

Quais devem ser as temperaturas iniciais para que o sistema entre em equilíbrio em exatos 300K?

Bruno Giudice
Rebecca Cohen

Introdução

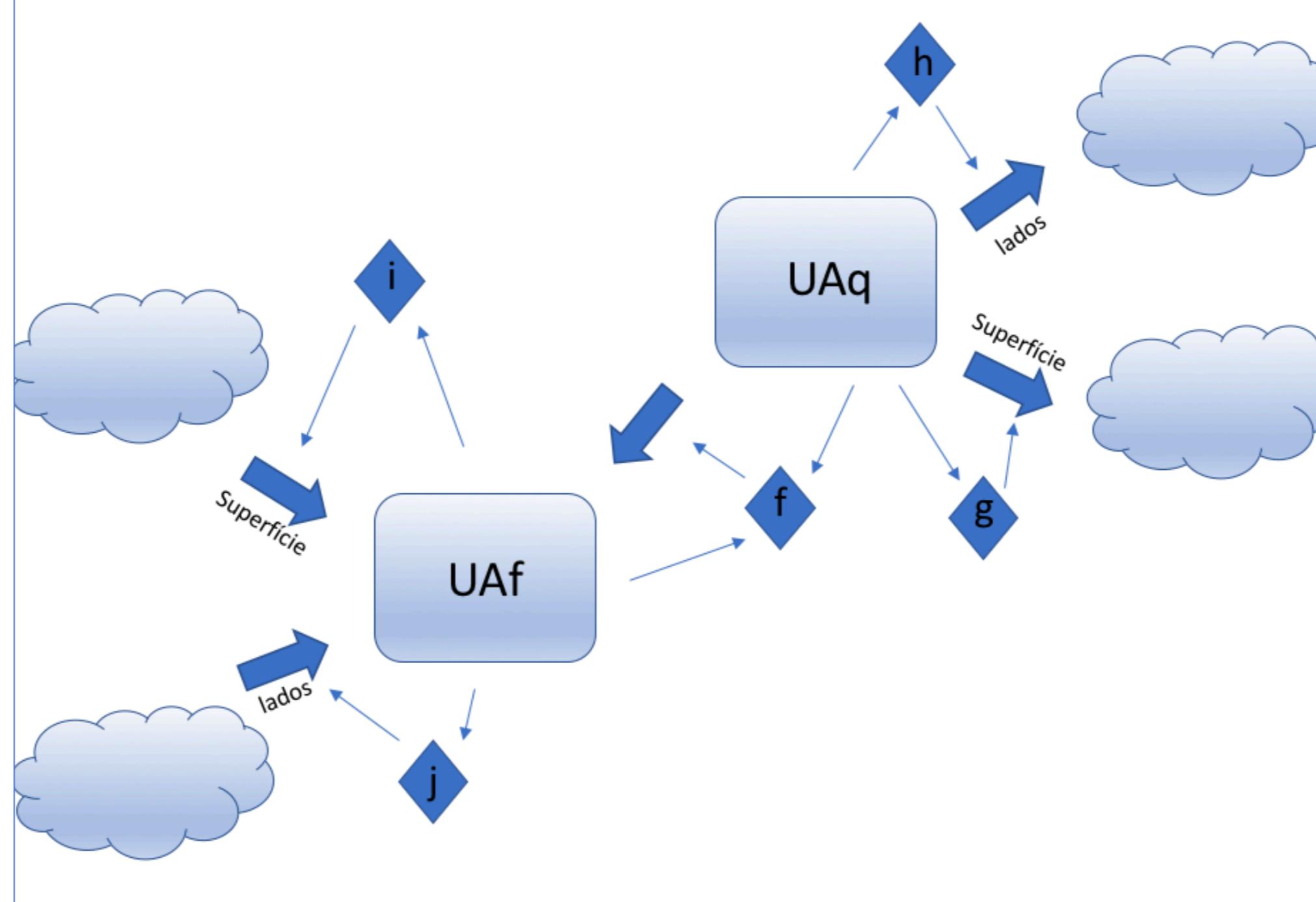
- O Sistema consiste em construir um modelo que gera energia elétrica através de água parada
- Ele funciona com duas latas de água em diferentes temperaturas e uma placa de Peltier entre elas
- A energia elétrica é gerada através da diferença nas temperaturas, por isso primeiramente estudamos e previmos o tempo em que as temperaturas demorariam para entrar em equilíbrio



