



**UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
ESCOLA DE ENGENHARIA DE SÃO CARLOS**

SEL0367 - Controle Adaptativo

PROFº Marco Henrique Terra

Lista de Exercícios 3

FELIPE ANDRADE GARCIA TOMMASELLI

Nº USP: 11800910

São Carlos, 2023

1. Implementação

1.1. Exercício 1

Considere o sinal de entrada do tipo:

$$y = A \cos(\omega t + \varphi)$$

A demonstração dos termos A_1 e A_2 está no próprio enunciado, por isso, não será refeita neste relatório. Para o presente documento, usaremos diretamente as relações:

$$\theta^* = [A_1 \quad A_2]^T$$
$$\phi = [\cos \omega t \quad -\sin \omega t]$$

Sendo $A_1 = A \cos \phi$ e $A_2 = A \sin \phi$ com uma normalização $m_s = 1$. Usaremos:

$$\begin{cases} \dot{\theta} = \Gamma \epsilon \phi \\ \epsilon = \frac{y - \hat{y}}{m_s^2} = \frac{y - \theta^T \phi}{m_s^2} \end{cases}$$

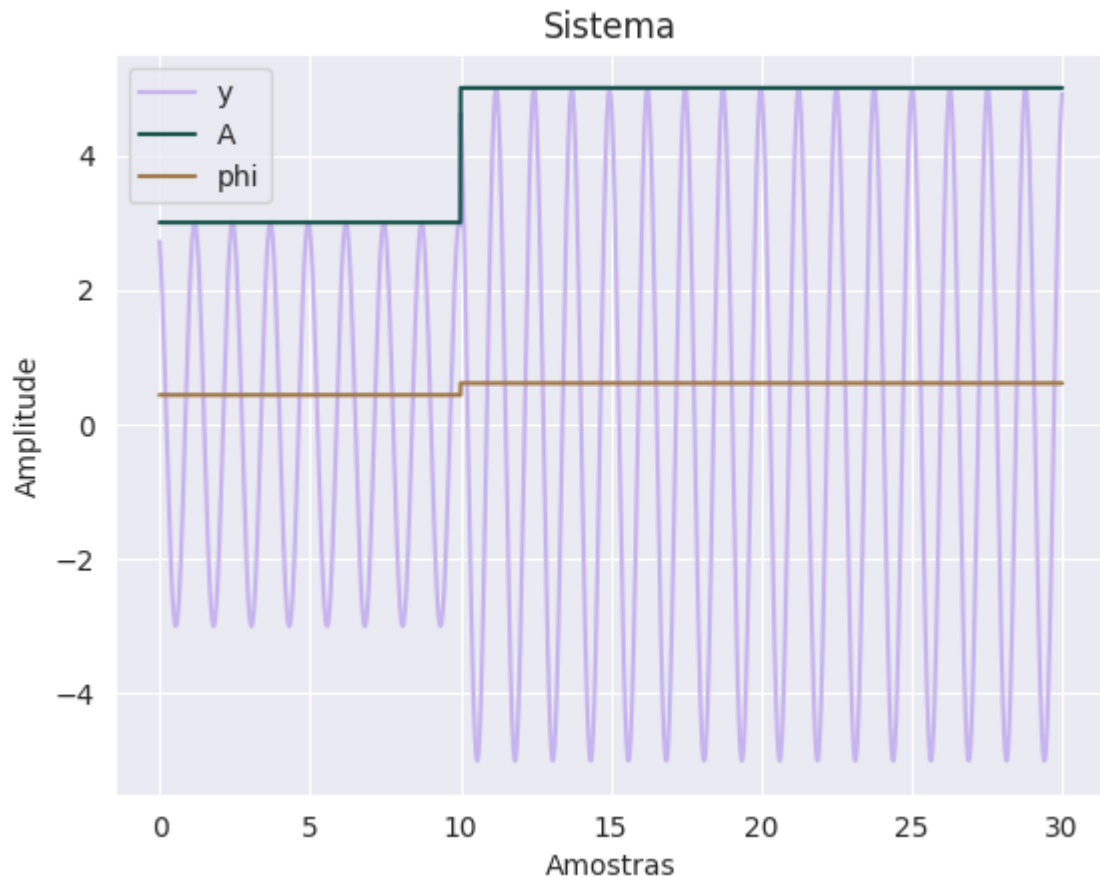
Para isso, será utilizado o modelo paramétrico $y = z = \theta^* \phi$, com:

