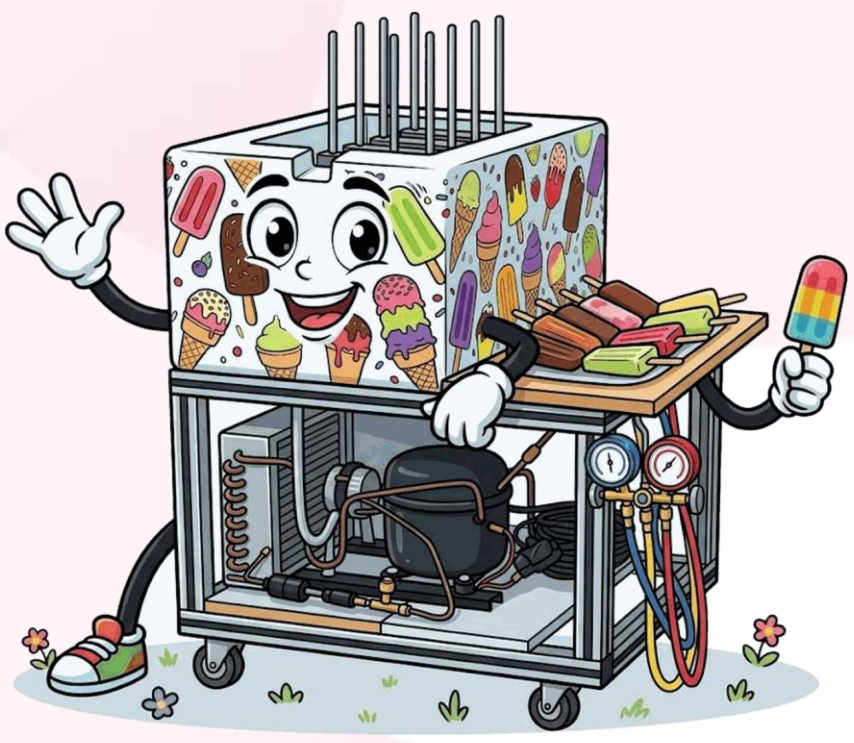
SNCT 2026 Ciência Delas

INSTITUTO FEDERAL
Santa Catarina

Semana Nacional de Ciência e Tecnologia· SNCT 2026

Picoleteira didática

A ciência do frio em 3 experimentos



Oi! Eu faço 21 picolés a cada 30 minutos.
Quer saber como eu fico tão gelada?
A turma te explica!

UM ESTUDO DOS ESTUDANTES DA 6ª FASE DO

Curso Técnico Integrado em Refrigeração e Ar Condicionado (RAC) · IFSC Câmpus São José

EXPERIMENTO 1

Congelamento do picolé

sensível × latente

EXPERIMENTO 2

Motor do agitador

convecção natural × forçada

EXPERIMENTO 3

Ciclo de refrigeração

energia e COP

Escaneie e calcule quanto calor sai do seu picolé!

Laboratório interativo “Da teoria ao picolé perfeito”

CNPq

MINISTÉRIO DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA E INOVAÇÃO

SNCT 2026 Ciência Delas

INSTITUTO FEDERAL
Santa Catarina

EXPERIMENTO 1 · CONGELAMENTO DO PICOLÉ

Quanto calor um picolé precisa perder?

Calor sensível

Muda a temperatura: o termômetro “sente” a diferença.

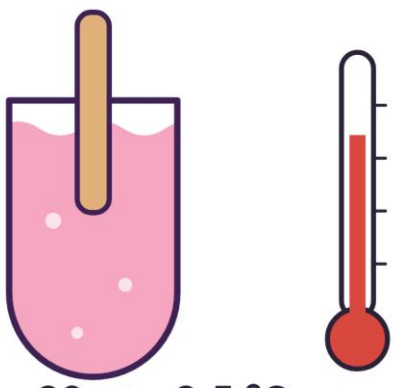
$Q = m \cdot c \cdot \Delta T$

Calor latente

Muda o estado (líquido → sólido). “Latente” vem do latim: escondido!

$Q = m \cdot L$

1 Resfriar o líquido

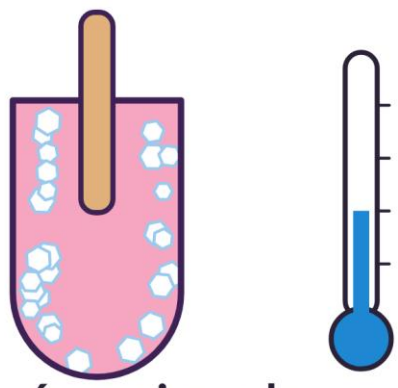


20 → −2,5 °C

CALOR SENSÍVEL

$Q = m \cdot c \cdot \Delta T$

2 Congelar



água vira gelo

CALOR LATENTE

$Q = m \cdot L$

3 Resfriar o sólido

−2,5 → −20 °C

CALOR SENSÍVEL

$Q = m \cdot c \cdot \Delta T$

Calor que sai de 1 picolé de 100 g: total 32,4 kJ

7,2 kJ	20,4 kJ	4,8 kJ
22 %	63 % — o maior pedaço!	15 %

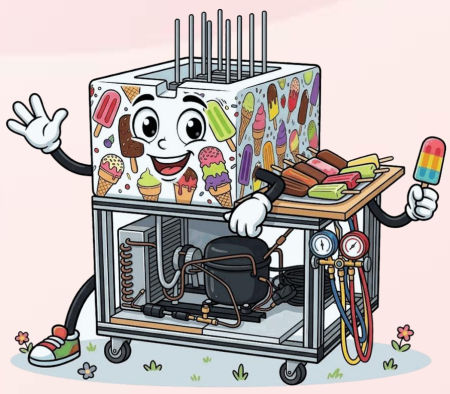
A conta de 1 picolé (m = 0,1 kg)

1 líquido: 0,1 × 3,22 × 22,5 = **7,2 kJ**
2 congelar: 0,1 × 204 = **20,4 kJ**
3 sólido: 0,1 × 2,74 × 17,5 = **4,8 kJ**
Total = 32,4 kJ por picolé

c em kJ/(kg·K) e L em kJ/kg, valores da calda

378 W

21 picolés × 32,4 kJ a cada 30 min: é o calor que a máquina tira sem parar.



Você sabia? Quase 2/3 do frio vai só para transformar a água em gelo. É o calor latente!

