

# Exercício 4 de Controle de Processo

Disciplina: Técnicas de Controle de Processos Industriais

Aluno: Gabriel Becker

Matrícula: 2013075965

## 1) Função de Transferência Discretas

$$\begin{aligned} \frac{G(s)}{s} &= \frac{-0,05485}{6,726s + 0,0003837} & \frac{G(s)}{T_F} &= \frac{2,392e^{-7}}{6,726s + 0,0003837} & \frac{G(s)}{p} &= \frac{0,0003837}{6,726s + 0,0003837} \\ \frac{G(s)}{s} &= \frac{-0,0082}{s + 5,7e^{-5}} & \frac{G(s)}{T_F} &= \frac{3,5563e^{-8}}{s + 5,7e^{-5}} & \frac{G(s)}{10} &= \frac{5,7e^{-5}}{s + 5,7e^{-5}} \\ t_{av} &= 1752s & T &\leq 1752s/2 & T &\approx 60 \\ G_d(z) &= \left(\frac{z-1}{z}\right) \frac{z(1-e^{-aT})}{(z-1)(z-e^{-aT})} & 1-e^{-aT} &= 0,0034 & e^{-aT} &\approx 0,9966 \\ \frac{G(z)}{s} &= \frac{-0,0082/5,7e^{-5} \cdot 0,0034}{z - 0,9966} & \frac{z d}{\text{no}} &= - & \frac{0,4801}{z - 0,9966} \\ \frac{G(z)}{T_F} &= \frac{3,5563e^{-8}/5,7e^{-5} \cdot 0,0034}{z - 0,9966} & &= & \frac{2,13e^{-6}}{z - 0,9966} \\ \frac{G(z)}{p} &= \frac{0,0034}{z - 0,9966} \end{aligned}$$

Escolhi o amostrador de 60 segundos pois a função de transferência é muito lenta ( $\tau > 5h$ ). Me pareceu uma escolha razoável.

## 2) DMC

Dedução da equação de diferenças e da equação de diferenças genérica (para uma função de transferência de ordem arbitrária).

$$y(1 - 0,9960z^{-1}) = r(0,003417z^{-1})$$

$$y[k] - 0,9966y[k-1] = 0,003417u[k+1]$$

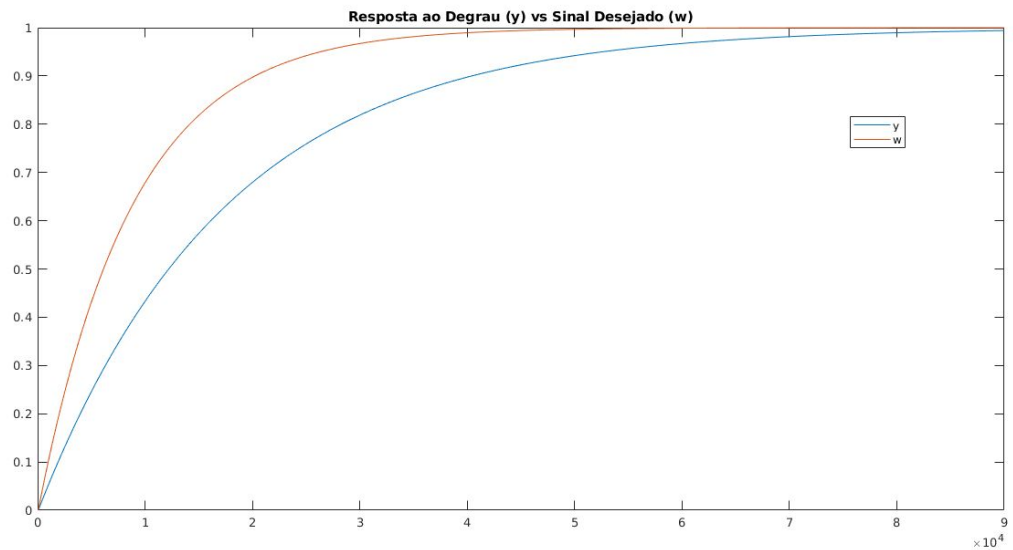
$$y[k] = 0,9966y[k-1] + 0,003417u[k-1]$$