$$\varphi = \cos^{-1} \left(\frac{\hat{A}_1}{\hat{A}} \right)$$

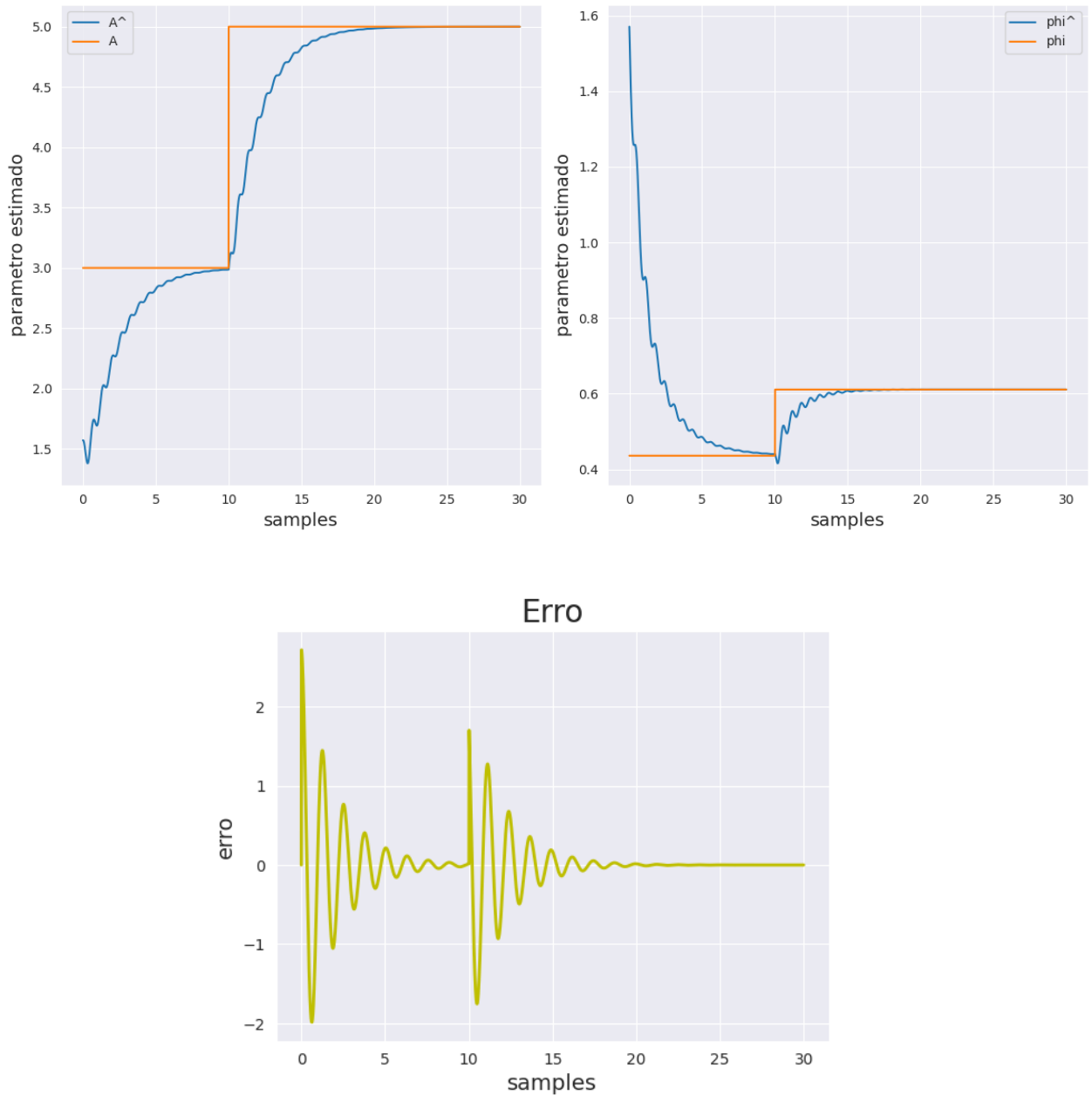
Onde assumimos $A=3$, $\varphi = 0.436\text{rad}$ para $0 \leq t \leq 10\text{s}$ e $A=5$ com para $\varphi = 0.611\text{rad}$ para $t > 10\text{s}$, sendo $\omega=5$ rad/s. Valores iniciais de:

