualização:** Chart.js (react-chartjs-2), Recharts.
- **Modelagem numérica:** Hooks (useMemo, useState, useEffect) para simulações em tempo real.

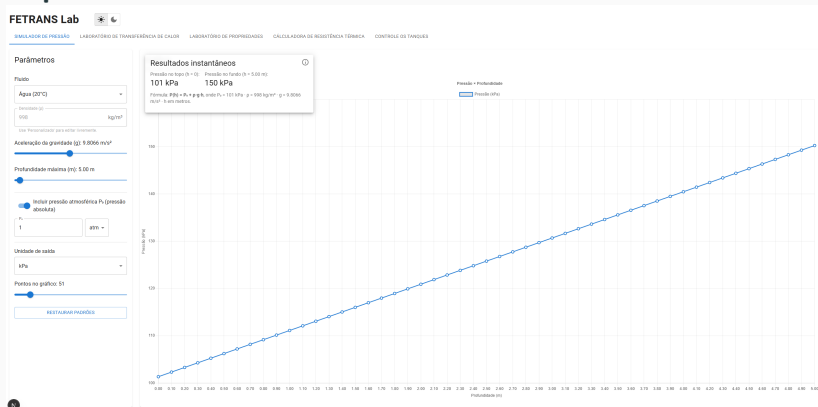
Assuntos

- **Parte 1:** Introdução térmica, trabalho, calor, balanços de massa/energia.
- **Parte 2:** Transferência de calor — condução, convecção, radiação, equivalência elétrica.
- **Parte 3:** Mecânica dos fluidos — pressão hidrostática, forças em superfícies, empuxo, escoamento.
- Propriedades dos materiais: $\rho(T)$, $c_p(T)$, $k(T)$, $\mu(T)$.

Demonstração

Simulador de Pressão Hidrostática

Captura de tela do simulador:



Aplicação: Visualizar a variação da pressão hidrostática com a profundidade em diferentes fluidos.

Simulador de Pressão Hidrostática

Funcionalidades:

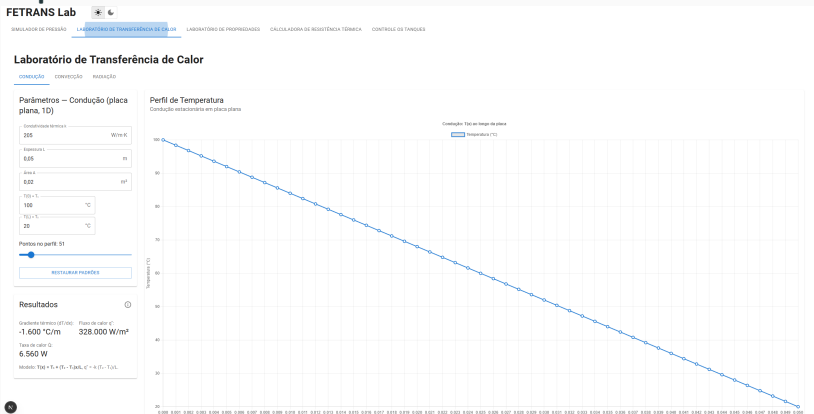
- Desenha gráfico da pressão em função da profundidade.
- Permite comparação entre fluidos (água, óleo, mercúrio).
- Conversão de unidades: Pa, kPa, bar, atm, psi.
- Interface: seleção de fluido, ajuste de ρ , g , profundidade e quantidade de pontos no gráfico.

Fórmula da pressão hidrostática:

$$P(h) = P_0 + \rho gh$$

, onde P_0 é a pressão na superfície, ρ é a densidade do fluido, g é a aceleração gravitacional e h é a profundidade.

Captura de tela do simulador:



Aplicação: Explorar os três modos de transferência de calor: condução, convecção e radiação.