CNPq

MINISTÉRIO DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA E INOVAÇÃO

SNCT 2026 Ciência Delas

INSTITUTO FEDERAL
Santa Catarina

EXPERIMENTO 1 · NOSSO EXPERIMENTO

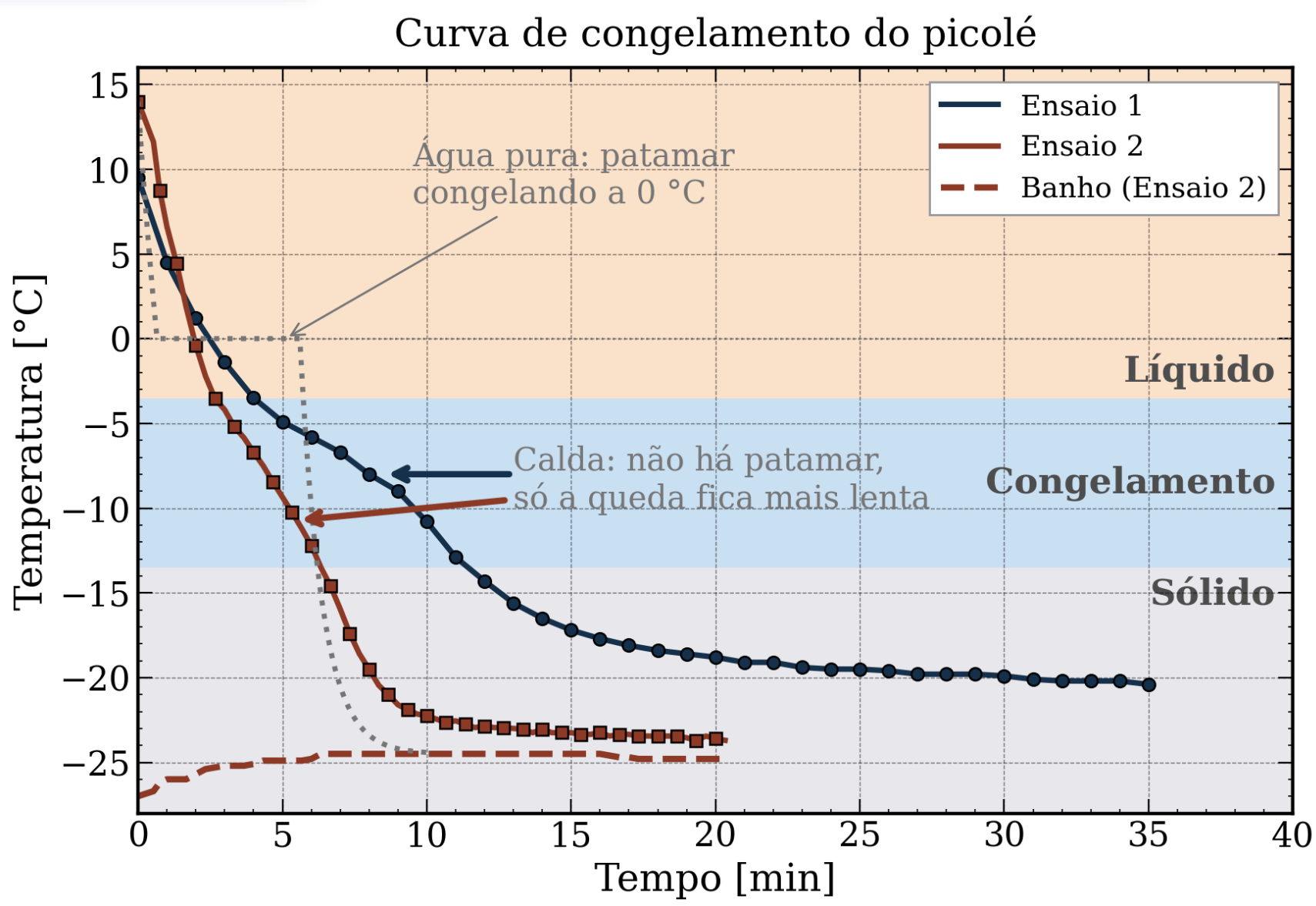
Medimos o congelamento do picolé

Como fizemos

1. Enchemos a forma de inox com a calda e colocamos os palitos.
2. Colocamos um termopar dentro de um dos picolés.
3. Mergulhamos a forma no banho de etanol gelado e agitado.
4. Anotamos a temperatura até passar de −18 °C. Fizemos 2 ensaios.

A forma de inox no banho

RESULTADO MEDIDO



7,5 min

até −18 °C com o banho a −25 °C (ensaio 2)

16,8 min

até −18 °C com o banho a ≈ −21 °C (ensaio 1)

−3,5 a −13,5 °C

faixa em que a calda congelou

Você sabia? O picolé foi inventado por acaso: em 1905, Frank Epperson, de 11 anos, esqueceu um refresco com um palitinho numa noite fria.