$$\hat{A}_1(0) = 0 \quad \hat{A}_2(0) = \frac{\pi}{2}$$

O comportamento das variáveis (apenas para efeito ilustrativo) está descrito abaixo:



Com isso, o método do gradiente foi utilizado na forma iterativo para estimar o parâmetro de interesse θ^* . Abaixo note que o aluno utilizou o Python com a biblioteca Control para realizar a tarefa por ter mais familiaridade com a linguagem, porém, os resultados foram comparados com o Matlab e estão iguais:



A simulação demonstrou que o modelo convergiu mesmo com a presença de um distúrbio representado pelo degrau nas entradas. É possível verificar que ambos os parâmetros convergiram com um número de amostras bom, necessitando de poucas iterações para chegar no resultado. O erro de convergência deixa claro o comportamento oscilatório de convergência, o qual consegue reagir ao degrau de distúrbio.

1.2. Exercício 2

Considerando o sistema de segunda ordem:

$$\dot{x} = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} \\ a_{21} & a_{22} \end{bmatrix} x + \begin{bmatrix} b_1 \\ b_2 \end{bmatrix} u$$

Sendo parâmetros disponíveis x e u e desconhecidos a_{11} , a_{12} , a_{21} , a_{22} , b_1 e b_2 .
Considerando para estimação os parâmetros similar ao do exercício anterior, uma matriz de ajuste (gamma) identidade multiplicada por 0.01.

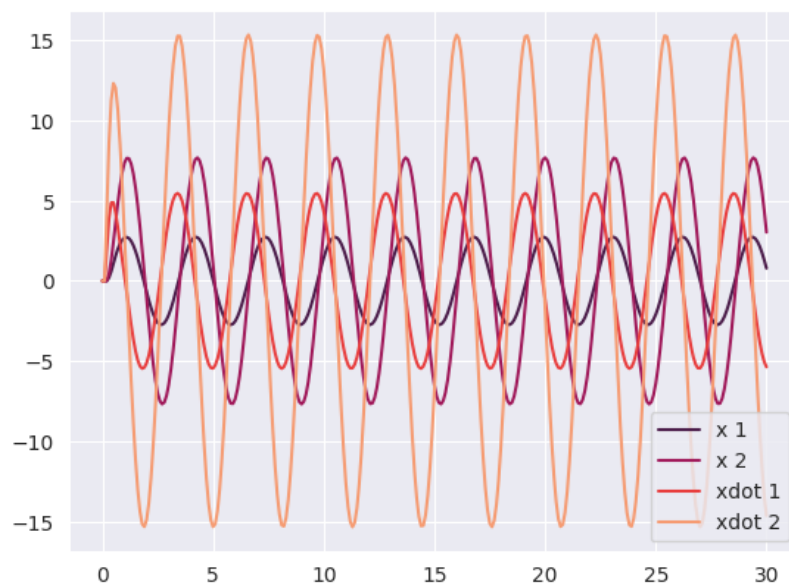
- $z = [\dot{x}]$, shape: (1,)
- $\phi = [x, u]$, shape: (2,1)
- $\theta = [a_{11}, a_{12}, a_{21}, a_{22}, b_1, b_2]$, shape: (6,1)