Funcionalidades:

- Simulação de condução em uma placa 1D em estado estacionário.
- Entrada de parâmetros: temperaturas nas faces, condutividade térmica k , comprimento L e área A .
- Cálculo do perfil de temperatura e fluxo de calor \dot{Q} .

Fórmulas-chave:

Perfil de temperatura em placa 1D em regime estacionário:

$$T(x) = T_1 + (T_2 - T_1) \frac{x}{L}$$

Gradiente de temperatura, fluxo de calor por unidade de área, e taxa total de transferência de calor:

$$\frac{dT}{dx} = \frac{T_2 - T_1}{L}, \quad q'' = -k \frac{dT}{dx}, \quad \dot{Q} = q'' A$$

Funcionalidades:

- Simulação de convecção em uma superfície plana.
- Entradas: temperatura da superfície T_s , temperatura do fluido T_∞ , coeficiente de convecção h , área A .
- Cálculo do fluxo convectivo q'' e Taxa de calor \dot{Q} .

Lei de Resfriamento de Newton:

$$\dot{Q} = h \cdot A \cdot (T_s - T_\infty)$$

Aqui supõe-se h uniforme e escoamento externo simples.

Funcionalidades:

- Simulação de troca de calor por radiação. De superfície cinza para ambiente grande.
- Entradas: temperaturas T_1 , T_2 , emissividade ε (constante), área A .
- Cálculo do fluxo radiativo q'' e taxa de calor \dot{Q} .

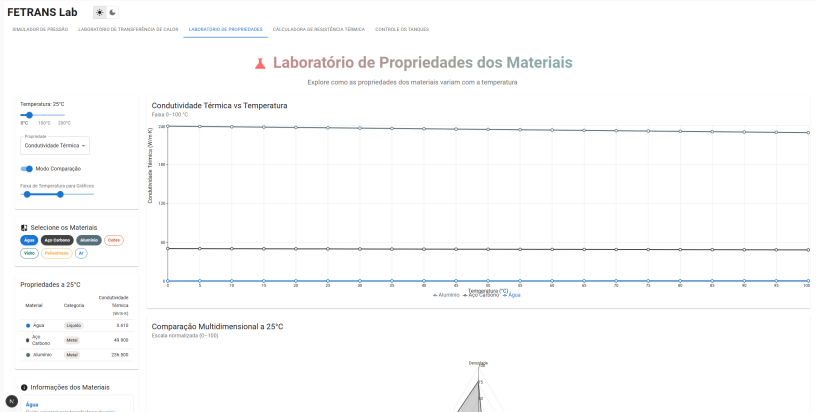
Lei de Stefan-Boltzmann aplicada à radiação entre superfície e ambiente:

$$q'' = \varepsilon \sigma (T_s^4 - T_{\text{sur}}^4)$$

Taxa total de transferência de calor:

$$\dot{Q} = q'' A$$

Captura de tela do simulador:



Aplicação: Visualizar como as propriedades dos materiais variam com a temperatura.

Funcionalidades:

- Simulação interativa de propriedades térmicas e físicas de materiais comuns.
- Visualização gráfica das propriedades em função da temperatura.
- Comparação multidimensional de propriedades entre materiais.
- Seleção de materiais: metais, cerâmicas, polímeros, líquidos, e gases.
- Seleção de propriedades:
 - Massa Específica $\rho(T)$
 - Calor Específico $c_p(T)$
 - Condutividade Térmica $k(T)$
 - Viscosidade $\mu(T)$

Calculadora de Resistência Térmica

Captura de tela do simulador:

FETRANS Lab



SIMULADOR DE PRESSÃO LABORATÓRIO DE TRANSFERÊNCIA DE CALOR LABORATÓRIO DE PROPRIEDADES CÁLCULADORA DE RESISTÊNCIA TÉRMICA CONTROLE OS TANQUES

Sistema Térmico (Série e Paralelo)

Monte o empilhamento de materiais (incluindo grupos em paralelo), configure convecção e resistências de contato para obter a resistência térmica total (área = 1 m²).