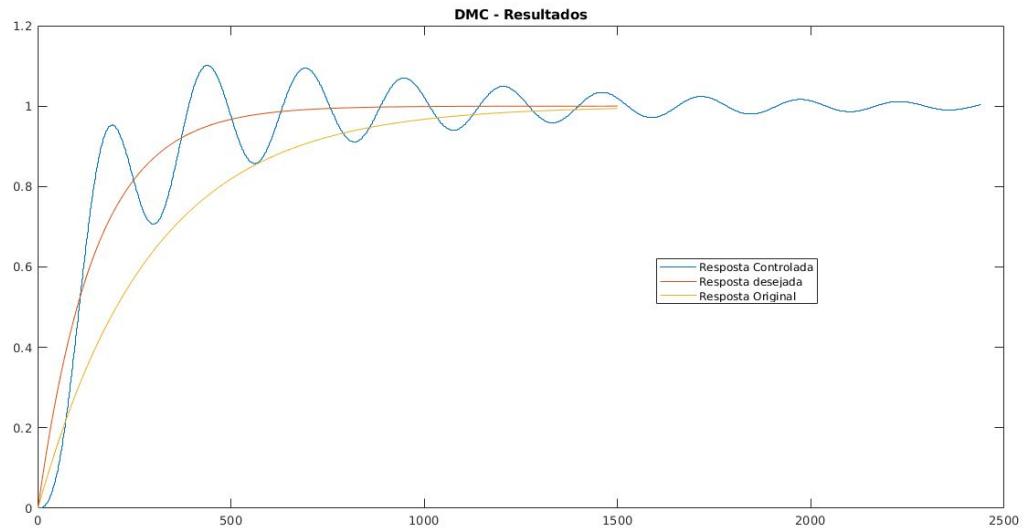
$$y[k] = -A[2:na] \cdot \underset{k-1-nb:k-1}{\text{flip}(y[1:k-1])} + B \cdot \text{flip}(u[1:k-1])$$

$$a_1 y_{k-1} + a_0 y_k = b_1 u_{k-1} + b_0 u_k$$

$$a_0 y_k = -a_1 y_{k-1} + b_1 u_{k-1} + b_0 u_k$$

$$-A[2:] \cdot \text{flip}(y[1:end+1]) + B \cdot \text{flip}(u[end-nb:end])$$



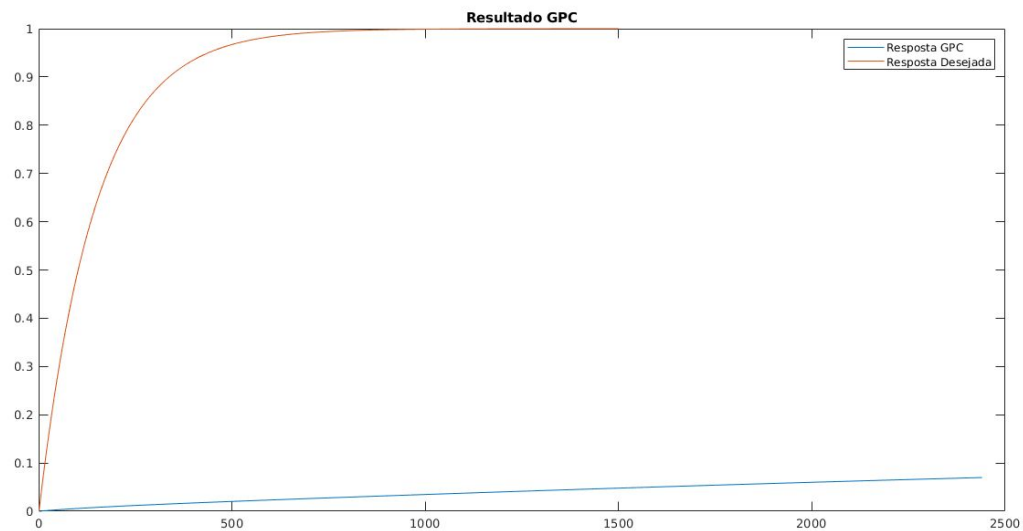


Apesar de ter acelerado a resposta do sistema, o acréscimo de uma oscilação prejudica o seu desempenho e o piora em regime permanente. Isso provavelmente é devido a alguma falha na implementação do DMC cujo código está presente no arquivo `dmc_normal_resultado.m`.