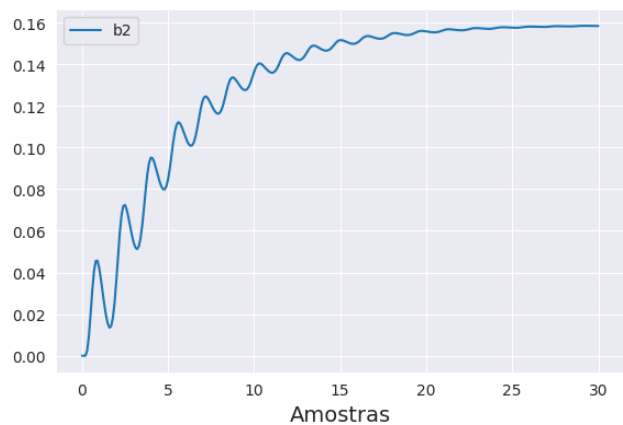
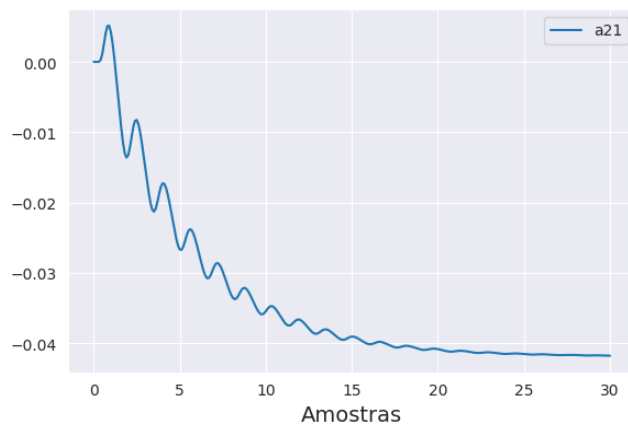
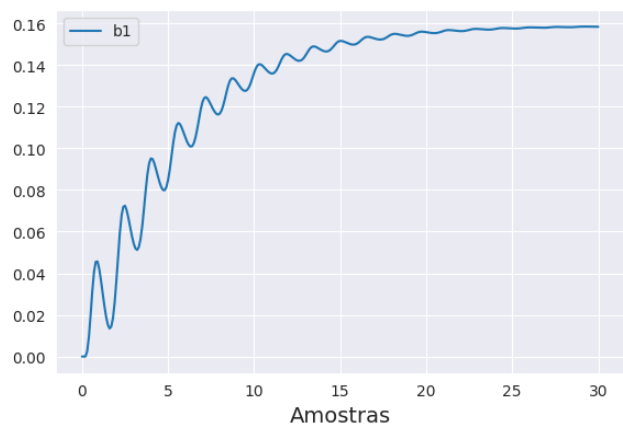
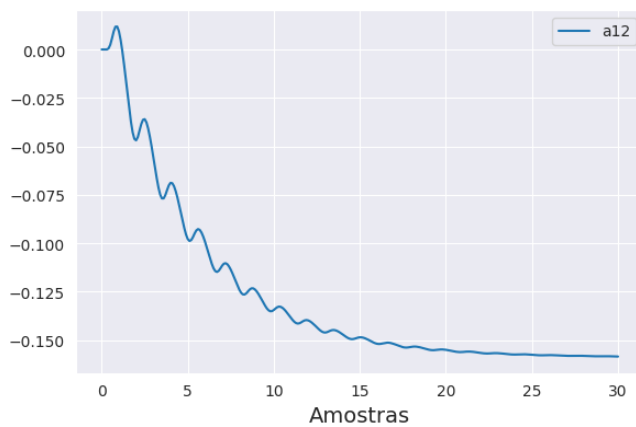
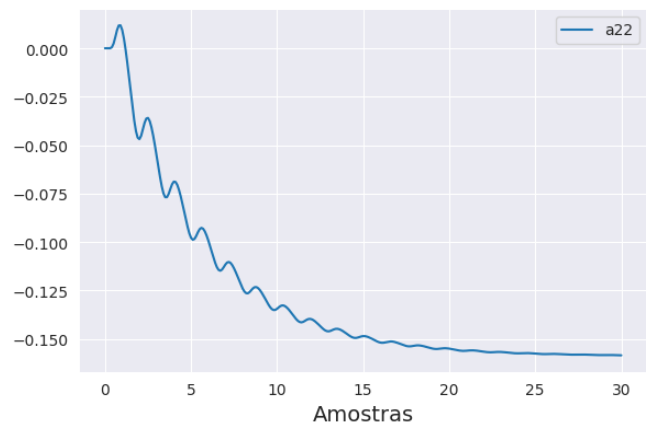
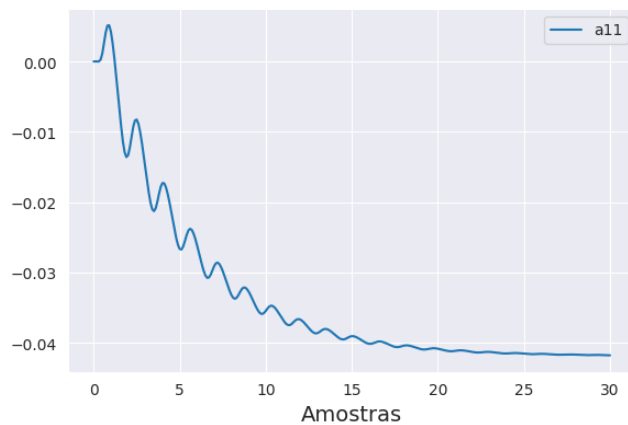
Note que z está como \dot{x} uma vez que podemos representar essa variável pela sua discretização na forma:

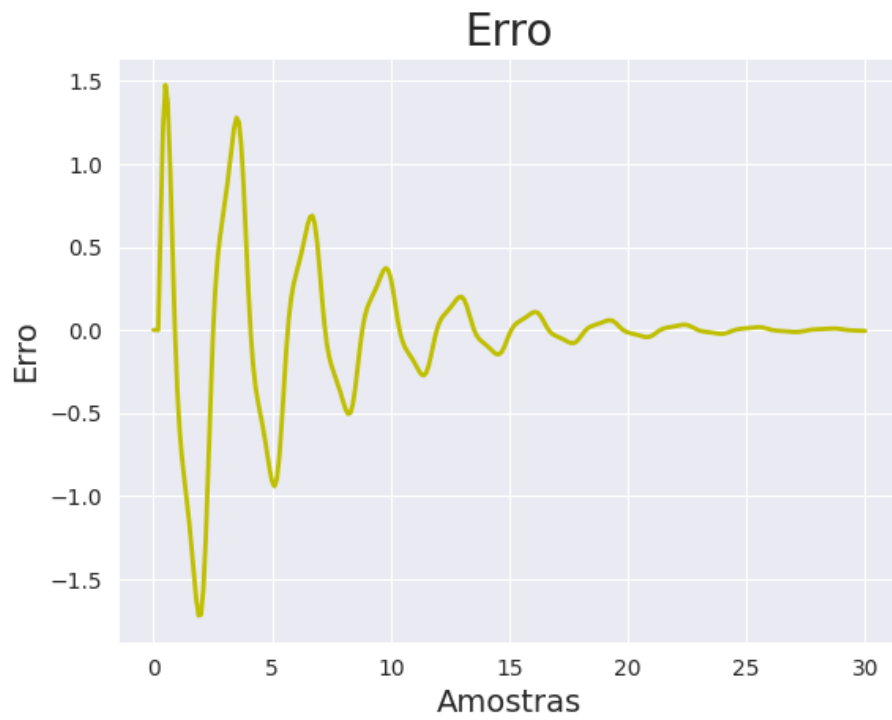
$$\dot{x} = x_{k+1} - x_k \text{ (derivada discreta)}$$

Com a definição do erro da mesma forma que o exercício anterior, os resultados obtidos em termos de estimativa de parâmetros está abaixo:

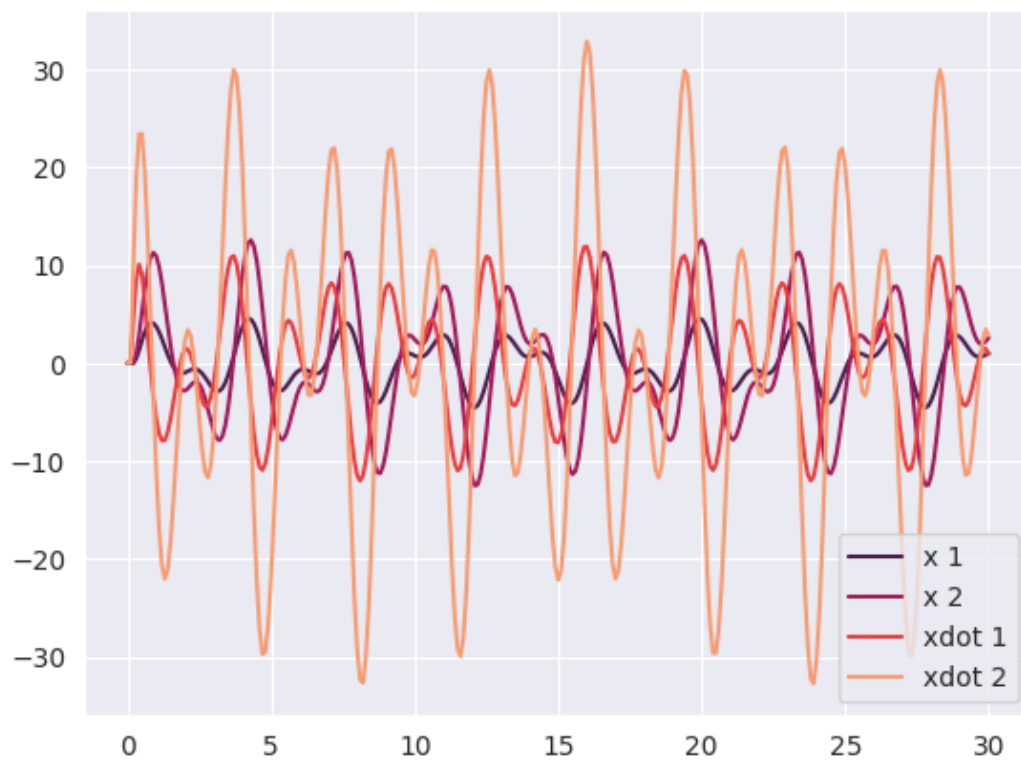
- $u = 10 \cdot \sin(2 \cdot T)$

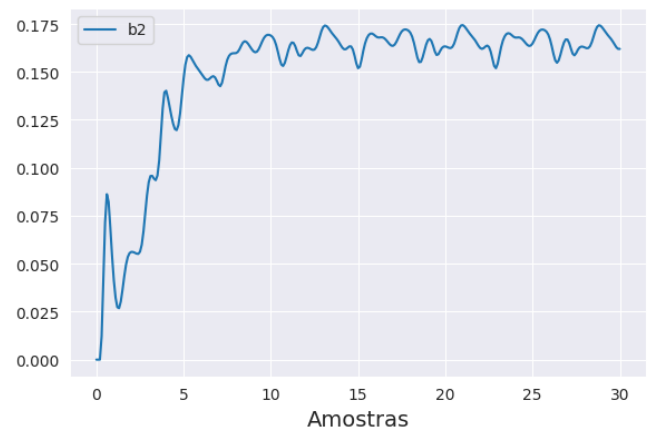
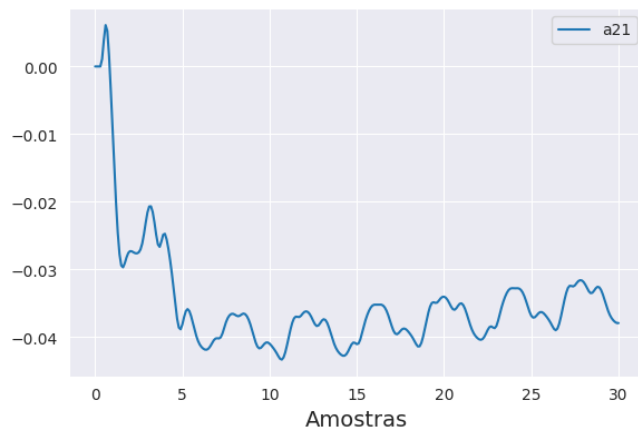