Materiais disponíveis

Ajustar para a área de composição

Concreto

Concreto comum para paredes estruturais.

$k = 1,70 \text{ W/m.K}$ $L = 0,15 \text{ m}$ $R = 0,0882 \text{ m}^2\text{K/W}$

Tijolo

Tijolo cerâmico maciço.

$k = 0,72 \text{ W/m.K}$ $L = 0,10 \text{ m}$ $R = 0,1389 \text{ m}^2\text{K/W}$

Isolante EPS

Isolamento térmico de poliestireno expandido.

$k = 0,035 \text{ W/m.K}$ $L = 0,05 \text{ m}$ $R = 1,4286 \text{ m}^2\text{K/W}$

Lã de vidro

Isolante de lã de vidro.

$k = 0,04 \text{ W/m.K}$ $L = 0,05 \text{ m}$ $R = 1,2500 \text{ m}^2\text{K/W}$

Gesso acartonado

Revestimento interno de gesso.

$k = 0,25 \text{ W/m.K}$ $L = 0,01 \text{ m}$ $R = 0,0040 \text{ m}^2\text{K/W}$

Vidro

Vidro comum para janelas.

$k = 1,0 \text{ W/m.K}$ $L = 0,005 \text{ m}$ $R = 0,0005 \text{ m}^2\text{K/W}$

Composição do sistema

Reordene materiais, crie grupos em paralelo, configure contatos e convecção

Convecção externa (ambiente → 1º material)

$R_{\text{conv}} = 1 / h$ (área = 1 m²)



Considerar convecção

h (W/m².K)

25

$R_{\text{conv}} = 0,0400 \text{ m}^2\text{K/W}$

Arraste materiais da lista à esquerda para criar o sistema

Convecção interna (último material → ambiente)

$R_{\text{conv}} = 1 / h$ (área = 1 m²)



Considerar convecção

h (W/m².K)

10

$R_{\text{conv}} = 0,1000 \text{ m}^2\text{K/W}$

Resultados de resistência térmica

$R_{\text{total}} = 0,1400 \text{ m}^2\text{K/W}$

(considerando área de 1 m² e convecção série/paralelo)

Detalhamento por elemento

- Convecção externa (ambiente → 1º material): $R = 0,0400 \text{ m}^2\text{K/W}$
- Convecção interna (último material → ambiente): $R = 0,1000 \text{ m}^2\text{K/W}$

Fundamentos técnicos utilizados

Considerar área $A = 1 \text{ m}^2$ em todos os cálculos.

1. Condição em uma camada (em série)
 - Condutividade térmica k (W/m.K)
 - Espessura da camada L (m)
 - Resistência da camada $R = L / k$ (m².K/W)
2. Convecção (superfície → ambiente)
 - Coeficiente de convecção h (W/m².K)
 - Resistência da convecção: $R_{\text{conv}} = 1 / h$ (m².K/W)
3. Resistência de contato entre camadas
 - Valor definido pelo usuário: R_{cont} (m².K/W)
 - Entre as somas como mais um termo em série: $R_{\text{total}} = R_{\text{conv}} + R_{\text{cont}}$
4. Grupo de camadas em paralelo
 - Cada camada do grupo em paralelo tem resistência $R_i = L_i / k_i$, equivalente do grupo R :
 - $1 / R_{\text{par}} = \sum (1 / R_i)$
 - $R_{\text{par}} = 1 / \sum (1 / R_i)$
5. Condição em série (sistema completo)
 - Todos os elementos em série (convecções, camadas simples e grupos em paralelo (já equivalentes)) são somados:
 - $R_{\text{total}} = \sum R_{\text{elementos}}$
6. (Opcional) Coeficiente global de transmissão
6. part. da resistência total, pode-se obter o coeficiente U:
 - $U = 1 / R_{\text{total}}$ (W/m².K)

Aplicação: Calcular a resistência térmica total de sistemas compostos por múltiplas camadas e mecanismos de transferência de calor.

