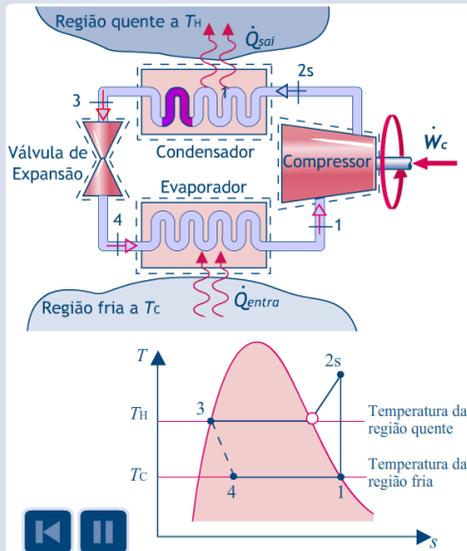


a. ICRCV Ideal

b. CRCV (Transferência de Calor Irreversível)

c. CRCV (Efeitos do Atrito)

d. CRCV Real



Ciclo Ideal de Refrigeração por Compressão de Vapor (CRCV)

O ciclo termodinâmico que modela os sistemas de refrigeração e de bomba de calor, nos quais o refrigerante é alternativamente vaporizado e condensado é o **Ciclo de Refrigeração por Compressão de Vapor**. O refrigerante circula ao longo de uma série de quatro componentes interconectados: *compressor, condensador, válvula de expansão e evaporador*. Na ausência de irreversibilidades e perdas ao longo do compressor, condensador e evaporador, o CRCV é idealizado.

O **Ciclo Ideal de Refrigeração por Compressão de Vapor** consiste em uma série de quatro processos, três dos quais são internamente reversíveis:

Processo 1-2s: Compressão isentrópica do refrigerante ao longo do compressor, da condição de vapor saturado até a condição de vapor superaquecido a uma pressão mais elevada.

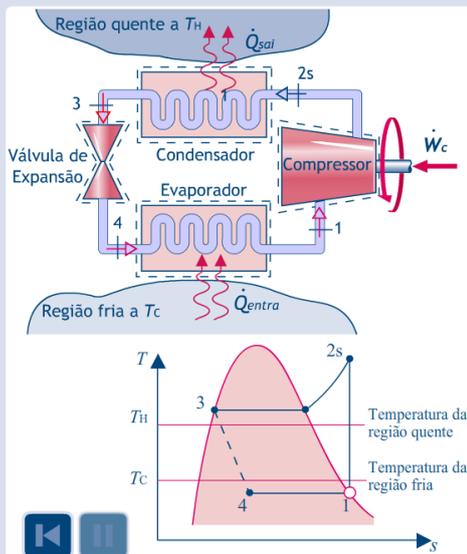
Processo 2s-3: Transferência de calor *do* refrigerante conforme este flui a pressão constante ao longo do condensador. O refrigerante sai na condição de líquido saturado.

a. ICRCV Ideal

b. CRCV (Transferência de Calor Irreversível)

c. CRCV (Efeitos do Atrito)

d. CRCV Real



Ciclo de Refrigeração por Compressão de Vapor (CRCV) (Transferência de Calor Irreversível)

Os ciclos de refrigeração por compressão de vapor exibem transferência de calor irreversível entre o refrigerante e as regiões quente e fria. Eles também envolvem compressão irreversível. Para obter uma taxa de transferência de calor suficiente *para* o refrigerante *a partir* da região fria requer que a temperatura do refrigerante no evaporador seja diversos graus *abaixo* de T_C . Para obter uma taxa de transferência de calor suficiente *do* refrigerante *para* a região quente requer que a temperatura do refrigerante no condensador seja diversos graus *acima* de T_H . Incorporando os efeitos relativos a transferência de calor, os quatro processos do CRCV são

Processo 1-2s: Compressão isentrópica do refrigerante ao longo do compressor, da condição de vapor saturado até a condição de vapor superaquecido a uma pressão mais elevada.

Processo 2s-3: Transferência de calor *do* refrigerante conforme este flui a pressão constante ao longo do condensador.

Processo 3-4: Processo de estrangulamento da condição de líquido saturado até uma mistura de duas fases líquido-vapor. Este processo não é internamente reversível.

