



UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
Escola de Engenharia de Lorena – EEL

ENGENHARIA DE MATERIAIS

Fenômenos de Transporte em Engenharia de Materiais (Transferência de Calor e Massa)

Prof. Dr. Sérgio R. Montoro

sergio.montoro@usp.br

srmontoro@dequi.eel.usp.br



UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
Escola de Engenharia de Lorena – EEL

Objetivos da Disciplina

- ❑ Introdução de conceitos relacionados com taxa e fluxo de quantidade de movimento, calor e massa, aplicados ao processamento de materiais metálicos, cerâmicos e poliméricos.
- ❑ Capacitar o aluno a modelar e resolver problemas de interesse em fenômenos de transporte, com escolha adequada de hipóteses e aplicação de ferramentas correspondentes de solução.



Programa Resumido

- ❑ Introdução à transferência de calor.
- ❑ Condução de calor em regime permanente e em regime transiente.
- ❑ Transferência de calor por convecção livre e forçada.
- ❑ Transferência de calor por radiação térmica.
- ❑ Transferência de calor com mudança de fase.
- ❑ Transferência de massa. Exemplos de aplicação.



Programa

- ❑ Introdução à transferência de calor. Propriedades térmicas dos materiais. Condutividade térmica de sólidos, fluidos e meios porosos. Conceito de difusividade térmica.
- ❑ Transferência de calor por condução: transferência de calor em regime permanente. Equação de Fourier.
- ❑ Transferência de calor em regime permanente com contornos convectivos.
- ❑ Lei de Newton do resfriamento.
- ❑ Condução de calor em regime transiente. Difusividade térmica. Número de Biot.



Programa

- ❑ Analogia entre transferência de calor e circuitos elétricos: conceitos de resistência e capacitância térmicas.
- ❑ Transferência de calor por convecção livre e forçada. Convecção livre. Parâmetros de similaridade. Número de Rayleigh.
- ❑ Convecção forçada. Teoria da camada limite. Número de Prandtl e número de Nusselt.
- ❑ Transferência de calor por radiação. Radiação do corpo negro. Propriedades da radiação. Fator de forma da radiação.



Programa

- ❑ Transferência de calor na solidificação.
- ❑ Transferência de massa. Difusividade em sólidos, líquidos, gasosos e meios porosos. Transferência de massa em sistemas fluídos. Modelos para o coeficiente de transferência de massa.
- ❑ Transferência de calor com mudança de fase: ebulição e condensação.
- ❑ Transferência de massa em sistemas heterogêneos. Reações sólidos/gás, sólido/líquido, líquido/líquido e líquido/gás.



UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
Escola de Engenharia de Lorena – EEL

INTRODUÇÃO



Ciências Térmicas

ENERGIA

Termodinâmica

Transformações da energia e o relacionamento entre as várias grandezas físicas de uma substância afetada por aquelas transformações energéticas.

Mecânica dos Fluidos

Transporte de energia e a resistência ao movimento associado com o escoamento dos fluidos

Transferência de Calor e Massa

Transferência de uma determinada forma de energia como decorrência de uma diferença de temperaturas



UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

Escola de Engenharia de Lorena – EEL

Mecânica dos Fluidos



Energia

Fonte de Energia



Transporte de uma posição espacial para outra

Ex.: Sistema de aquecimento de água ou ar



Produz uma fonte de energia térmica



Transporte para uso

Movimentação ou bombeamento através dos pontos de distribuição

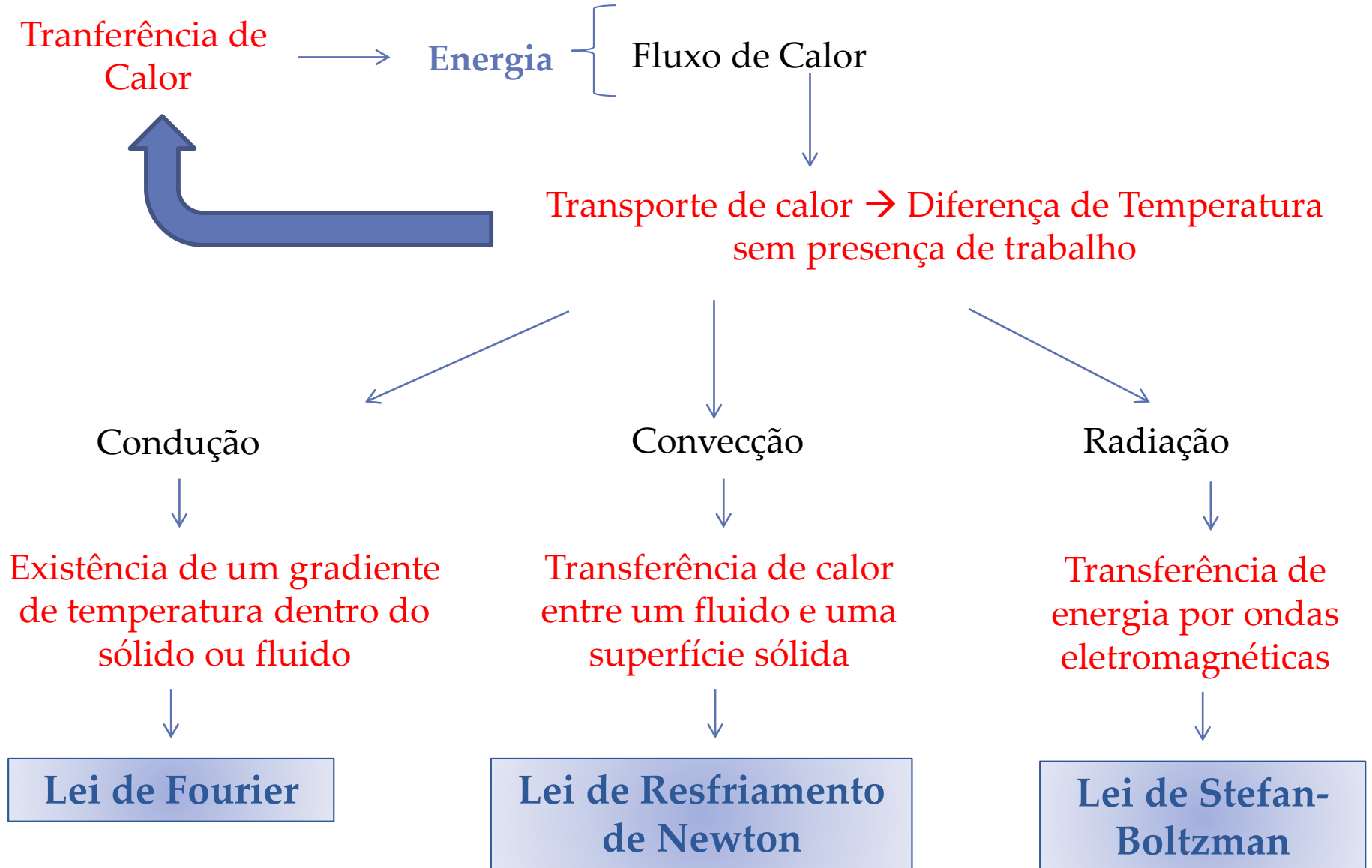
Origem das forças que se opõem ao movimento

Força de Arrasto (resistência ao movimento)
Força exercida pelo vento sobre um edifício
Potência requerida para bombear fluidos
Etc.