Parâmetros

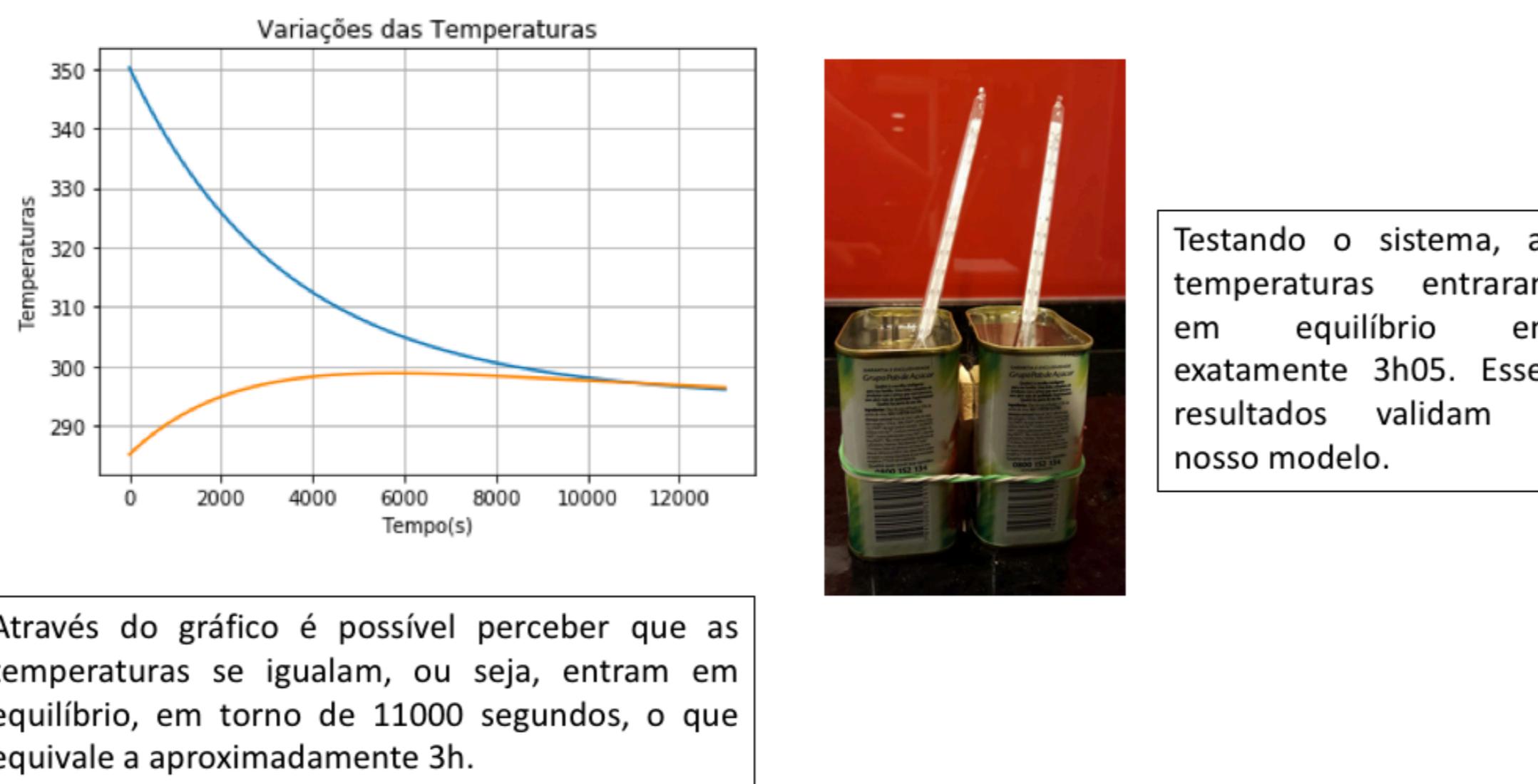
D _p	0,001 m ²	Espessura da lata
D _c	0,038 m ²	Espessura da placa
A _{p1}	0,0055 m ²	Área da parede da lata
A _{p1}	0,0036 m ²	Área das paredes laterais da lata
A _c	0,009 m ²	Área da placa
A _s	0,0028 m ²	Área da superfície
m _q	0,2 kg	Massa da água quente
m _f	0,2 kg	Massa da água fria
c	4200 J/kg.K	Calor específico da água
T _a	300,15 K	Temperatura Ambiente
K _p	109 W/m.K	Condutância térmica da lata
K _c	0,15 W/m.K	Condutância térmica da cerâmica
H	10 W/m ² .K	Coeficiente de transferência térmica
T _q	373,15 K	Temperatura da água quente
T _f	273,15 K	Temperatura da água fria