Processo 4-1: Transferência de calor *para* o refrigerante conforme este flui a pressão constante ao longo do evaporador para completar o ciclo.

Em comparação com o CRCV ideal, a transferência de calor irreversível reduz o coeficiente de desempenho do CRCV.

a. CRCV Ideal b. CRCV (Transferência de Calor Irreversível) c. CRCV (Efeitos do Atrito) d. CRCV Real

Ciclo de Refrigeração por Compressão de Vapor (CRCV) (Efeitos do Atrito)

Os ciclos de refrigeração por compressão de vapor também exibem irreversibilidade em virtude da compressão envolvendo atrito.

Devido ao atrito, o refrigerante experimenta um aumento na entropia ao longo de um compressor adiabático. Desprezando a queda de pressão, em virtude do atrito, ao longo do condensador e do evaporador, por motivos de simplicidade, os quatro processos do CRCV são

Processo 1-2: Compressão adiabática irreversível do refrigerante acompanhada por um aumento da entropia específica.

Processo 2-3: Transferência de calor *do* refrigerante conforme este flui a pressão constante ao longo do condensador.

Processo 3-4: Processo de estrangulamento da condição de líquido saturado até uma mistura de duas fases líquido-vapor. Este processo não é internamente reversível.

Processo 4-1: Transferência de calor *para* o refrigerante conforme este flui a pressão constante ao longo do evaporador para completar o ciclo.

Em comparação com o CRCV ideal, um compressor irreversível aumenta o trabalho de entrada e assim reduz o coeficiente de desempenho.

a. CRCV Ideal b. CRCV (Transferência de Calor Irreversível) c. CRCV (Efeitos do Atrito) d. CRCV Real

Ciclo Real de Refrigeração por Compressão de Vapor (CRCV)

O **Ciclo Real de Refrigeração por Compressão de Vapor** exibe transferência de calor irreversível e irreversibilidade devido a compressão envolvendo atrito.

Para um compressor *adiabático* e desprezando a queda de pressão, em virtude do atrito, ao longo do condensador e do evaporador, por motivos de simplicidade, os quatro processos do CRCV real são

Processo 1-2: Compressão adiabática irreversível do refrigerante acompanhada por um aumento da entropia específica.

Processo 2-3: Transferência de calor *do* refrigerante conforme este flui a pressão constante ao longo do condensador.

Processo 3-4: Processo de estrangulamento da condição de líquido saturado até uma mistura de duas fases líquido-vapor. Este processo não é internamente reversível.

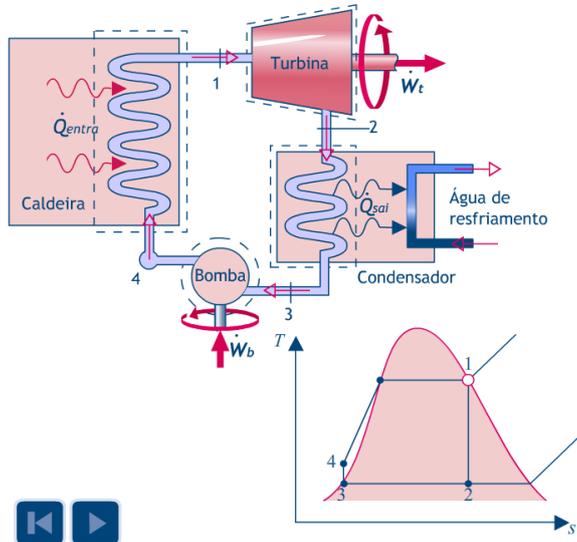
Processo 4-1: Transferência de calor *para* o refrigerante conforme este flui a pressão constante ao longo do evaporador para completar o ciclo.

Em comparação com o CRCV ideal, os efeitos agregados de transferência de calor irreversível com as regiões quente e fria e a compressão irreversível reduzem significativamente o coeficiente de desempenho realizado pelo CRCV real.

a. Ciclo Ideal de Rankine

b. Ciclo Ideal de Rankine com Superaquecimento

c. Ciclo Ideal de Rankine com Irreversibilidades



Ciclo Ideal de Rankine

O ciclo termodinâmico que modela a conversão de energia de calor em trabalho em um sistema de potência a vapor é o **Ciclo de Rankine**. O fluido de trabalho circula ao longo de uma série de quatro componentes interconectados: *turbina*, *condensador*, *bomba* e *caldeira*. Na ausência de irreversibilidades e perdas, o Ciclo de Rankine é idealizado. O **Ciclo Ideal de Rankine** consiste em uma série de quatro processos internamente reversíveis:

Processo 1-2: Expansão isentrópica do fluido de trabalho através da turbina na condição de vapor saturado no estado 1 até a pressão do condensador.