Equação da Quantidade de Movimento



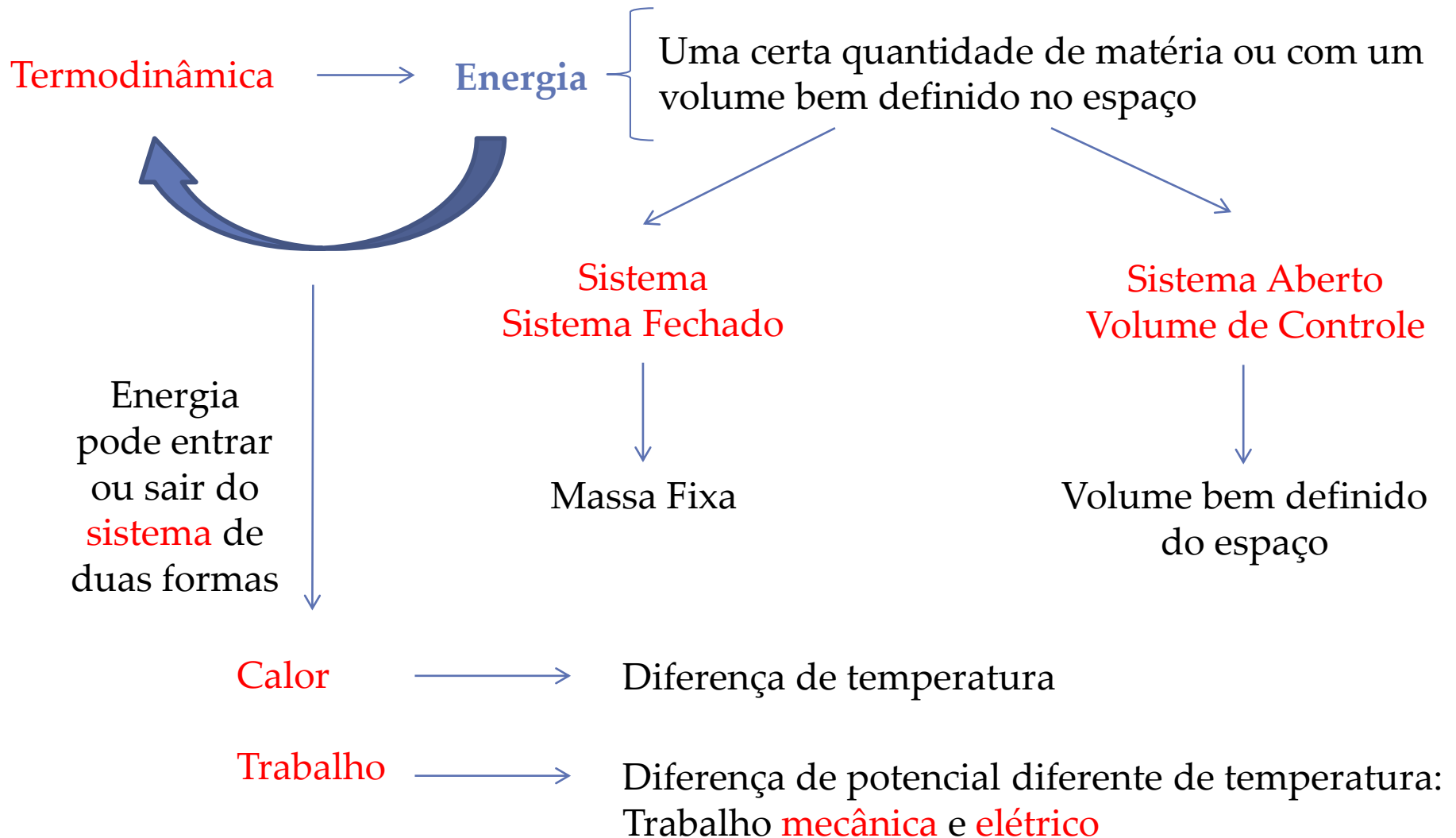
UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
Escola de Engenharia de Lorena – EEL





UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

Escola de Engenharia de Lorena – EEL



Balanco de Massa & Balanco de Energia



UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
Escola de Engenharia de Lorena – EEL

Instalação Simples de uma Central Termoelétrica a Vapor

