

Modelagem de um sistema de concreto ao ar livre

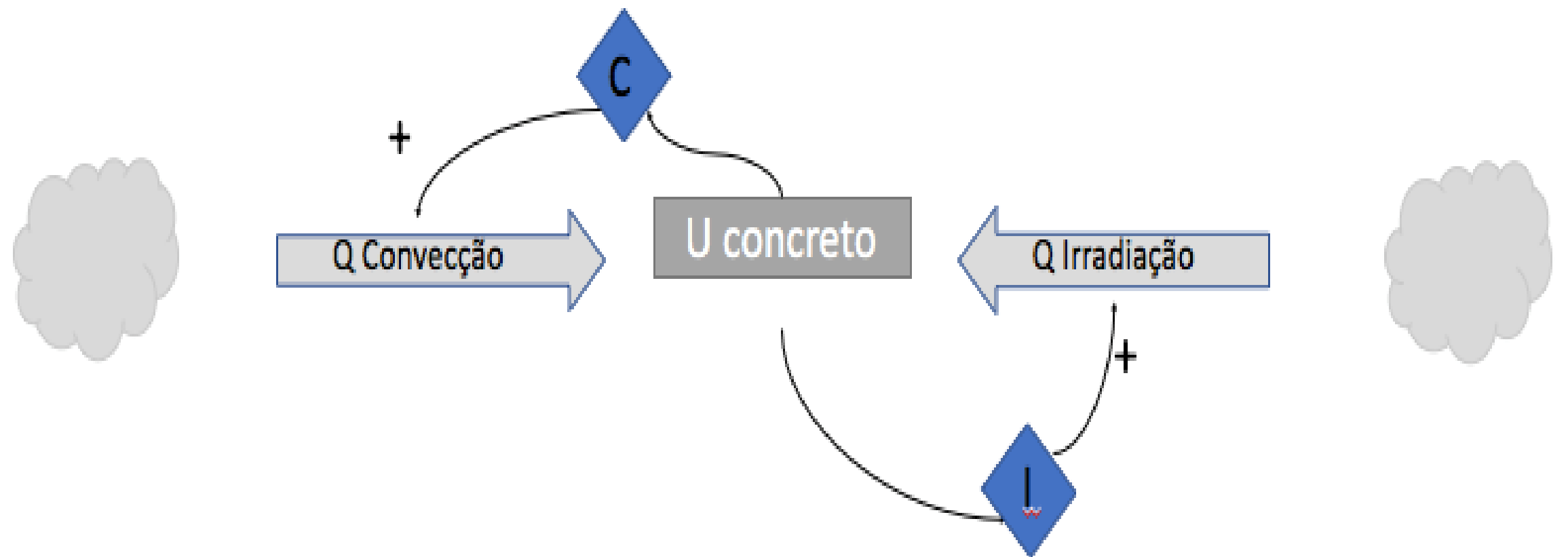
Alunos: Kaique Dognani e Dennis Zaramelo Felex - Professor: Fabio Hage - Turma: 1C

1 - Problema

Um vão de 2m² foi preenchido por concreto e deixado ao ar livre. Considerando os fluxos de calor resultantes da convecção térmica com o ar local e da radiação solar incidente, como o calor específico do material afetaria a temperatura do concreto ao longo de 12h?

2 - Nosso Modelo:

Nosso problema pode ser representado pelo diagrama de estoques e fluxos abaixo, em que a energia interna do material é o elemento a ser analisado:



Legenda:

Função C: Função que rege o fluxo de calor por convercção térmica

Função I: Função que rege o fluxo de calor por irradiação térmica

3 - Equação Diferencial:

A partir do modelo de estoques e fluxos (Imagem 1) e de leis termodinâmicas, chegou-se a uma equação diferencial que monitora a temperatura do material:

$$(1) \quad \frac{dT_c}{dt} = \frac{1}{m \cdot c} \cdot \left(\frac{(T_c - T_a)}{(h \cdot A)} + e \cdot i \cdot A \right)$$