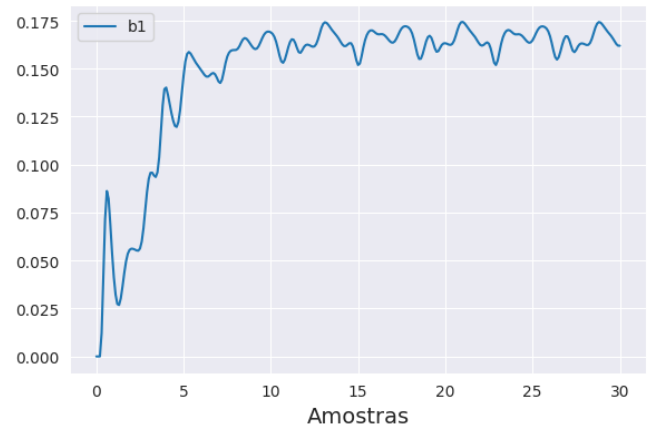
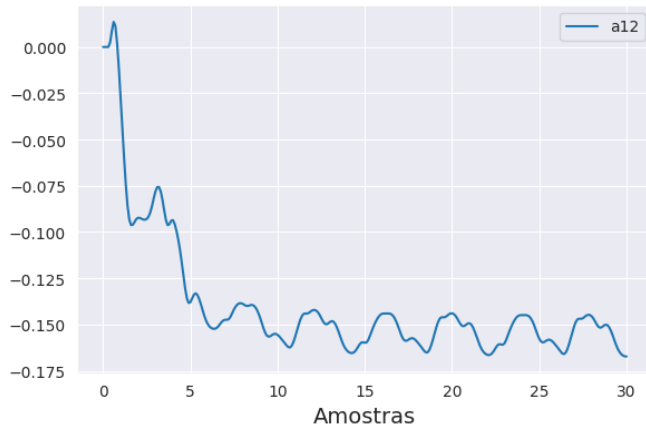
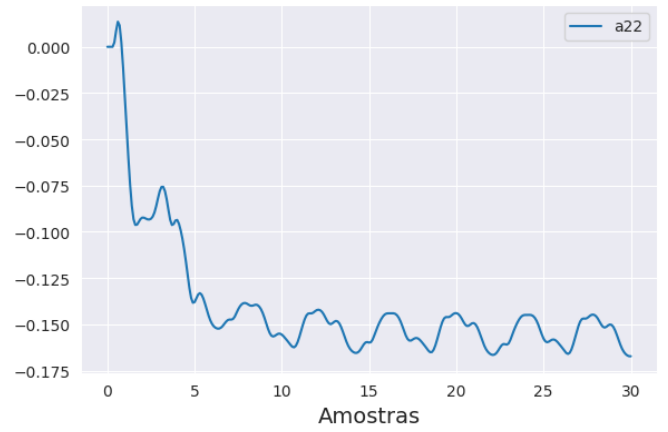
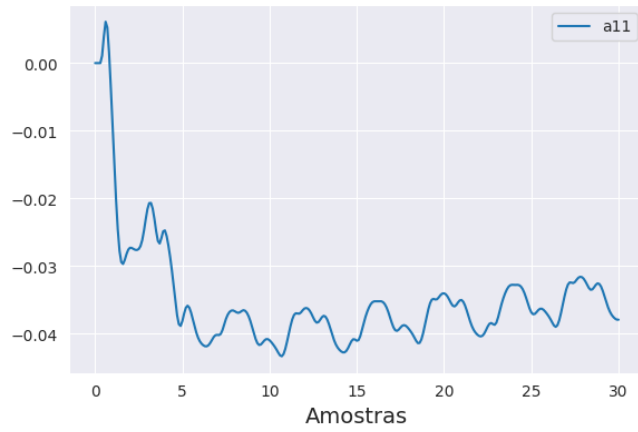