CNPq

MINISTÉRIO DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA E INOVAÇÃO

SNCT 2026 Ciência Delas

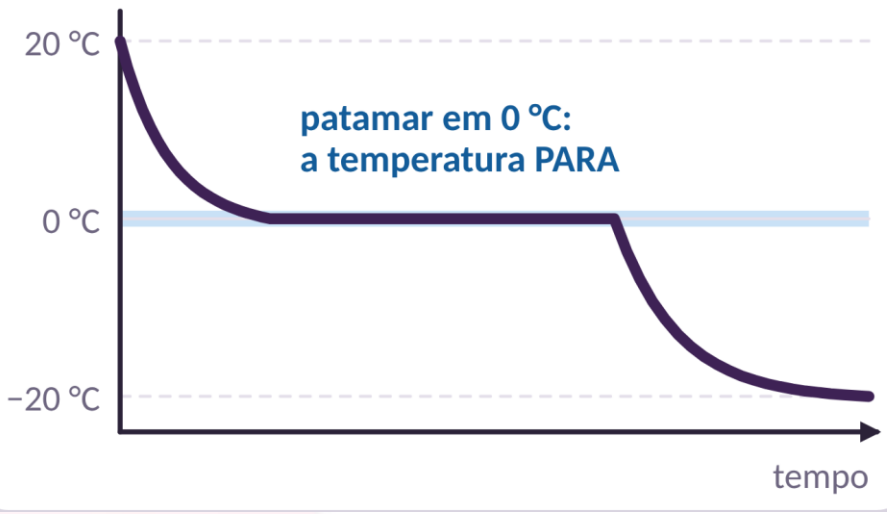
INSTITUTO FEDERAL
Santa Catarina

EXPERIMENTO 1 · O QUE DESCOBRIMOS

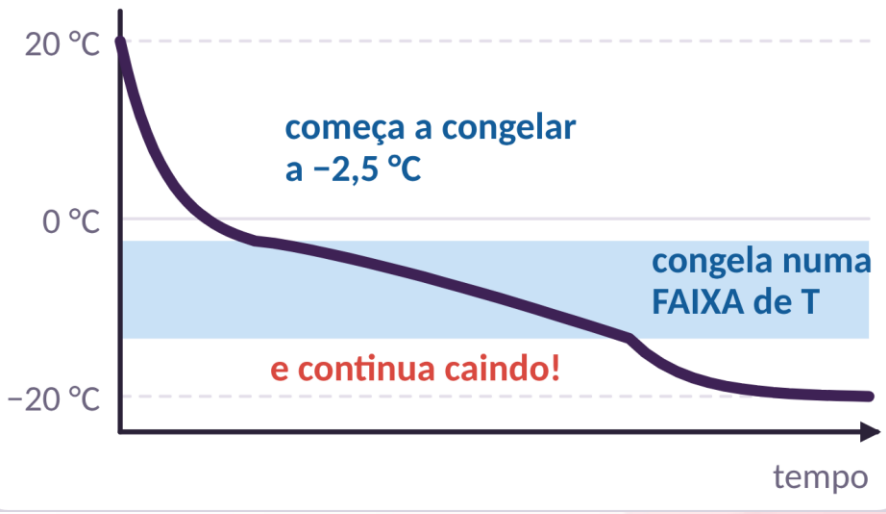
Duas descobertas geladas

1 A calda não tem patamar

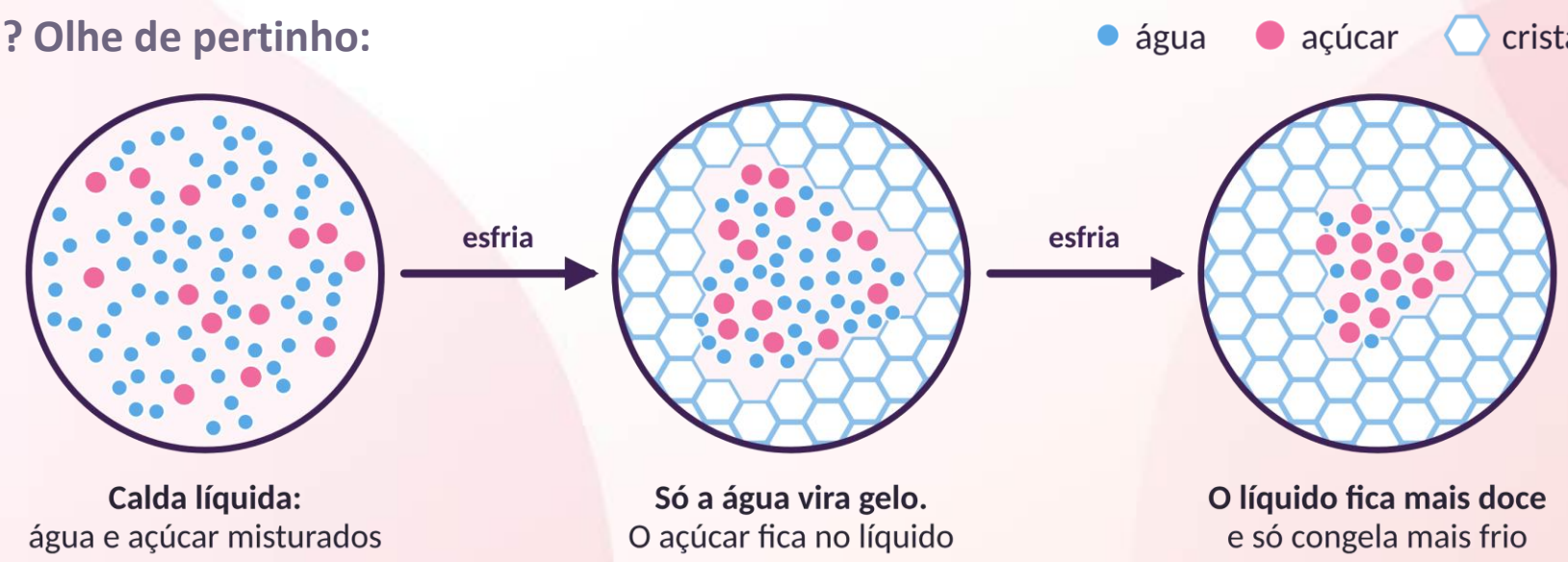
Água pura
substância pura



Calda do picolé
mistura: água + açúcar + gordura



Por quê? Olhe de pertinho:

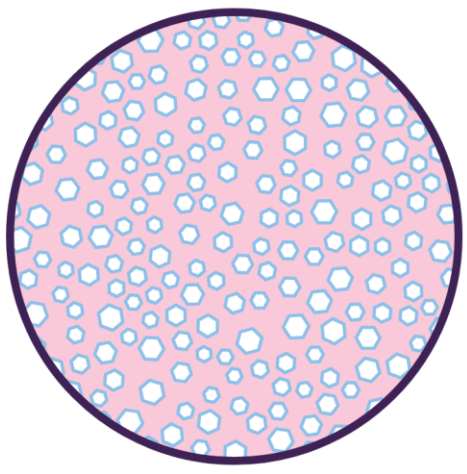


Calda líquida:
água e açúcar misturados

Só a água vira gelo.
O açúcar fica no líquido

O líquido fica mais doce
e só congela mais frio

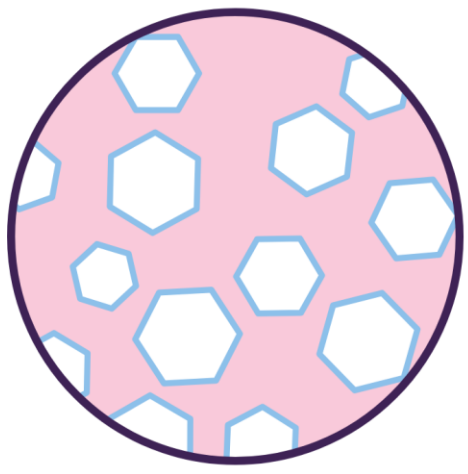
2 Picolé bom é picolé rápido!



congelamento
RÁPIDO

muitos cristais pequenos

cremoso!



congelamento
LENTO

poucos cristais grandes

arenoso, “estala”

Conclusão

1 Mistura congela numa faixa de temperatura (−3,5 a −13,5 °C na calda), e uma parte da água ficam líquidos mesmo a −20 °C.

2 Congelar rápido = cristais pequenos = picolé cremoso. Banho bem frio e calda já gelada (2 a 4 °C) ajudam.

CNPq

MINISTÉRIO DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA E INOVAÇÃO

SNCT 2026 Ciência Delas

INSTITUTO FEDERAL
Santa Catarina

EXPERIMENTO 2 · MOTOR DO AGITADOR

Por que o motor precisa de um ventinho?

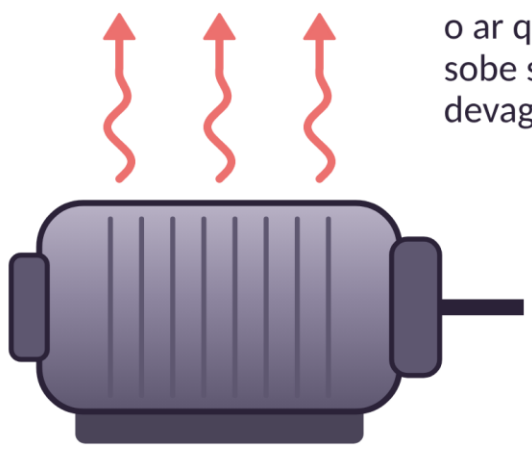
O agitador mexe o álcool do banho. O motor dele esquenta e precisa jogar esse calor no ar: é a convecção.

$$Q = h \cdot A \cdot \Delta T$$

h: coeficiente de convecção (quanto maior, melhor)
ΔT: temperatura do motor − temperatura do ar