Processo 2-3: Transferência de calor do fluido de trabalho conforme este flui a pressão constante através do condensador chegando em forma de líquido saturado ao estado 3.

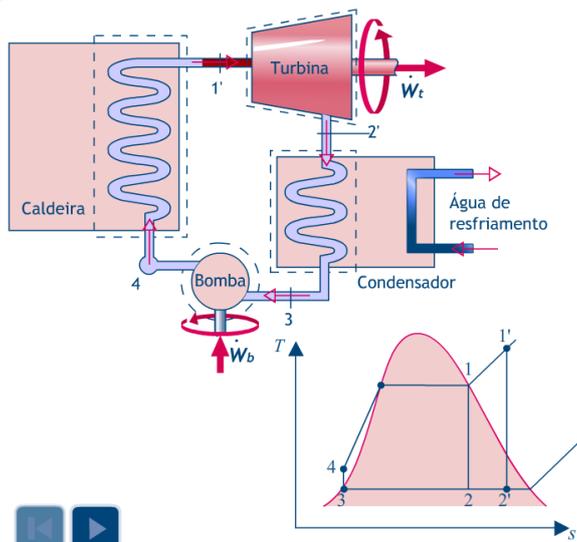
Processo 3-4: Compressão isentrópica na bomba até o estado 4 na região de líquido comprimido.

Processo 4-1: Transferência de calor para o fluido de trabalho conforme este flui a pressão constante através da caldeira para completar o ciclo.

a. Ciclo Ideal de Rankine

b. Ciclo Ideal de Rankine com Superaquecimento

c. Ciclo Ideal de Rankine com Irreversibilidades



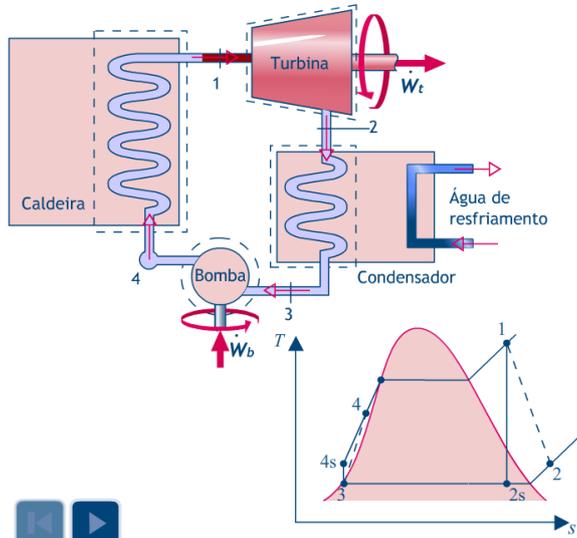
Ciclo Ideal de Rankine (Superaquecido)

Quando o fluido de trabalho entra na turbina como vapor *superaquecido*, em vez de vapor saturado, trata-se do **Ciclo Ideal de Rankine com Superaquecimento**. O Ciclo Ideal de Rankine com Superaquecimento possui uma temperatura média mais elevada de adição de calor do que o ciclo sem superaquecimento, e assim uma maior eficiência térmica. O superaquecimento aumenta o título do fluido de trabalho na saída da turbina. O Ciclo Ideal de Rankine com Superaquecimento consiste em uma série de quatro processos internamente reversíveis:

a. Ciclo Ideal de Rankine

b. Ciclo Ideal de Rankine com Superaquecimento

c. Ciclo Ideal de Rankine com Irreversibilidades

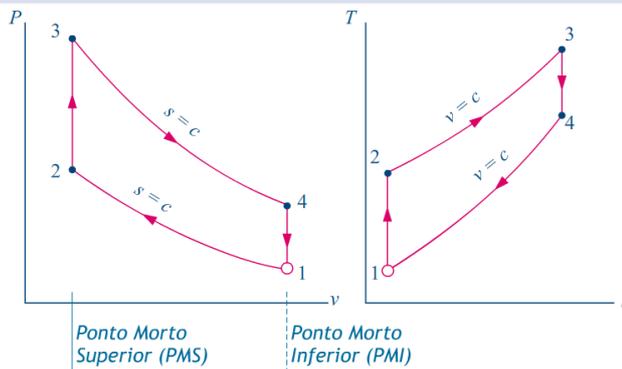


Ciclo de Rankine com Irreversibilidades

O fluido de trabalho em um **Ciclo de Rankine com Irreversibilidades** passa por irreversibilidades conforme flui em torno do circuito fechado. Desprezando qualquer perda de transferência de calor e queda de pressão, em virtude do atrito, ao longo do condensador e da caldeira, a principal irreversibilidade interna de atrito está associada apenas à turbina e à bomba.

a. Processos

b. Transferências de Energia



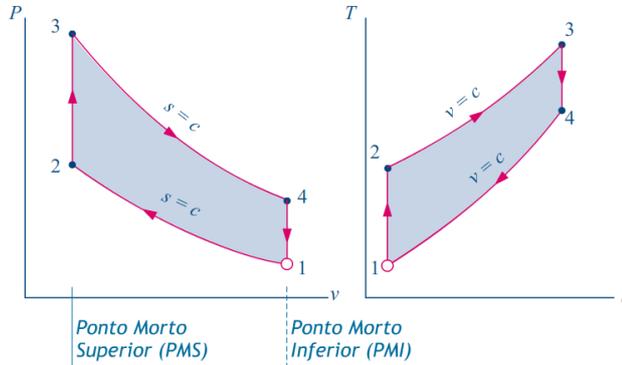
Processos do Ciclo Otto

O **ciclo** de ar-padrão **Otto** é um ciclo ideal que modela o motor de combustão interna alternativo com ignição por centelha. O ciclo consiste em uma série de **quatro processos internamente reversíveis**:



a. Processos

b. Transferências de Energia



Ponto Morto Superior (PMS)

Ponto Morto Inferior (PMI)



A área indicada no diagrama $p-v$ corresponde ao trabalho líquido de saída por unidade de massa.

A área indicada no diagrama $T-s$ corresponde ao calor líquido adicionado por unidade de massa.

Transferências de Energia no Ciclo Otto

Cada processo no ciclo de Ar-Padrão Otto envolve transferência de energia:

Processo 1-2: Trabalho de compressão durante a compressão isentrópica do ar, conforme o pistão se move do ponto morto inferior para o ponto morto superior.

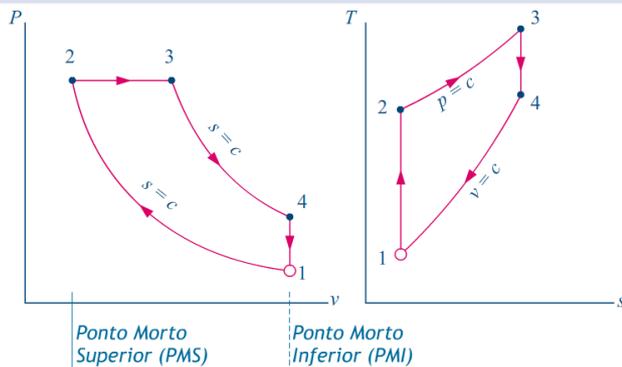
Processo 2-3: Transferência de calor da fonte externa para o ar, durante um processo a volume constante com o pistão no ponto morto superior.

Processo 3-4: Trabalho de expansão durante a expansão isentrópica do ar, conforme o pistão se move do ponto morto superior para o ponto morto inferior.

Processo 4-1: Transferência de calor do ar durante um processo a volume constante com o pistão no ponto morto inferior.

a. Processos

b. Transferências de Energia



Ponto Morto Superior (PMS)

Ponto Morto Inferior (PMI)

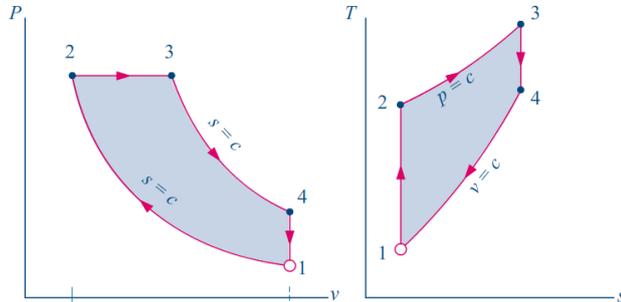


Processos do Ciclo Diesel

O ciclo de ar-padrão Diesel é um ciclo ideal que modela o motor de combustão interna alternativo com ignição por compressão. O ciclo consiste em uma série de quatro processos internamente reversíveis:

a. Processos

b. Transferências de Energia



Ponto Morto Superior (PMS)

Ponto Morto Inferior (PMI)



A área indicada no diagrama p-v corresponde ao trabalho líquido de saída por unidade de massa.