Modelo de Estoques e Fluxos

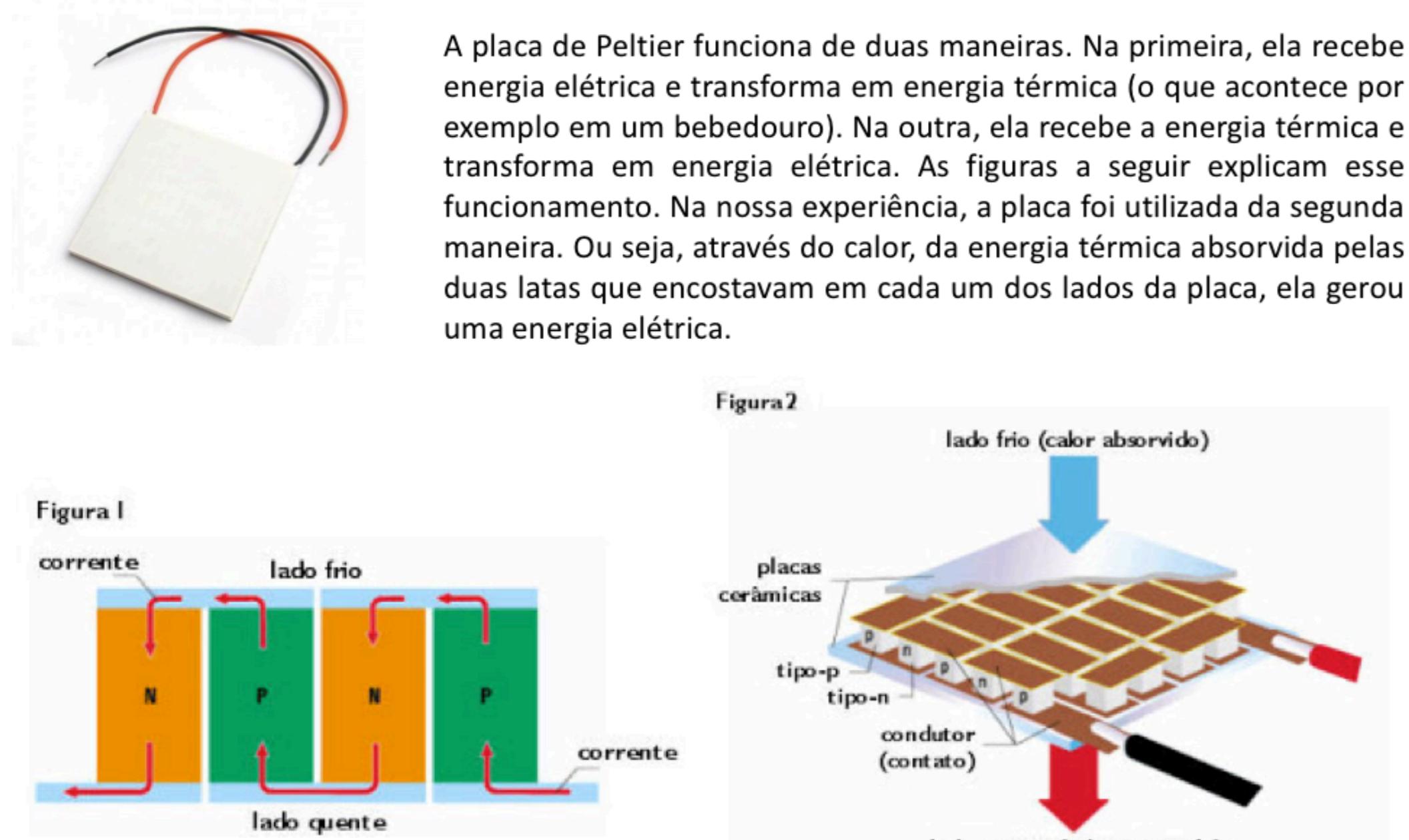


Validação

Para validar o modelo, mudamos alguns dos parâmetros e testamos o sistema experimentalmente. Usamos um azulejo para "simular" a placa de Peltier, e calculamos em quanto tempo as águas entraram em equilíbrio. Os novos parâmetros foram: D_c = 0,005 m²; A_c = 0,00125 m²; T_q = 350,15 K; T_f = 285,15 K; T_a = 294,15 K.