Convecção natural

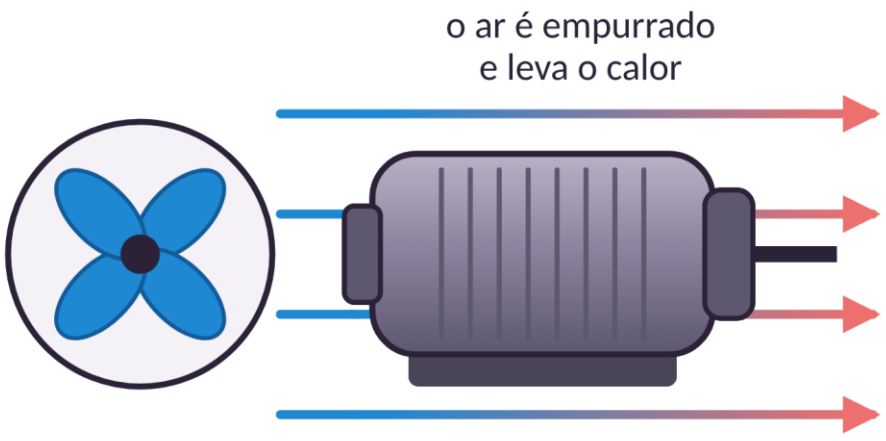
ventilador desligado



h pequeno → motor chegaria a ~102 °C

Convecção forçada

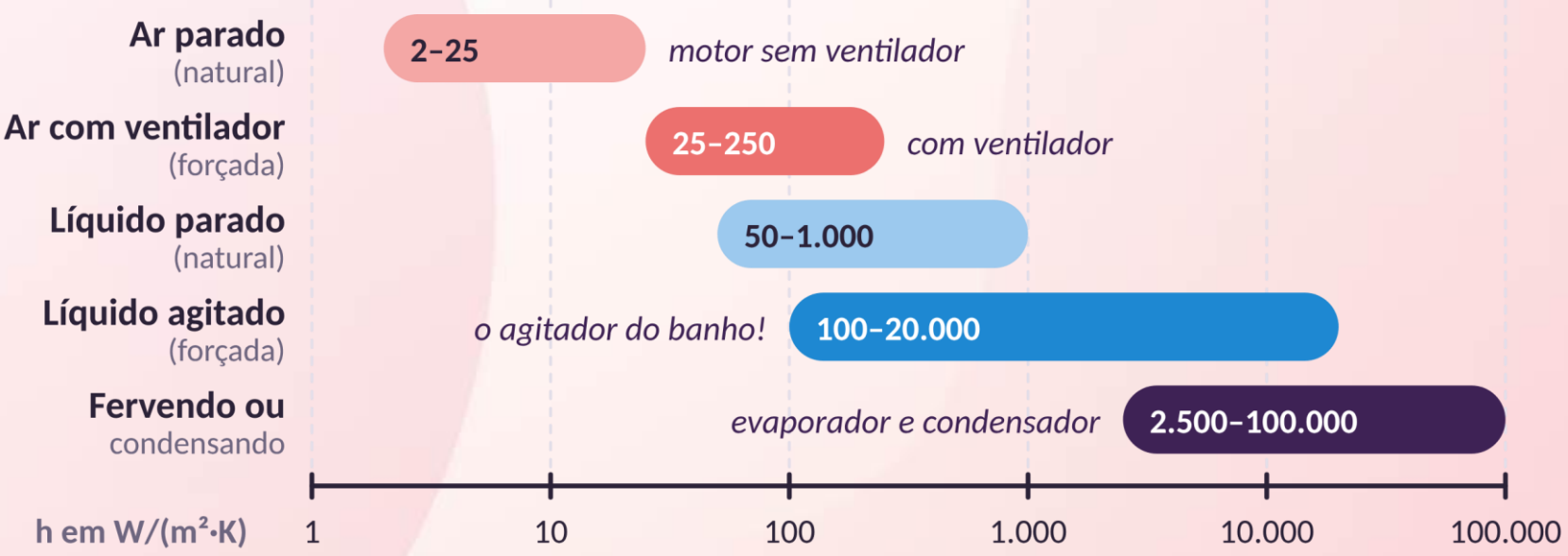
ventilador ligado

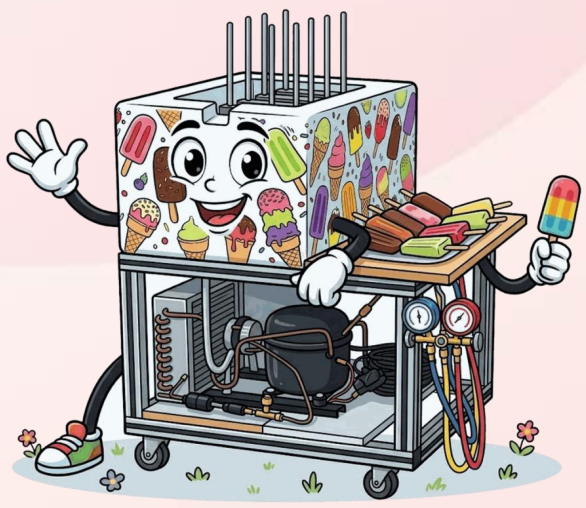


h ~3× maior → estabilizou em 50 °C

Quanto vale o h?

valores típicos (Incropera)





Por que agitar o banho?

O agitador também faz convecção forçada, só que no álcool. Líquido em movimento tem um h muito maior que o ar parado: ele arranca o calor das formas bem mais rápido que o freezer de casa.

CNPq

MINISTÉRIO DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA E INOVAÇÃO

SNCT 2026 Ciência Delas

INSTITUTO FEDERAL
Santa Catarina

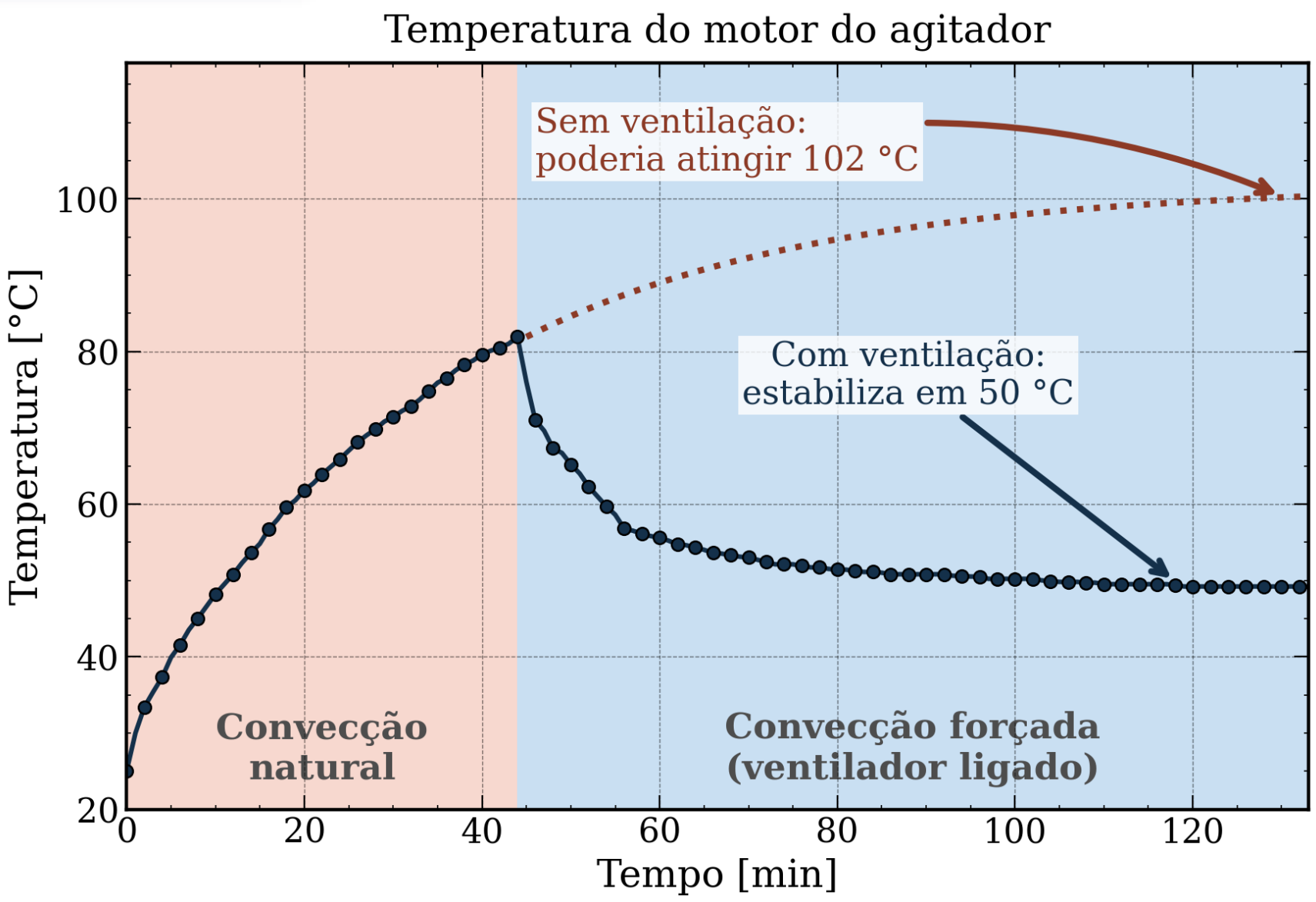
EXPERIMENTO 2 · NOSSO EXPERIMENTO

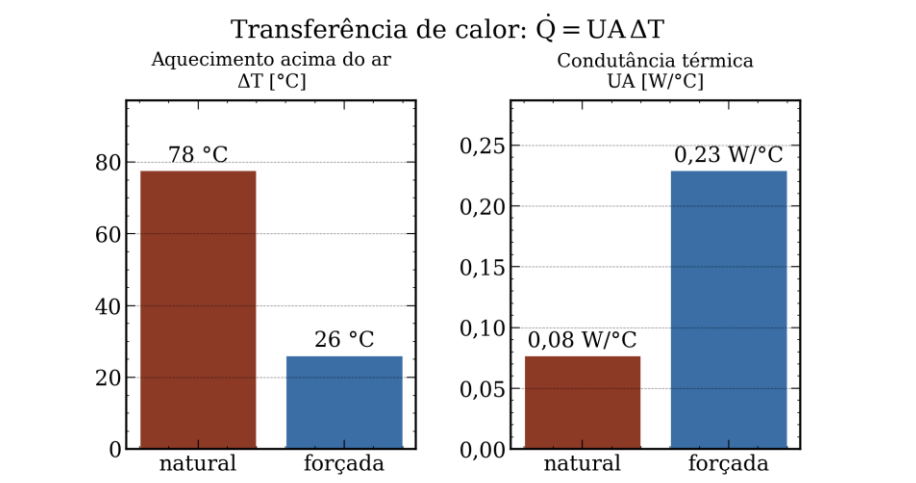
O que medimos no motor

Como fizemos

1. Ligamos o motor do agitador sem ventilação e medimos a temperatura da carcaça.
2. Aos 44 min, com 82 °C e ainda subindo, ligamos o ventilador.
3. Medimos a temperatura e a velocidade do ar na entrada e na saída.
4. Seguimos medindo até o motor estabilizar.