Em que:

T_c: Temperatura do Concreto [K]

t: Tempo [s]

m: Massa do concreto [kg]

c: Calor específico do concreto [J/kgK]

T_a: Temperatura ambiente [K]

h: coeficiente da lei de resfriamento de Newton [W/m²K]

A: Área do concreto exposta ao ambiente [m²]

e: eficiência do corpo na absorção de radiação, em %

i: Radiação incidente [W/m²]

Resumo

O concreto chama a atenção por sua utilidade em construções em geral. Isso nos motivou a pesquisar sobre como o concreto se comporta após seu despejo na área de interesse. Nesse trabalho, buscamos monitorar a temperatura do material, analisando o efeito de uma de suas propriedades: o calor específico.

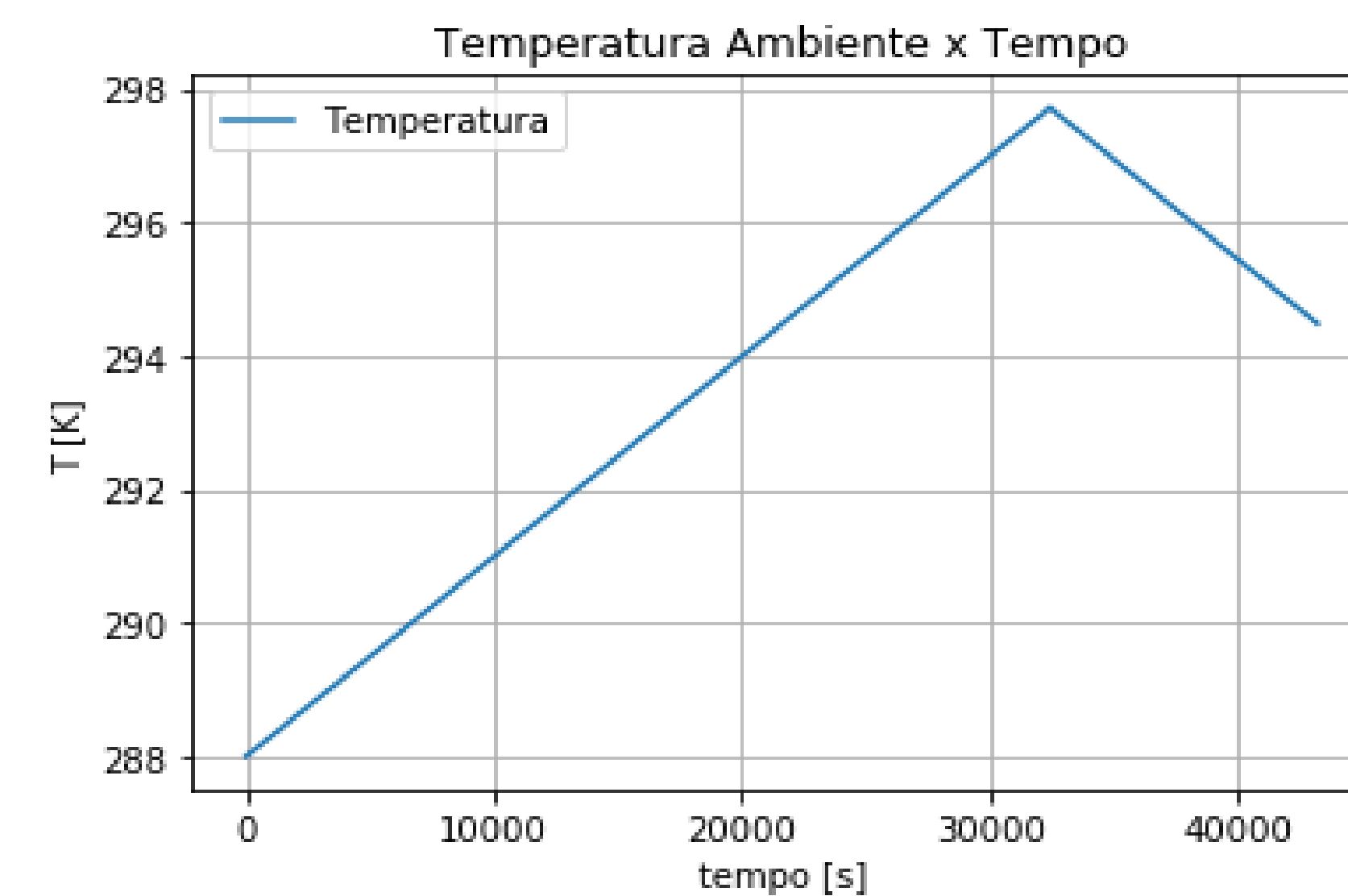
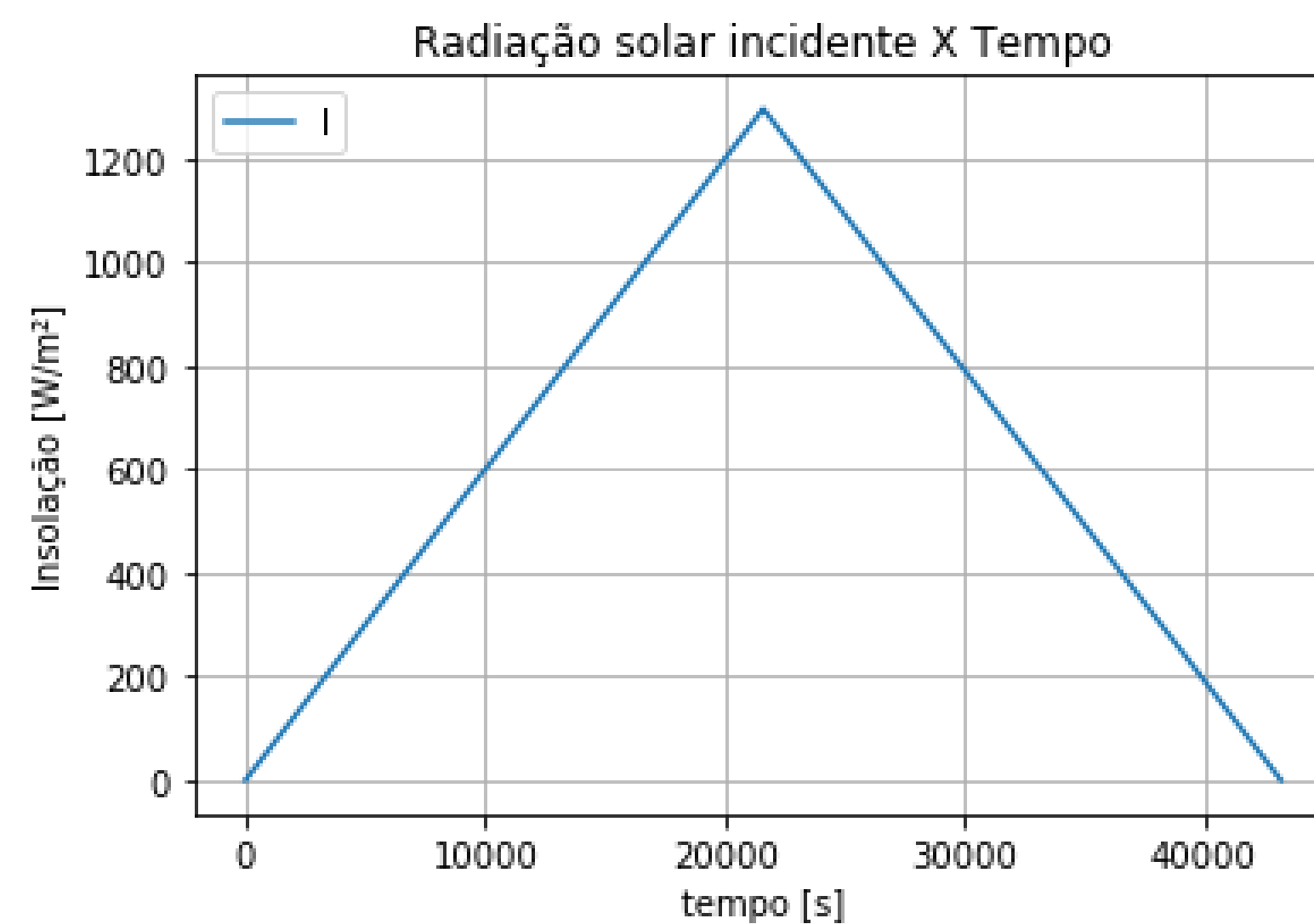
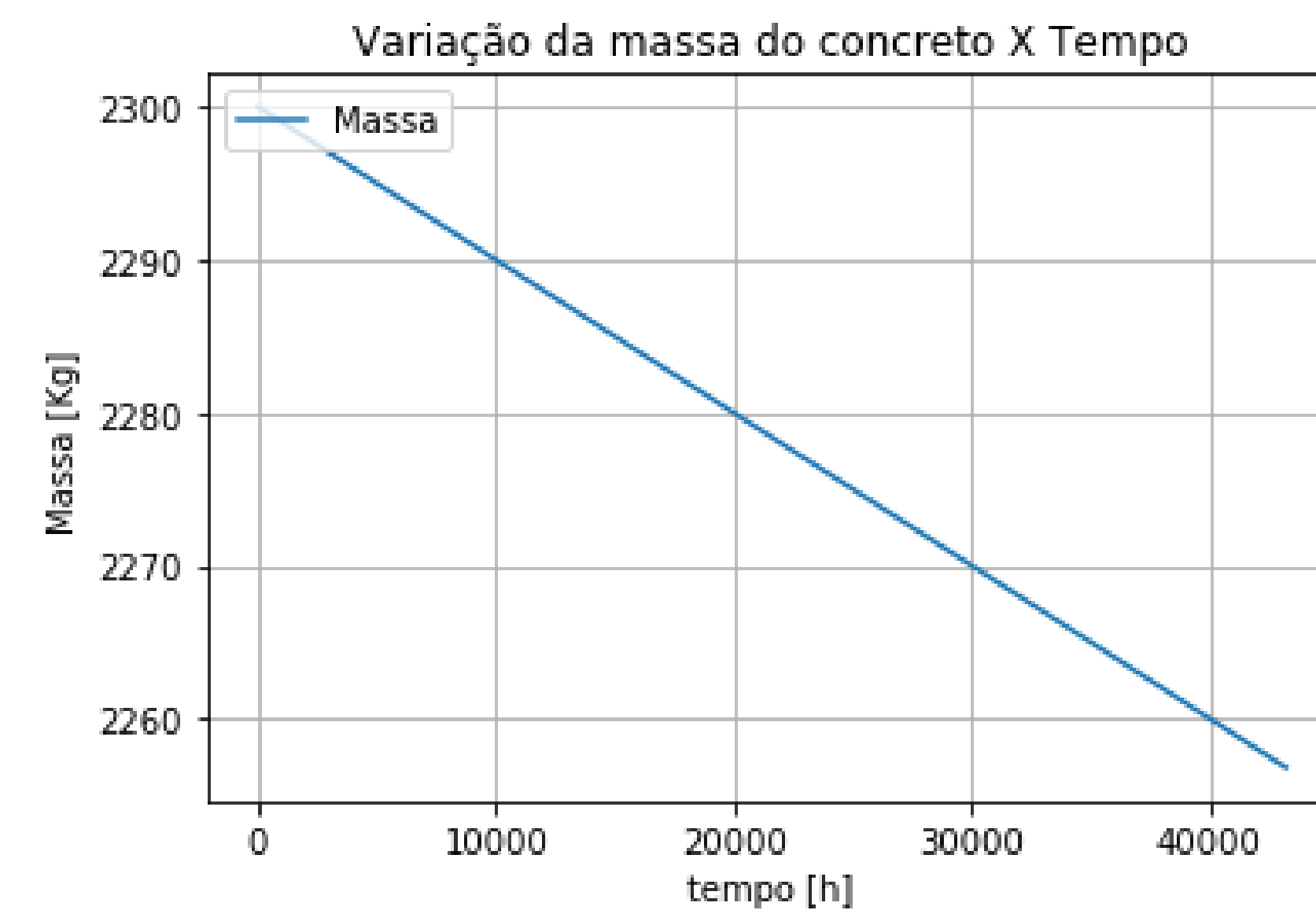
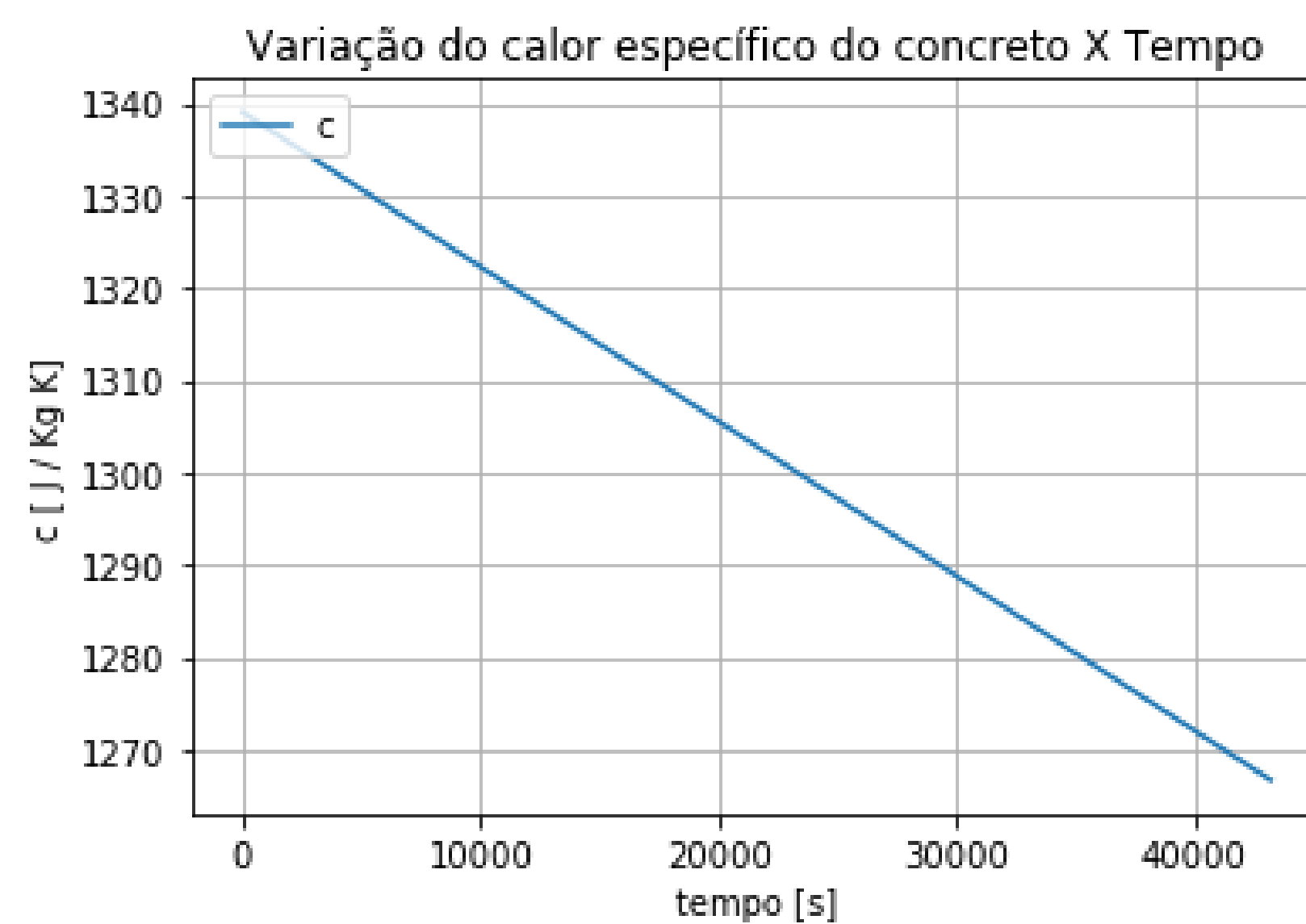
4 – Validação do Modelo:

O modelo apresenta limitações, ou seja, características foram desconsideradas para simplificação do sistema, entre elas a massa do concreto e seu calor específico, que variam linearmente de acordo conforme o decorrer das 12h. A insolação varia conforme a hora do dia linearmente, sendo menor no começo do dia e ao final do mesmo e máxima no meio do dia, assim como a temperatura ambiente também varia. Foram desconsideradas reações químicas presentes no concreto fresco (em forma de gel) e no concreto já seco, (em que sua forma contém os três estados da matéria). O concreto aquece/esfia uniformemente e a evaporação de água está inserida na perda de massa do sistema no decorrer do tempo.

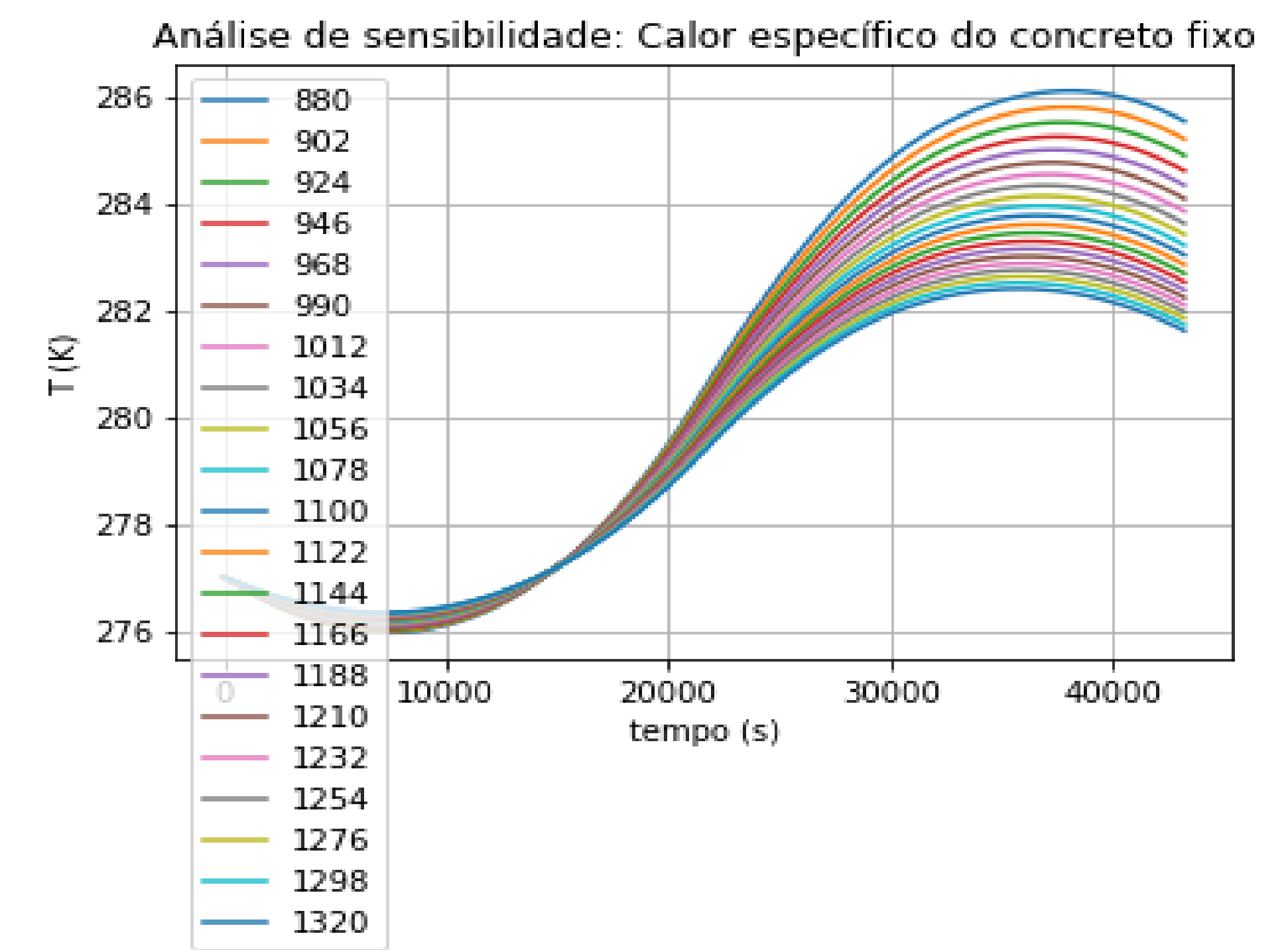
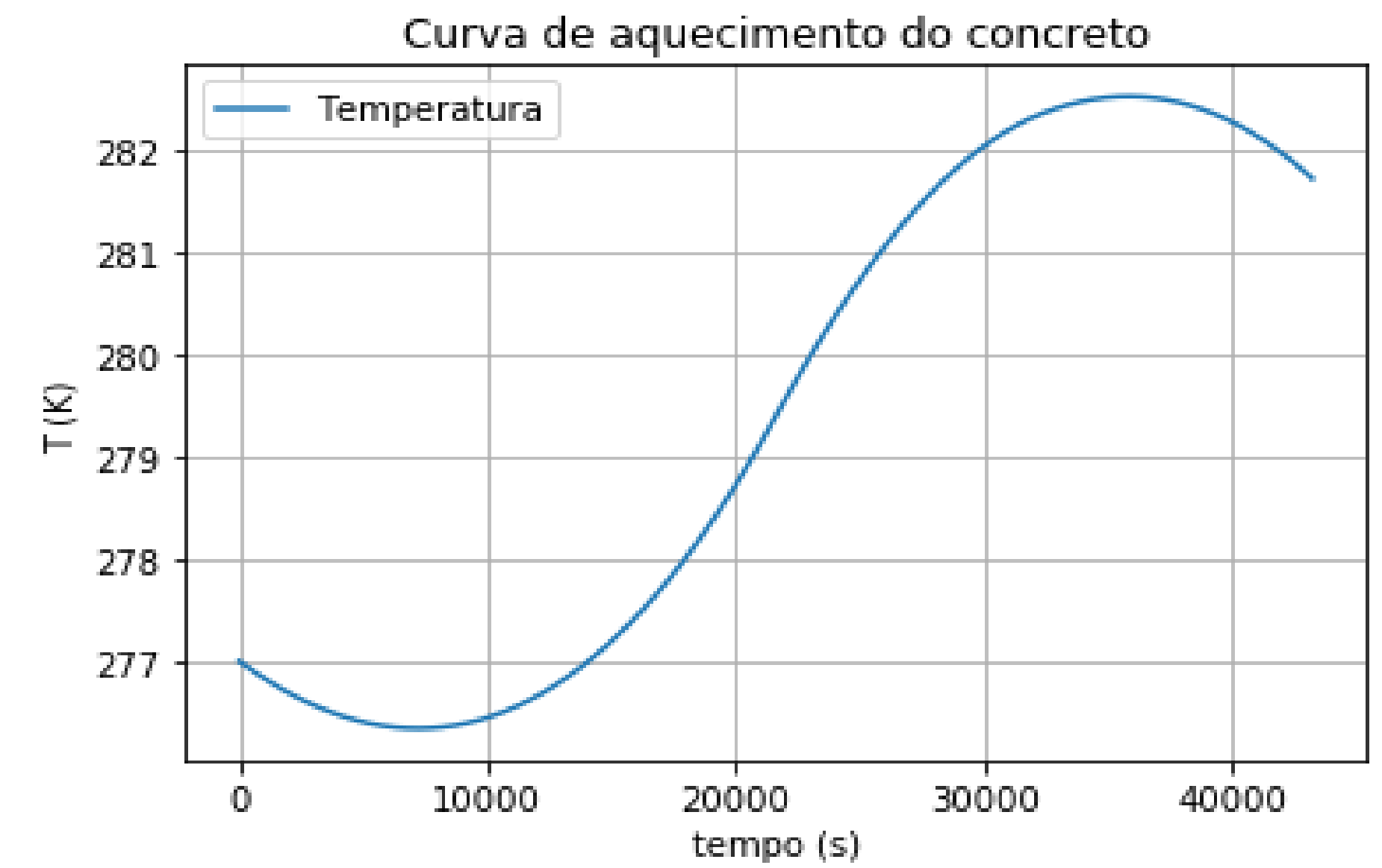
Mesmo com tais limitações o modelo demonstra um comportamento plausível, em que seu aquecimento acontece nas "horas quentes" do dia, variando somente na margem da temperatura ambiente estabelecida, assim como seu resfriamento nas horas do dia com baixa irradiação solar e temperaturas mais amenas.