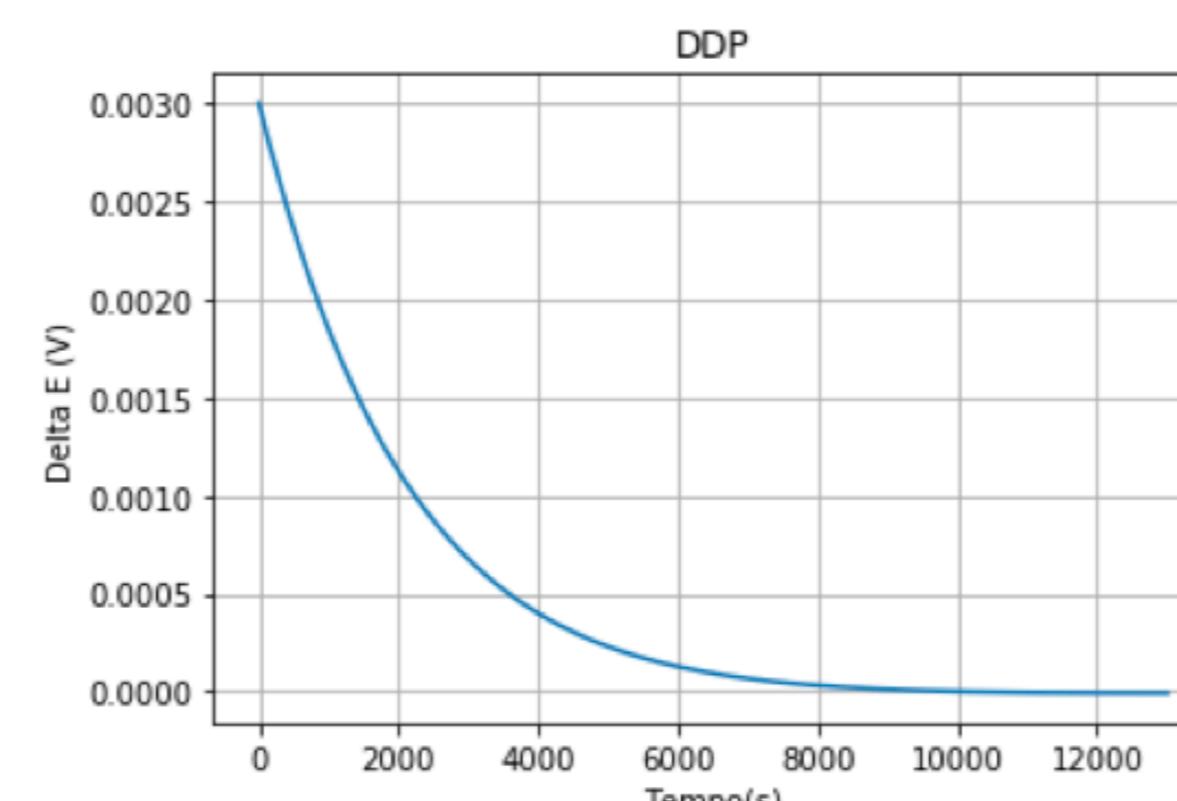
Introdução Parte Elétrica



Parte Elétrica

$$S = -\frac{\Delta E}{\Delta T}$$

A fórmula determina que o coeficiente de Seebeck (S) é igual ao ΔE (que podemos admitir que é a ddp do sistema) dividido pelo ΔT (temperatura) das águas. Ou seja, enquanto houver uma diferença de temperaturas, haverá uma ddp no sistema. O S do Bi₂Te₃ (telureto de bismuto), material que "recheia" as placas de cerâmica e é responsável pela geração da corrente elétrica, é -30 μ V/K.



Pela fórmula e pelo gráfico, é possível perceber que a voltagem produzida pelo sistema é muito baixa. Para gerar uma voltagem alta, precisaríamos de um delta de temperatura gigante, o que é impossível gerar experimentalmente. Outra maneira seria armazenar toda essa energia produzida e depois descarregá-la de uma vez.

Equações Diferenciais

$$\frac{dUAq}{dt} = \frac{1}{mq.c} \left[-(H.As.(Tq - Ta)) - \left(\frac{(Tq - Ta)}{Kp.Ap1 + H.Ap1} \right) - \left(\frac{2.(Tq - Ta)}{Kp.Ap2 + H.Ap2} \right) \right]$$