### 3) GPC

Dedução das matrizes do GPC (A-til, G, F, f)

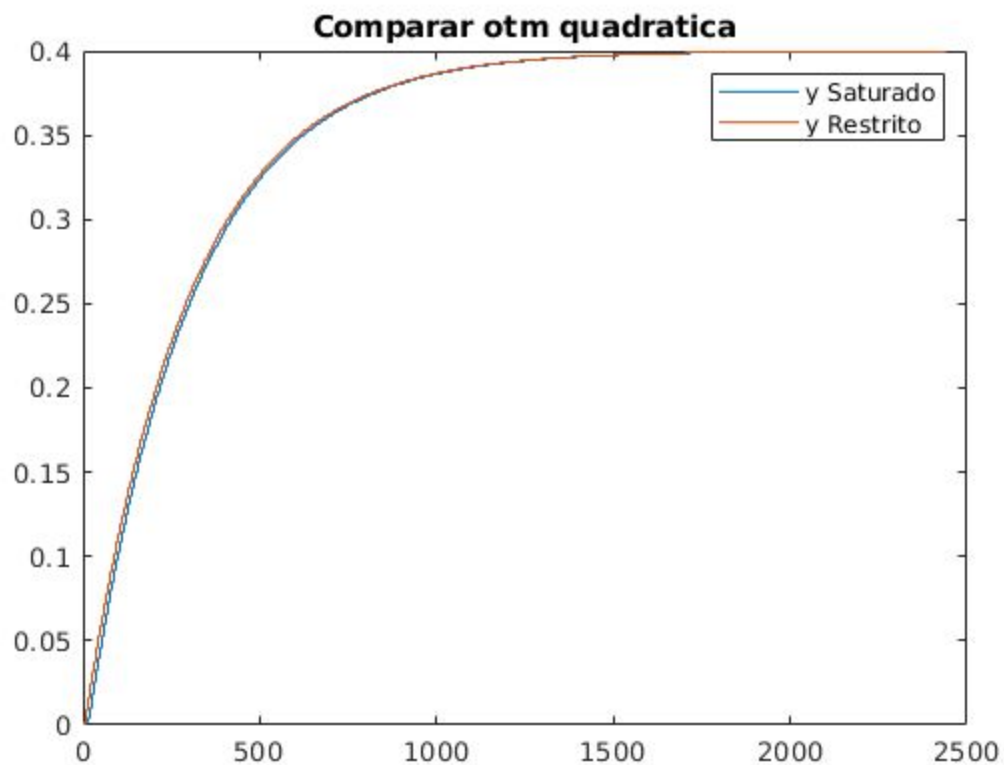
$$\begin{aligned}
 A &= 1 - 0,9966z^{-1} \\
 \tilde{A} &= A(1 - z^{-1}) = 1 - 1,9966z^{-1} + 0,9966z^{-2} \\
 B &= 0,0034z^{-1} \\
 E &= \begin{bmatrix} 1 \\ 1 - 1,9966z^{-1} \\ 1 - 1,9966z^{-1} + 2,9898z^{-2} \end{bmatrix} \\
 F &= \begin{bmatrix} -1,9966 + 0,9966z^{-1} \\ 2,9898 - 1,9898z^{-1} \\ 3,9593 - 2,9796z^{-1} \end{bmatrix} \\
 G &= E \cdot B = \begin{bmatrix} 0,0034z^{-1} \\ 0,0034z^{-1} - 0,0068z^{-2} \\ 0,0034z^{-1} - 0,0068z^{-2} + 0,0102z^{-3} \end{bmatrix} \\
 G &= \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 0,0034 & 0 & 0 \\ -0,0068 & 0,0034 & 0 \end{bmatrix} \\
 f &= \begin{bmatrix} 0,0034 \\ -0,0068 \\ -0,0102 \end{bmatrix} \Delta u_{\Delta-1} + F_c \begin{bmatrix} y(t-1) \\ y(t-2) \\ x(t-3) \end{bmatrix} \\
 F_c &= \text{coeficientes de } F(z^{-1})
 \end{aligned}$$



O desempenho obtido no GPC foi absolutamente distante do esperado, possivelmente devido a algum defeito na implementação do GPC presente no arquivo *gpc\_problema\_4.m*.

#### 4) Saturação e Restrição

Ao implementarmos a saturação nos controladores não foi obtido rastreo.



Pode-se notar que não houve distinção entre as respostas saturadas, nem mesmo no ganho de regime permanente. Como os dois sistemas apresentam respostas muito parecidas, imagino que o problema esteja no cálculo do vetor  $f$ , já que o cálculo da lei de controle é diferente em cada uma das abordagens.

Infelizmente, não fui capaz de identificar o problema com a etapa do código responsável por encontrar os parâmetros da lei de controle.