RESULTADO MEDIDO





NOSSOS NÚMEROS

102 °C → 50 °C

sem ventilação (estimado) → com ventilação (medido)

h·A × 3

ΔT acima do ar: 78 → 26 °C
tempo de resposta: 34 → 11 min

CNPq

MINISTÉRIO DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA E INOVAÇÃO

SNCT 2026 Ciência Delas

INSTITUTO FEDERAL
Santa Catarina

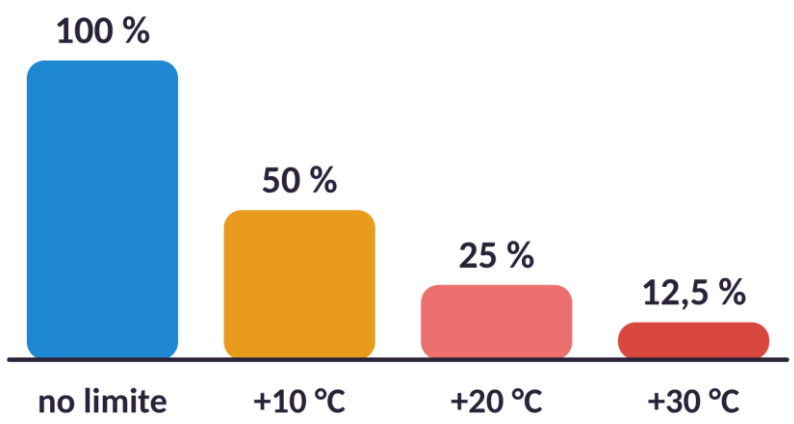
EXPERIMENTO 2 · O QUE APRENDEMOS

O calor é o inimigo dos equipamentos

Conclusão do experimento

Com o ventilador, o motor passou a perder calor ~3× mais fácil e parou em **50 °C**, em vez de chegar a **~102 °C**. Ventilar é proteger o equipamento!

A regra dos 10 °C



temperatura do enrolamento acima do limite

O verniz que isola os fios do motor tem um limite: **130 °C** (classe B) ou **155 °C** (classe F).

Acima disso, cada 10 °C a mais corta a vida do isolamento pela metade.

Como proteger?

Ventilação
convecção forçada

Protetor térmico
desliga se esquentar

Espaço livre
para o ar circular

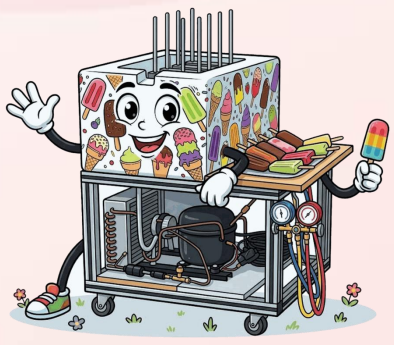
E no mundo? Resfriar eletrônicos custa caro!

415 TWh
de eletricidade nos data centers em 2024 (≈1,5% do mundo)

30–55%
dessa energia vai só para o resfriamento

US$ 12–23 bi
por ano em energia só para resfriar (estimativa)

Fontes: IEA, Energy and AI (2025); IIR. Estimativa nossa: 125 a 230 TWh/ano × US$ 0,10/kWh. Isso é de 1/6 a quase 1/3 de toda a eletricidade gerada no Brasil (751 TWh em 2024, EPE).



Você sabia? Seu celular também se protege: quando esquenta demais, ele diminui o brilho e a velocidade para não estragar.

CNPq

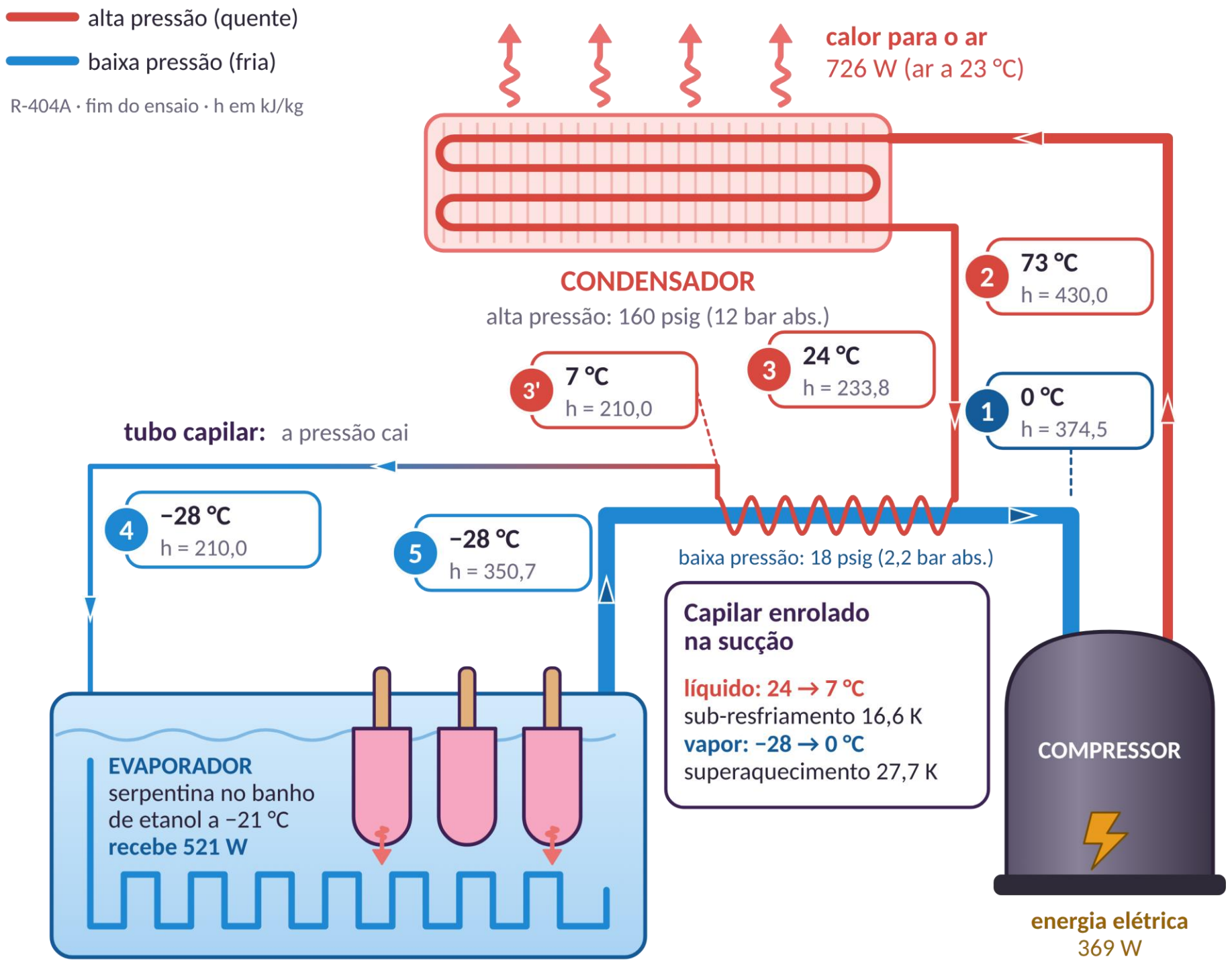
MINISTÉRIO DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA E INOVAÇÃO

SNCT 2026 Ciência Delas

INSTITUTO FEDERAL
Santa Catarina

EXPERIMENTO 3 · CICLO DE REFRIGERAÇÃO

Como a picoleteira “bombeia” calor?



