

Modelagem do Sistema de Resposta Inflamatória por meio de Equações Diferenciais Ordinárias

Rodrigo José Zonzin

12 de novembro de 2024

Resumo

Your abstract.

1 Introdução

2 Metodologia

2.1 Modelagem Matemática

2.1.1 Definição do Modelo inicial

A Figura 1 apresenta o diagrama de resposta inflamatória a uma ferida cutânea. De acordo com o modelo, as variáveis $TD(t)$, $N(t)$ e $CH(t)$ representam o dano tecidual, a concentração de neutrófilos e a concentração de citocinas pró-inflamatórias, respectivamente, em função do tempo.

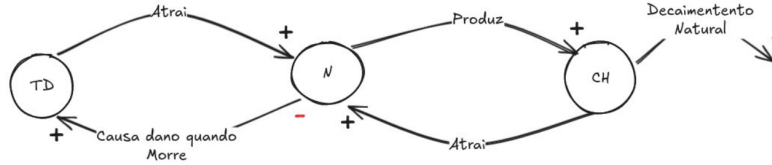


Figura 1: Modelo

Para o dano tecidual, o modelo é positivamente impactado pela concentração de neutrófilos mortos. Matematicamente, esse comportamento é descrito pela variável $N(t)$ multiplicada por um coeficiente α , como na Equação 1.

$$\frac{dTD(t)}{dt} = \alpha N(t) \quad (1)$$

A concentração de neutrófilos é dada em termos de todas as variáveis do modelo. O dano tecidual atrai a resposta inflamatória, aumentando a concentração de neutrófilos no local da ferida. Esse comportamento é mapeado pelo coeficiente β . Além disso, as citocinas pró-inflamatórias aumentam a concentração de $N(t)$ por um fator γ . Por outro lado, a morte celular de $N(t)$ deve diminuída do valor corrente de $N(t)$ na mesma proporção que é acrescida em $TD(t)$

$$\frac{dN(t)}{dt} = \beta TD(t) + \gamma CH(t) - \alpha N(t) \quad (2)$$

Para a concentração de citocinas pró-inflamatórias, considera-se a produção induzida por $N(t)$ na região considerada (controlada pelo coeficiente ρ). De forma semelhante, o decaimento natural das citocinas é controlado pelo coeficiente σ .

$$\frac{dCH(t)}{dt} = \rho N(t) - \sigma CH(t) \quad (3)$$

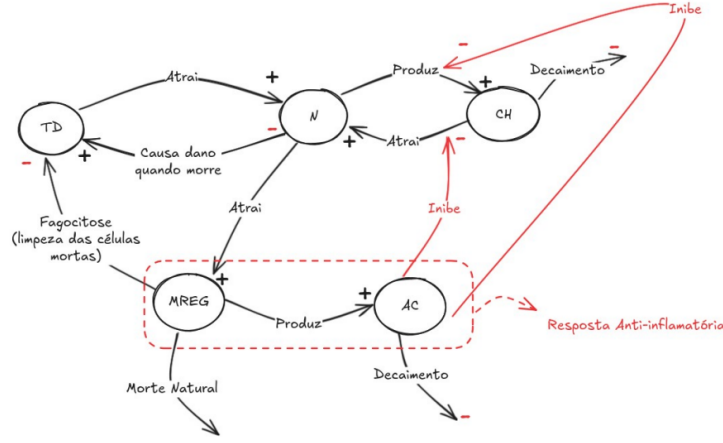


Figura 2: Modelo com resposta inflamatória

2.1.2 Análise de Modelo Inicial

2.1.3 Modelo com resposta anti-inflamatória

$$\frac{dT D(t)}{dt} = \alpha N(t) - u_{reg} M(t) \quad (4)$$

$$\frac{dN(t)}{dt} = \beta T D(t) + \frac{\gamma CH(t)}{(1 + \mu_A A(t))} - \alpha N(t) \quad (5)$$

$$\frac{dCH(t)}{dt} = \frac{\rho N(t)}{(1 + \mu_A A(t))} - \eta_{CH} CH(t) \quad (6)$$

$$\frac{dM(t)}{dt} = v N(t) - \eta_M M(t) \quad (7)$$

$$\frac{dA(t)}{dt} = w_{reg} M(t) - \eta_A A(t) \quad (8)$$

FALTA TERMINAR AS RELAÇÕES DE INIBIÇÃO NOS TERMOS DA EQUAÇÃO!!!!

2.2 Estratégias de simulação computacional

Para a resolução dos sistemas de EDOs, utilizou-se o método de Runge-Kutta de quarta ordem (RK4). O método para um PVI é descrito como segue.

$$\begin{cases} \frac{dy}{dt} = f(t, y) \\ y(t_0) = y_0 \end{cases} \quad (9)$$

Podemos deduzir as equações para y como segue.

$$y_{n+1} = y_n + h/6(k_1 + k_2 + k_3 + k_4) \quad (10)$$

$$t_{n+1} = t_n + h \quad (11)$$

onde os coeficientes k_1, \dots, k_4 são dados por:

$$\begin{aligned} k_1 &= f(t_n, y_n) \\ k_2 &= f(t_n + h/2, y_n + h/2 k_1) \\ k_3 &= f(t_n + h/2, y_n + h/2 k_2) \\ k_4 &= f(t_n + h, y_n + h k_3) \end{aligned}$$

3 Resultados

4 Conclusão

Referências