Calculadora de Resistência Térmica

Funcionalidades:

- Construção interativa de sistemas térmicos com múltiplas camadas.
- Cálculo automático da resistência térmica total R_{total} .
- Suporte para condução entre camadas e convecção externa.

Resistência térmica por condução e convecção:

$$R_{cond} = \frac{L}{kA}, \quad R_{conv} = \frac{1}{hA}$$

Resistência térmica equivalente em série e paralelo:

$$R_{série} = \sum R_i, \quad R_{paralelo} = \left(\sum \frac{1}{R_i} \right)^{-1}$$

Jogo: Controle de Tanques Pressurizados

Captura de tela do simulador:

FETRANS Lab



SIMULADOR DE PRESSÃO LABORATÓRIO DE TRANSPARÊNCIA DE CALOR LABORATÓRIO DE PROPRIEDADES CÁLCULADORA DE RESISTÊNCIA TÉRMICA CONTROLE OS TANQUES

Painel de Controle – Tanques sob Pressão

Use os **switches** para abrir/fechar as comportas. Em sobrepresão/saco, você tem 5 s / 5 s para corrigir.

Painel geral

Defina a comporta global e acompanhe o estado do sistema.



Temperatura de simulação

Definido: 5.0 K / 10.0 K

Faça um dimensionamento sobre a temperatura e limite por metro em 5 s.

Controles de simulação

▶ RECUP. ◀ PARAR ▶ REINICIAR

Aguardando início

Comporta global (igual para todos os tanques)

Defina material e dimensões antes de iniciar. Aplica inicial, os valores ficam fixados.

Material

Aço

Alta resistência, ideal para altas pressões. (limite superior: 40.0 MPa)

Altura da comporta (m) 3.0 Largura da comporta (m) 2.0

Capacidade (m³) 0.25 Limite da força (kN) 60

Área da comporta: 6.00 m²

Condições de falha e sucesso

- Sobrepresão: $U = P/P_{limite} \geq 1$ por mais de 5 s — aplicação
- Saco: 5 s — limiar por mais de 5 s — falha operacional
- Se sempre falhar até 10 s — sucesso

Modelagem e Simulação

Tanques de água



Controles das comportas (switches)

Up/down - Aberto/fechado - Força



Aplicação: Aplicar conceitos de mecânica dos fluidos e controle em um jogo interativo.

Jogo: Controle de Tanques Pressurizados

Funcionalidades:

- Monitore e controle níveis de líquido em múltiplos tanques.
- Dimensões e material da comporta ajustáveis.
- Eventos aleatórios para aumentar o desafio.
- Condição de falha: Nível seco ou sobrepressão por mais de 5s.

Força hidrostática na comporta:

$$F_h = \frac{1}{2} \rho g h_{\text{eff}}^2 w$$

Escoamento por orifício:

$$Q_{\text{out}} = C_d A_{\text{comporta}} \sqrt{2gh}, \quad C_d = 0,62$$

Balanço de massa:

$$\frac{dV}{dt} = Q_{\text{in}} - Q_{\text{out}}$$

Próximos passos e palavras finais

Próximos passos

- Adicionar suporte a mais materiais, propriedades e customizações.
- Aprimorar laboratório de transferência de calor com mais cenários.
- Adicionar visualização do perfil de temperatura na Calculadora de resistência térmica.
- Adição de mais simulações e tópicos avançados.
- Melhorias na interface e usabilidade.
- Feedback de usuários para aprimorar a ferramenta.

Com esse trabalho, esperamos contribuir para o aprendizado de Fenômenos de Transporte, oferecendo uma ferramenta interativa e acessível para estudantes e educadores.

Agradecemos a atenção de todos!

Links úteis:

- Aplicação hospedada em:
`https://fetrans-lab.vercel.app`
- Código-fonte no GitHub:
`https://github.com/RegisBloemer/simulador-pressao`