Evaporar rouba calor

Como o álcool que gela a mão: o R-404A ferve a −28 °C e puxa o calor do banho.

A pressão manda

Pressão baixa: ferve a −28 °C. Pressão alta: condensa a +24 °C e solta o calor no ar.

O compressor paga

O calor não vai sozinho do frio para o quente: o compressor gasta energia para levá-lo.

Por que enrolar o capilar na sucção?

Sub-resfriamento: o líquido entra mais frio no capilar e cada kg tira mais calor do banho.
Superaquecimento: o vapor chega ao compressor sem gotas de líquido.

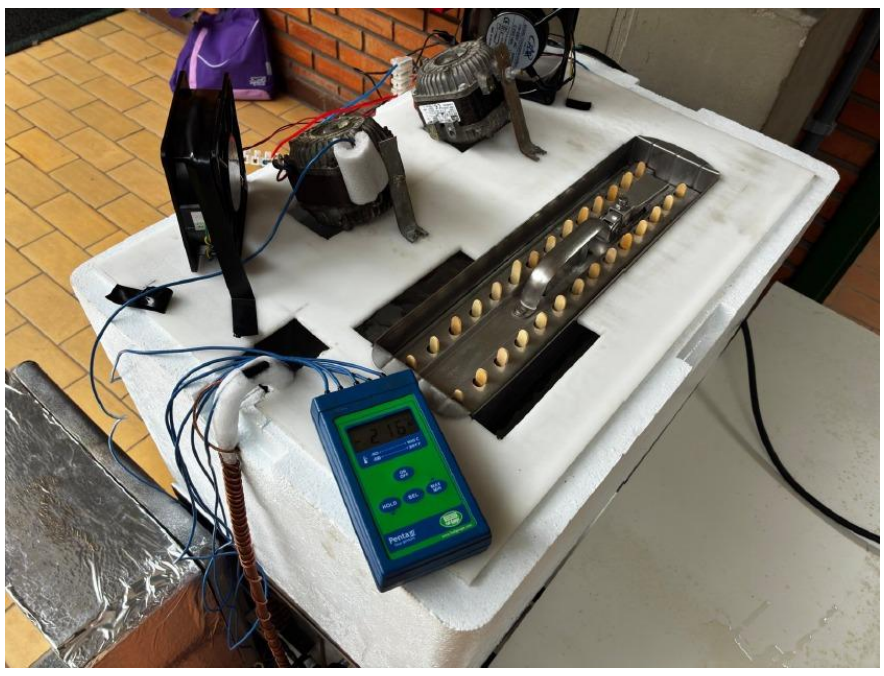
CNPq
MINISTÉRIO DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA E INOVAÇÃO

SNCT 2026 Ciência Delas

INSTITUTO FEDERAL
Santa Catarina

EXPERIMENTO 3 · NOSSAS MEDIÇÕES

O banho esfriou de 12 °C a –21 °C



Nossa bancada: formas de inox, agitadores e termômetro marcando −21,6 °C

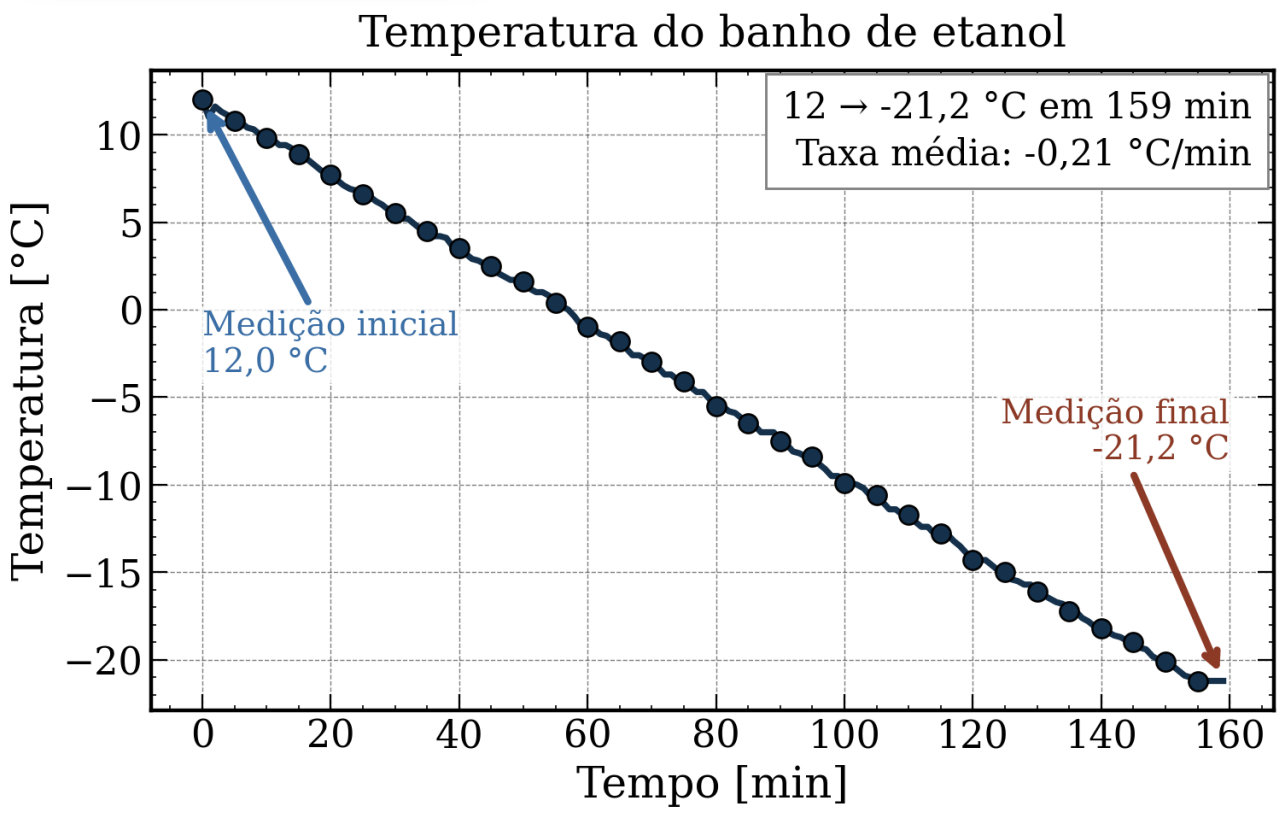
TEMPERATURA DO BANHO DE ETANOL

12,0 → –21,2 °C
em 159 minutos (2 h 39 min)

–0,21 °C/min
ou seja, cerca de 1 °C a cada 5 minutos

O que anotamos: a temperatura do banho, as pressões de alta e baixa no manifold e as temperaturas da descarga e da linha de líquido.

RESULTADO MEDIDO



Medição inicial
banho a 12,0 °C
ciclo azul no P-h

Medição final
banho a –21,2 °C
ciclo vermelho no P-h

Início × fim do ensaio

Grandeza	Início (banho 12 °C)	Fim (banho –21 °C)
Pressão de baixa / alta	108 / 160 psig	18 / 160 psig
Temperatura de evaporação	11,3 °C	−27,7 °C
Superaquecimento	3,8 K	27,7 K
Sub-resfriamento	3,1 K	16,6 K
Vazão de R-404A	68,9 kg/h	13,3 kg/h
COP real	**6,6**	**1,2**

No início o sistema tinha acabado de ligar (pressões ainda se separando): são valores de partida, não de regime.