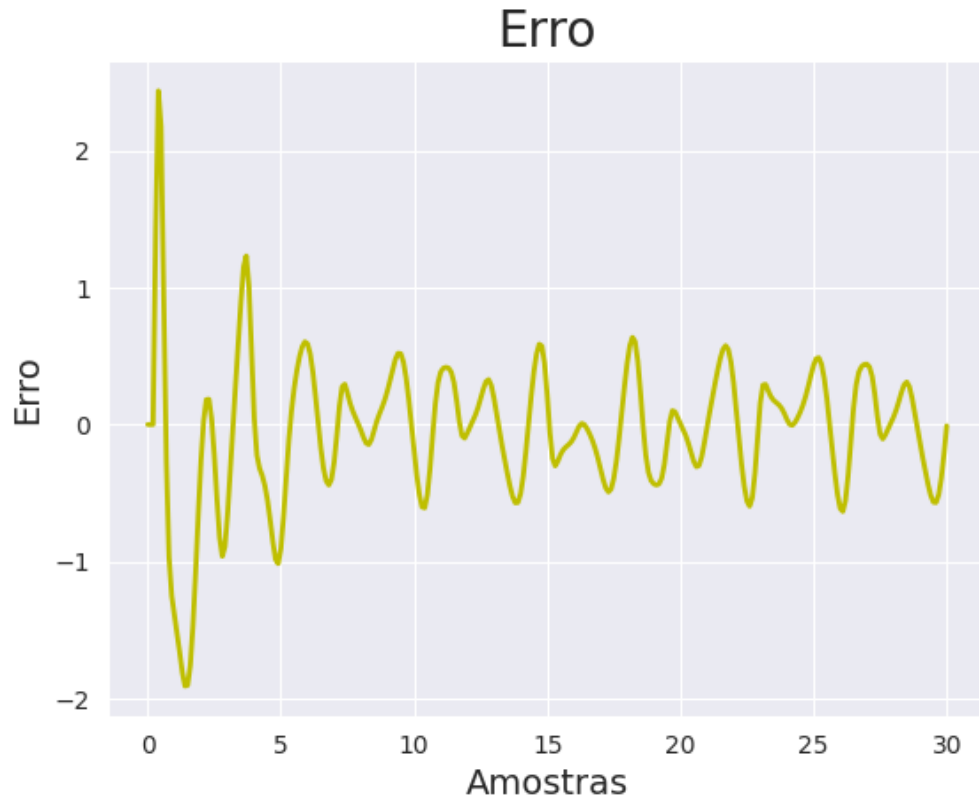




$$\bullet \ u = 10 \cdot \sin(2 \cdot T) + 7 \cdot \sin(3.6 \cdot T)$$







A análise dos resultados revela algumas observações importantes:

- **Similaridade de Resultados:** Ao examinar os resultados, é evidente que ambos os conjuntos de entradas produziram resultados muito semelhantes. Mesmo que a segunda entrada seja mais rica em teoria e possa oferecer uma saída superior, os resultados foram comparáveis.
- **Uniformidade de Saídas:** É notável que as saídas para a_{11} e a_{21} são idênticas, assim como a_{12} e a_{22} , e também b_1 com b_2 . Isso ocorre porque, ao inserir seus valores em ϕ para calcular os parâmetros em θ , os valores se tornam iguais, o que resulta nessa igualdade nas saídas.
- **Problemas na Convergência:** No que diz respeito à simulação, a análise principal indica que os valores não convergem para seus destinos esperados, resultando em valores incorretos. Isso ocorre porque o método utilizado (o método do gradiente) não é capaz de lidar com um grande número de parâmetros a serem identificados, como é o caso do problema com 6 parâmetros sem ao mínimo haver uma entrada rica o bastante.
- **Causas da Não Convergência:** Uma das causas desse problema é a mencionada anteriormente, em que os valores de diferentes parâmetros acabam sendo

representados por variáveis iguais. Isso afeta negativamente a capacidade de resolver o problema de maneira eficaz. Porém, a falta de uma entrada rica é determinante no não funcionamento correto do método, com isso, não há garantia de convergência para o resultado correto.

Em resumo, os resultados obtidos não foram satisfatórios e indicam a necessidade de utilizar um método diferente para resolver esse problema ou de adaptar as condições propostas.

2. Código desenvolvido

Como dito anteriormente, foi utilizado Python em especial Jupyter Notebook para o exercício. O código fonte pode ser encontrado no repositório do Github do discente pelo link:

- Exercício 1:

https://github.com/Felipe-Tommaselli/AdvancedControl/blob/main/Listas/Lista3/exec3_1.ipynb

- Exercício 2:

https://github.com/Felipe-Tommaselli/AdvancedControl/blob/main/Listas/Lista3/exec3_2.ipynb

Vale ressaltar que usualmente o github pelo navegador demora um pouco (1~2 minutos) para carregar o Jupyter notebook.