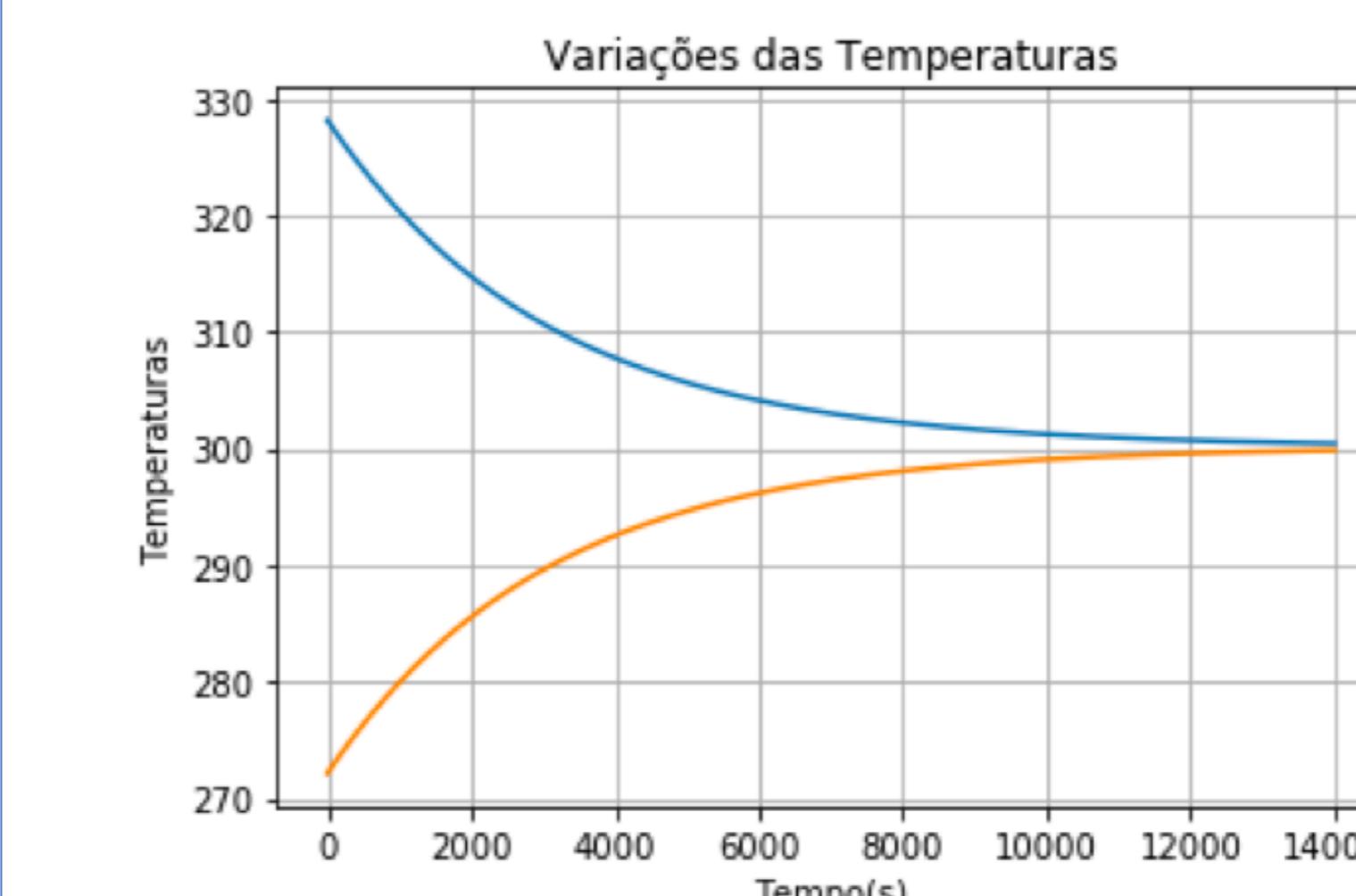
$$- \left(\frac{(Tq - Tf)}{Kp.(Ap1 - Ac) + H.(Ap1 - Ac)} \right) - \left(\frac{(Tq - Tf)}{Kp.Ac + Kc.Ac + Kp.Ac} \right)$$

$$\frac{dUAf}{dt} = \frac{1}{mf.c} \left[(H.As.(Ta - Tf)) + \left(\frac{(Ta - Tf)}{Kp.Ap1 + H.Ap1} \right) + \left(\frac{2.(Ta - Tf)}{Kp.Ap2 + H.Ap2} \right) \right]$$

$$+ \left(\frac{(Ta - Tf)}{Kp.(Ap1 - Ac) + H.(Ap1 - Ac)} \right) + \left(\frac{(Tq - Tf)}{Kp.Ac + Kc.Ac + Kp.Ac} \right)$$