CNPq

MINISTÉRIO DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA E INOVAÇÃO

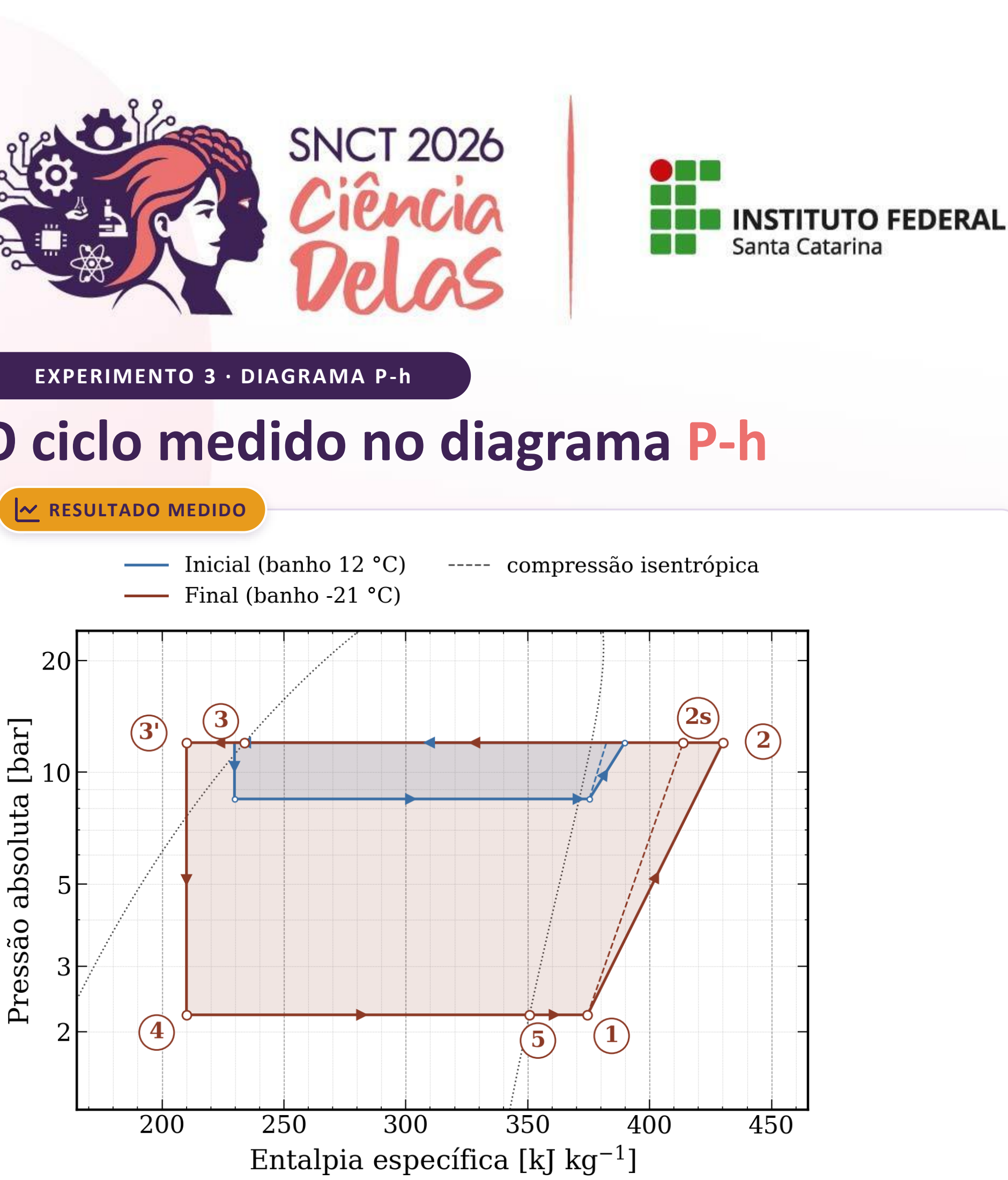
SNCT 2026 Ciência Delas

INSTITUTO FEDERAL
Santa Catarina

EXPERIMENTO 3 · DIAGRAMA P-h

O ciclo medido no diagrama P-h

RESULTADO MEDIDO



1→2	compressão real	3'→4	expansão isentálpica
1→2s	compressão isentrópica	4→5	evaporação
2→3	condensação	5→1	superaquecimento do vapor
3→3'	sub-resfriamento líquido	- ->	calor do líquido p/ o vapor (capilar na sucção)

Tabela de propriedades fim do ensaio (banho −21 °C)

Ponto	Estado	P (psig)	T (°C)	h (kJ/kg)	h alunos	s (kJ/kg·K)	x
1	sucção · vapor superaquecido	18	0,0	374,5	—	1,717	—
2	descarga do compressor	160	72,9	430,0	430	1,765	—
2s	descarga ideal (isentrópica)	160	57,6	413,7	—	1,717	—
3	líquido saturado (condensador)	160	23,8	233,8	—	1,117	0,00
3'	líquido sub-resfriado	160	7,2	210,0	210	1,034	—
4	entrada do evaporador · mistura	18	−27,7	210,0	—	1,051	0,25
5	vapor saturado (evaporador)	18	−27,7	350,7	350	1,625	1,00

Linhas em amarelo: entalpias anotadas pelos alunos, lidas no diagrama com as pressões do manifold e as temperaturas medidas. Os outros valores foram calculados (CoolProp, R-404A).

CNPq
MINISTÉRIO DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA E INOVAÇÃO

