

# **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:  $\rho(T)$ ,  $c_p(T)$ ,  $k(T)$ ,  $\mu(T)$ .

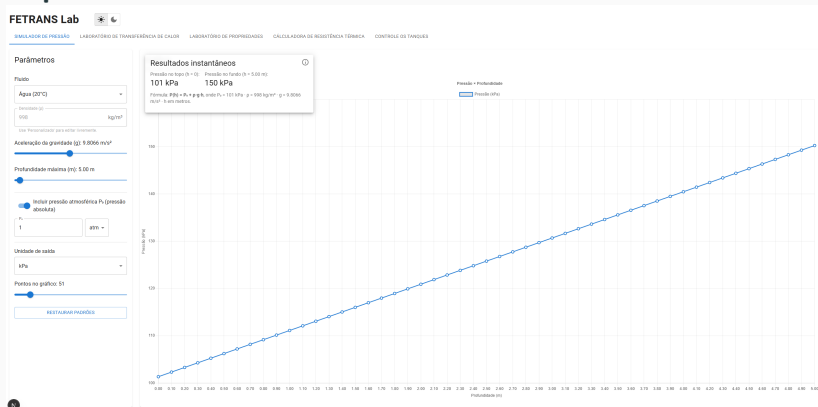


# Demonstração

---

# Simulador de Pressão Hidrostática

## Captura de tela do simulador:



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

## Funcionalidades:

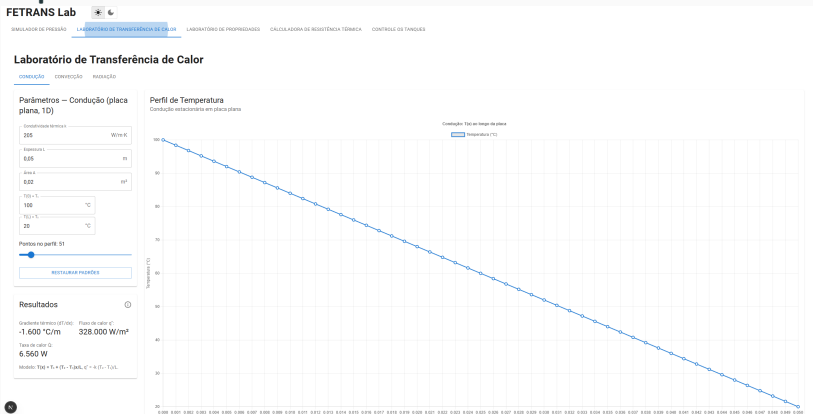
- Desenha gráfico da pressão em função da profundidade.
- Permite comparação entre fluidos (água, óleo, mercúrio).
- Conversão de unidades: Pa, kPa, bar, atm, psi.
- Interface: seleção de fluido, ajuste de  $\rho$ ,  $g$ , profundidade e quantidade de pontos no gráfico.

## Fórmula da pressão hidrostática:

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

, onde  $P_0$  é a pressão na superfície,  $\rho$  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  $T_\infty$ , 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  $\varepsilon$  (constante), área  $A$ .
- Cálculo do fluxo radiativo  $q''$  e taxa de calor  $\dot{Q}$ .

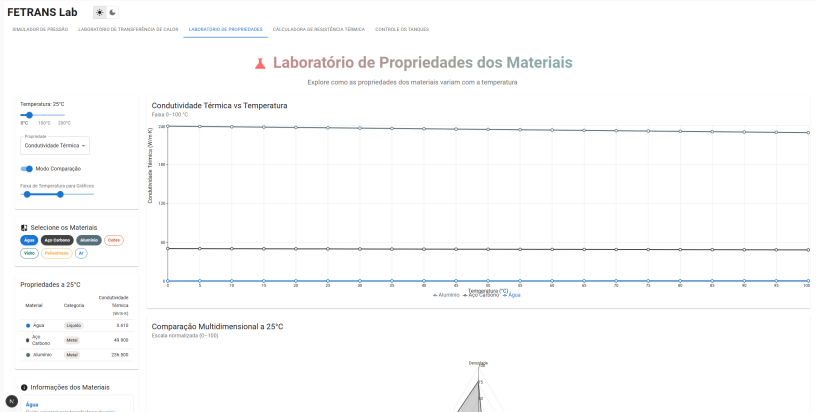
**Lei de Stefan-Boltzmann** aplicada à radiação entre superfície e ambiente:

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

**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:
  - Densidade  $\rho(T)$
  - 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

Arraste para a área de composição

##### Concreto

Concreto comum para paredes estruturais.

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

##### Tijolo

Tijolo cerâmico maciço.

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

##### Isolante EPS

Isolamento térmico de poliestireno expandido.

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

##### Lã de vidro

Isolante de lã de vidro.

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

##### Gesso acartonado

Revestimento interno de gesso.

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

##### Vidro

Vidro comum para janelas.

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

#### Composição do sistema

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

Convecção externa (ambiente → 1º material)

$R_{\text{conv}} = 1/7 \text{ (área = 1 m}^2\text{)}$



Considerar convecção

$h \text{ (W/m}^2\cdot\text{K)}$

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)

$R_{\text{conv}} = 1/7 \text{ (área = 1 m}^2\text{)}$



Considerar convecção

$h \text{ (W/m}^2\cdot\text{K)}$

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  $k \text{ (W/m}\cdot\text{K)}$
  - Espessura da camada  $L \text{ (m)}$
  - Resistência da camada  $R = L/k \text{ (m}^2\text{K/W)}$
2. Convecção (superfície → ambiente)
  - Coeficiente de convecção  $h \text{ (W/m}^2\cdot\text{K)}$
  - Resistência da convecção:  $R_{\text{conv}} = 1/h \text{ (m}^2\text{K/W)}$
3. Resistência de contato entre camadas
  - Valor definido pelo usuário:  $R_{\text{cont}} \text{ (m}^2\text{K/W)}$
  - 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:
  - $U = 1/R_{\text{total}} \text{ (K/m}^2\cdot\text{K)}$

**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 **interruptores** 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

Selecione a temperatura:

Selecione: 5 s / 5 s

Faça um acompanhamento sobre a temperatura e limite por hora em 5 s.

#### Controles de simulação

▶ RECUPERA

▶ RECUPERA

▶ RECUPERA

Aguardando início

#### Comporta global (para todos os tanques)

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

Material

Aplicar

Alta resistência, ideal para altas pressões. (limite superior: 40 s)

Alta de comporta (s) 3.0

Limite de comporta (s) 2.0

Exatidão (s) 0.25

Limite de força (s) 60

Área de comporta: 8.00 m²

Condições de falha e sucesso

• Sobrepresão:  $U = P/P_{limite} \geq 1$  por mais de 5 s —

— sucesso.

• Saco: 5 s — limiar por mais de 5 s — falha operacional.

• Se sempre falhar até 5 s — sucesso.

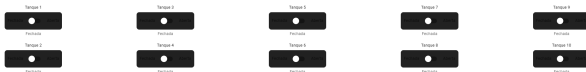
Modulação e Simulação

#### Tanques de água



#### Controles das comportas (válvulas)

Operar - Aberto (desligado) - Fechado



**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`