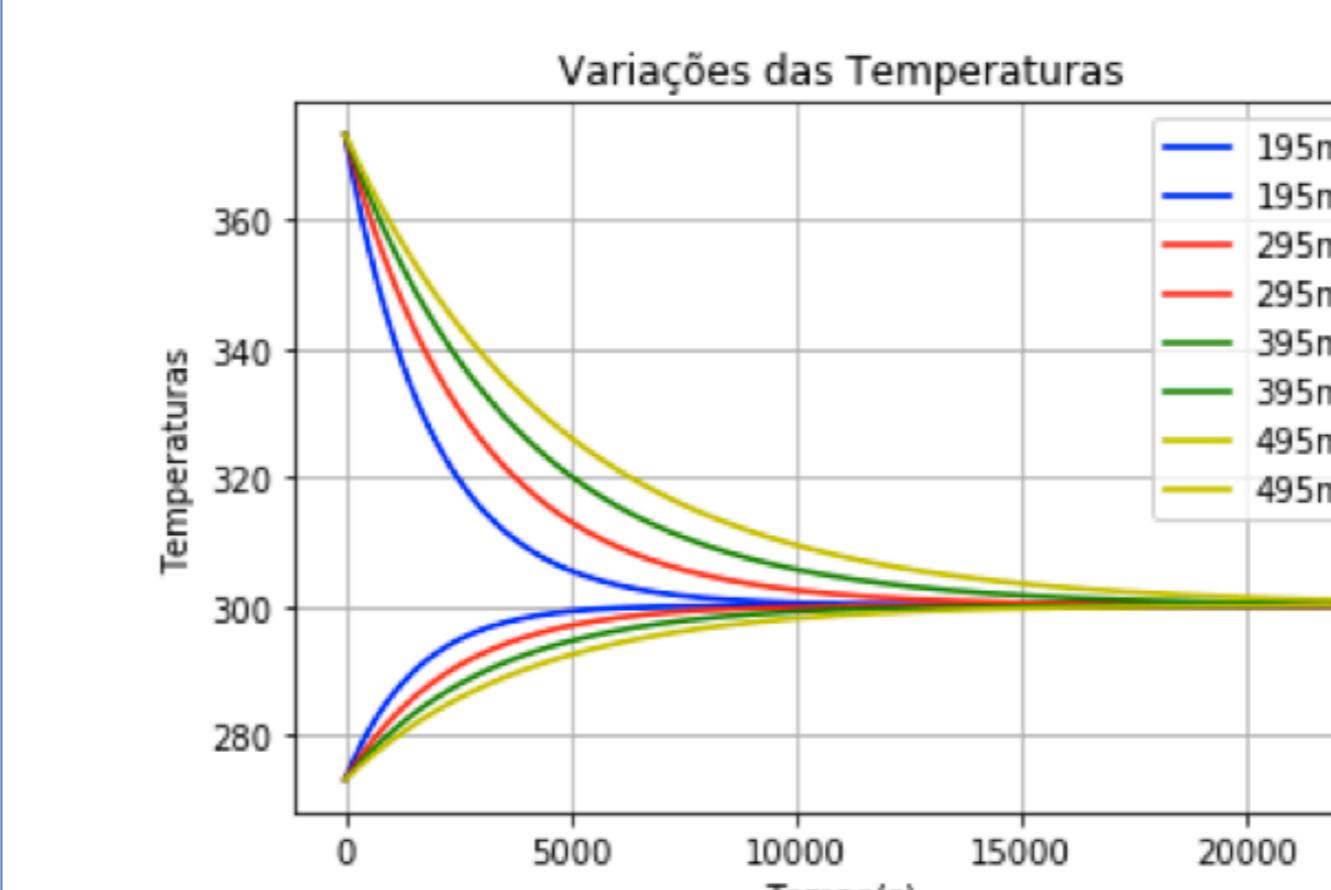
Respondendo a Pergunta

Após a validação do modelo e correção de parâmetros, foi gerado o seguinte gráfico de variações de temperatura. Para que o sistema entrasse em equilíbrio em exatos 300K, a temperatura inicial das águas deveria ser de 327,85K e 272,15K.



Análise de Sensibilidade

Para fazer uma análise de sensibilidade, consideramos uma lata maior (de capacidade para 495ml) e medimos o tempo de equilíbrio para massas de 195ml, 295ml, 395ml, e 495ml. As dimensões da lata são de 15x7,5x4,4 cm. O gráfico a seguir foi gerado.



Referências/Fontes

- <http://www.manualdomundo.com.br/2015/06/como-gerar-energia-so-com-agua-gerador-termoeletrico/>
- https://pt.wikipedia.org/wiki/Efeito_Seebeck
- <http://www.peltier.com.br/>
- <http://mecatronicahojie.blogspot.com.br/2011/06/modulo-celula-de-peltier-ou-pastilhas.html>
- http://www.engineeringtoolbox.com/thermal-conductivity-d_429.html
- http://www.engineersedge.com/heat_transfer/convective_heat_transfer_coefficients_13378.htm