SNCT 2026 Ciência Delas

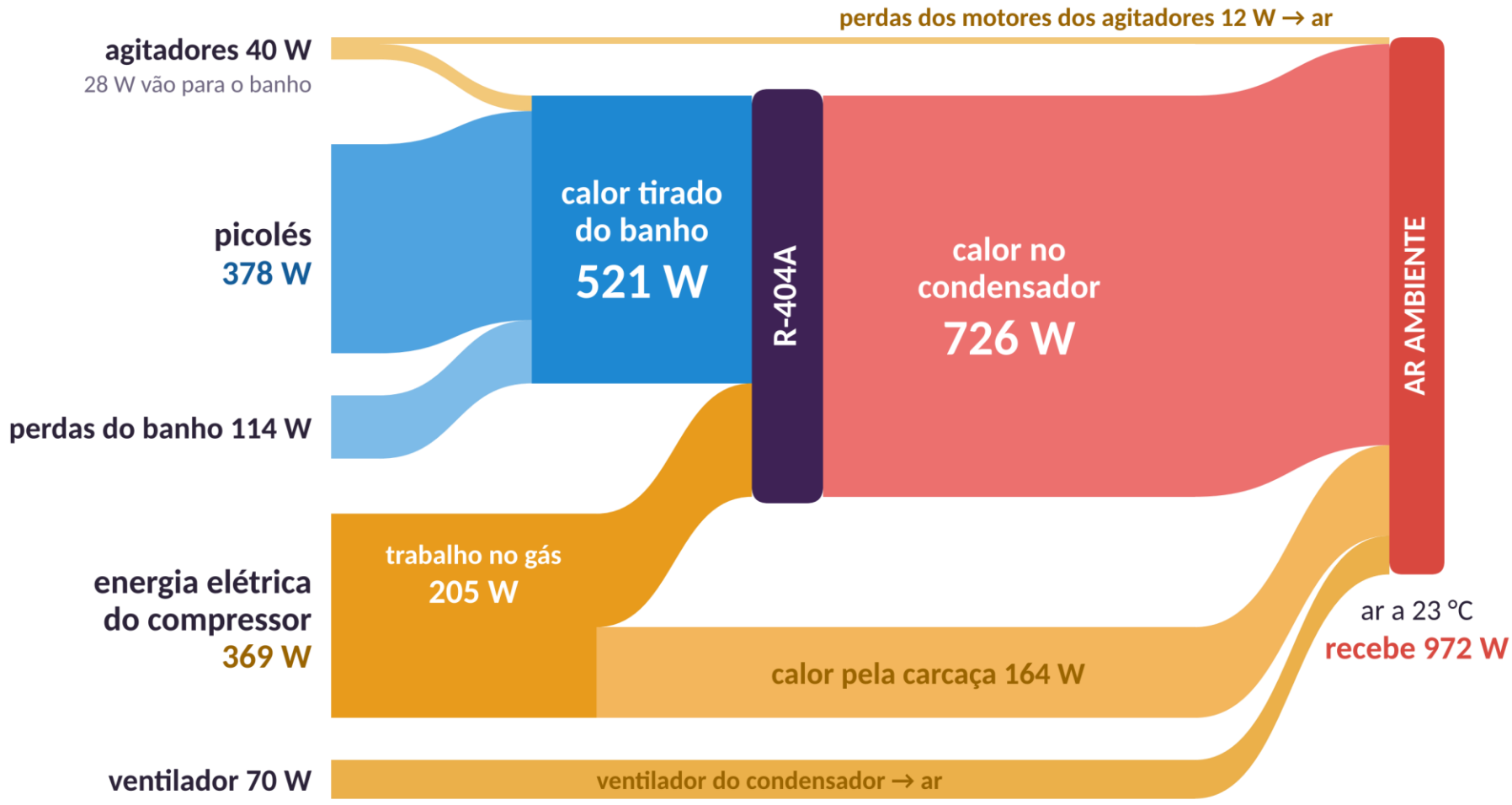
INSTITUTO FEDERAL
Santa Catarina

EXPERIMENTO 3 · ENERGIA E EFICIÊNCIA

Quanto frio sai de cada watt?

COM NOSSOS DADOS

1ª Lei: a energia não some, só muda de lugar



$$Q_{cond} = Q_{evap} + W_{gás} \quad \rightarrow \quad 726\ W = 521\ W + 205\ W$$

Na máquina toda: entram 972 W (calor + 479 W de eletricidade) e saem 972 W para o ar.

COP = o que eu quero ÷ o que eu pago = $Q_{evap} \div W$

Carnot (ideal)

4,8

$T_e \div (T_c - T_e)$

245,4 K ÷ (297,0 − 245,4) K

100% do ideal

Ciclo (entalpias)

2,5

$(h_5 - h_{3'}) \div (h_2 - h_1)$

(350,7 − 210,0) ÷ (430,0 − 374,5)

53% do ideal

Real (equipamentos)

1,2

$Q_{evap} \div (W_{comp} + W_{vent})$

521 ÷ (369 + 70)

25% do ideal

Quanto mais frio, mais caro! Com o banho a 12 °C o COP real era 6,6; com o banho a −21 °C, caiu para 1,2.

CNPq

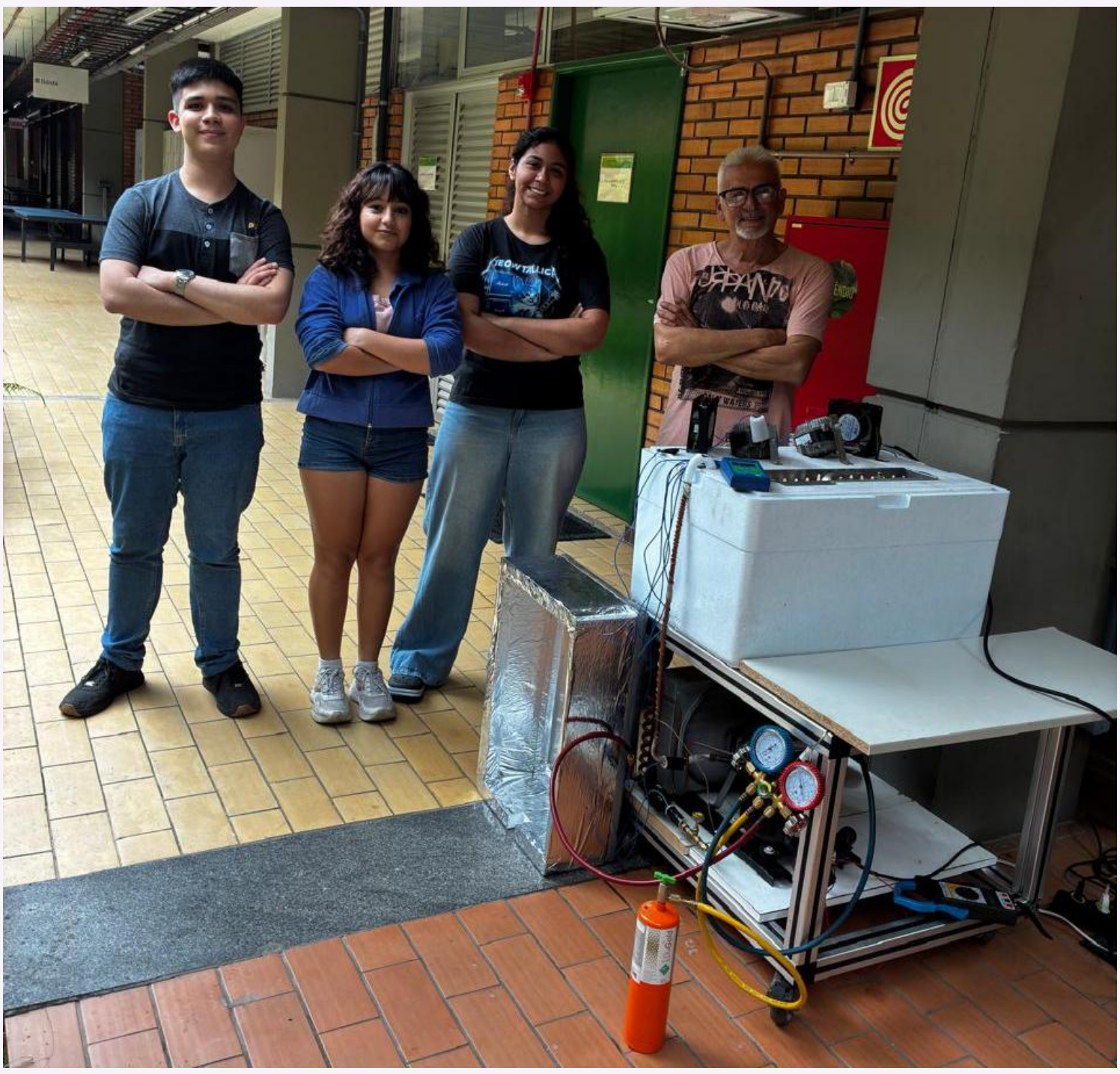
MINISTÉRIO DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA E INOVAÇÃO

SNCT 2026 Ciência Delas

INSTITUTO FEDERAL
Santa Catarina

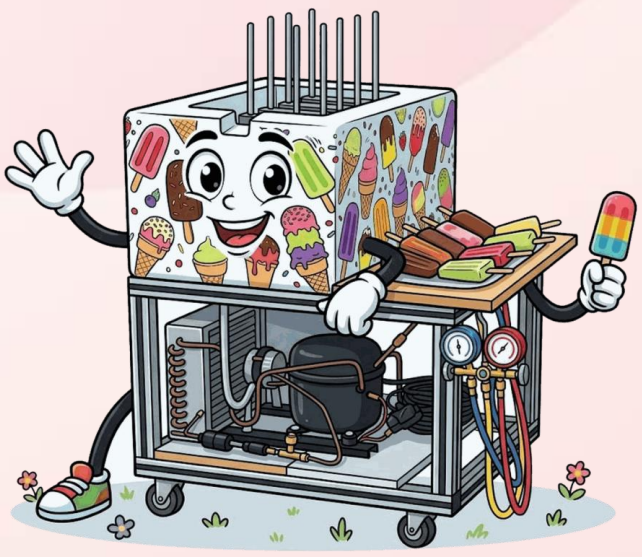
SNCT - 20026

Ciência e Tecnologia feita por estudantes e professores



ESTUDO DOS ESTUDANTES DA 6ª FASE DO

Curso Técnico Integrado em Refrigeração e Ar Condicionado (RAC) · IFSC Câmpus São José



Valeu pela visita!
Viva a refrigeração!

Conheça a Família Frigolino

CNPq

MINISTÉRIO DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA E INOVAÇÃO