A área indicada no diagrama T-s corresponde ao calor líquido adicionado por unidade de massa.

Transferências de Energia no Ciclo Diesel

Cada processo no ciclo de Ar-Padrão Diesel envolve transferência(s) de energia:

Processo 1-2: Trabalho de compressão durante a compressão isentrópica do ar, conforme o pistão se move do ponto morto inferior para o ponto morto superior.

Processo 2-3: Transferência de calor para o ar, durante um processo a pressão constante e **trabalho de expansão** durante a primeira parte do curso de potência.

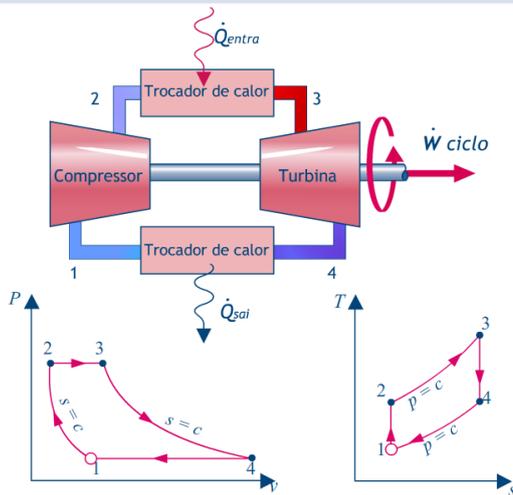
Processo 3-4: Trabalho de expansão durante a expansão isentrópica do ar, conforme o pistão se move do ponto morto inferior durante o restante do curso de potência.

Processo 4-1: Transferência de calor do ar durante um processo a volume constante com o pistão no ponto morto inferior.



a. Ciclo Ideal de Ar-Padrão Brayton

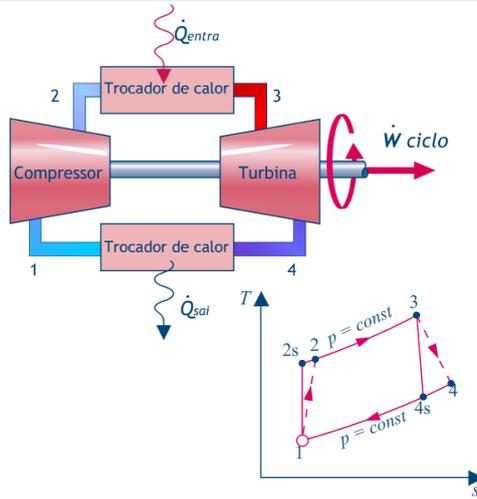
b. Ciclo de Ar-Padrão Brayton com Irreversibilidades



Ciclo Ideal de Ar-Padrão Brayton

O ciclo termodinâmico que modela a conversão de energia de calor em trabalho em uma instalação de potência de turbina a gás é o **Ciclo Brayton**. O fluido de trabalho é o ar, modelado como um gás ideal. O ar circula ao longo de uma série de quatro componentes interconectados: compressor, trocador de calor, turbina e trocador de calor. Na ausência de irreversibilidades e perdas, o **Ciclo Brayton é idealizado**. O **Ciclo Ideal de Ar-Padrão Brayton** consiste em uma série de quatro processos internamente reversíveis:





Ciclo de Ar-Padrão Brayton com Irreversibilidades

O ar em um **Ciclo de Ar-Padrão Brayton com Irreversibilidades** passa por irreversibilidades conforme flui em torno do circuito fechado. Desprezando qualquer perda de transferência de calor e queda de pressão, em virtude do atrito, ao longo dos dois trocadores de calor, a principal irreversibilidade interna de atrito está associada apenas ao compressor e à turbina.