5 – Gráficos:

Os gráficos abaixo revelam o que foi dito no tópico 4 e como o concreto se comportou ao longo do tempo. Os valores de calor específico, incidência solar e o coeficiente de resfriamento utilizada na lei de Newton foram retiradas dos estudos que estão na bibliografia.



Resultados



6 – Conclusão:

A partir do modelo, equações e gráficos obtidos, pode-se dizer que uma variação do calor específico do material influencia na temperatura do sistema. O ideal é que o calor específico seja o menor possível, para que a massa perca temperatura mais facilmente (altas temperaturas contidas na massa por muito tempo poderá afetar a resistência do produto final). O comportamento das curvas na análise de sensibilidade confirmam a afirmação acima.

Como uma próxima iteração a este modelo, pode-se incluir uma fórmula que descreve a taxa de evaporação de água ou até mesmo incluir o calor proveniente das reações químicas existentes no gel de concreto.

Referências

SCHOFFEL, Edgar Ricardo. "Radiação Solar". Disponível em: http://onwy.electbest.com.br/laneladofruticultor/artigos/download/04_TXT_RAD_SOL_COMPILA_ROMERA_2010/RADSQL.pdf Último acesso em: 1 de maio de 2017

NETO, Carlos Boabaid."Transferência de Calor", Vol.1, parte 3. IFSC. 2010. Disponível em: http://wiki.sj.ifsc.edu.br/wiki/images/f/fe/Apostila_TCL_2010_Parte_3.pdf Último acesso em: 1 de maio de 2017

CARNEIRO, Guilherme. V. H. S., GIL, Leonardo K. S., NETO, P. C. "Calor de Hidratação no Concreto". UFG. 2011. Disponível em: https://www.eec.ufg.br/up/140/o/CALOR_DE_HIDRATA%C3%A7%C3%A3O_NO_CONCRETO.pdf Último acesso em: 1 de maio de 2017

"An Experimental Investigation on Thermal Properties of immature Concrete". 6ª CSECM, Sri Lanka, 2015. Disponível em: http://www.civil.mrt.ac.lk/conference/ICSECM_2015/book_2/Extract/SECM-15-038.pdf Último acesso em: 1 de maio de 2017