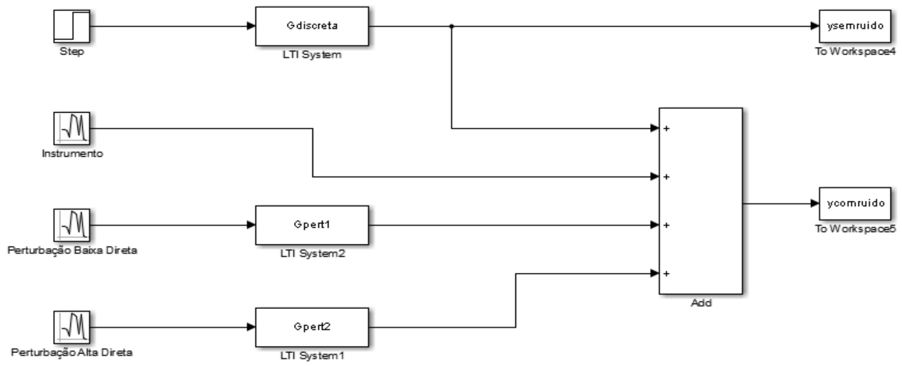
PTC 5719 – Identificação de Sistemas

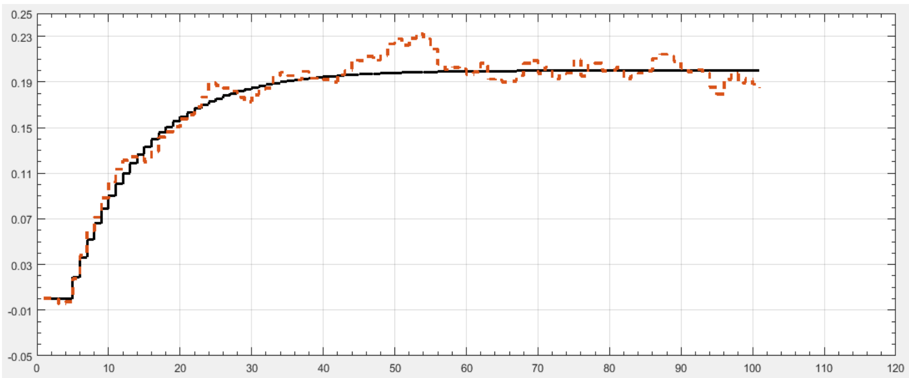
Américo Ferreira Neto

ITEM a: Para os dois processos do item “h” da 1ª lista de exercícios, com perturbações alta e baixa, seria possível estimar, com base na resposta ao degrau (identificação não paramétrica baseada na curva de reação do processo), um modelo para o sistema e seus parâmetros? Em caso afirmativo, qual seria esse modelo e seus parâmetros? Compare a saída do modelo aproximado com a saída do processo sem perturbação quando excitados pelo mesmo degrau. Estime também o tempo de acomodação aproximado do processo ts ao se empregar perturbações de baixa intensidade.

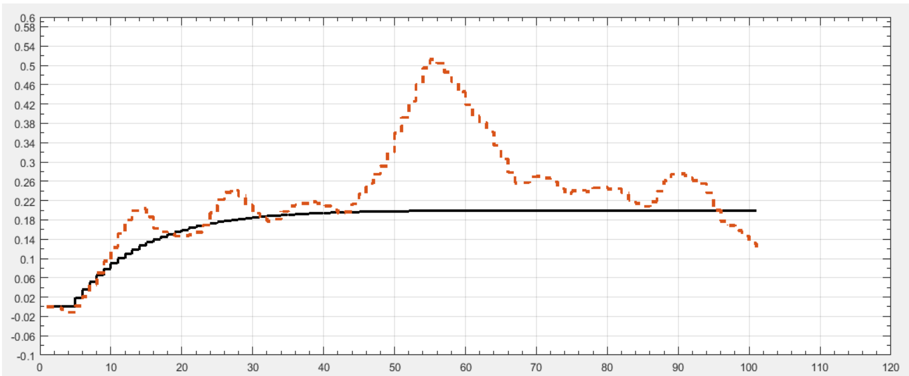
O diagrama utilizado para simular o processo com as perturbações solicitadas segue abaixo, neste diagrama, o ruído de medição, chamado de instrumento, possui variância 1e-6, a perturbação baixa possui variância de 1e-3 e a perturbação alta 0.1. As sementes de todos os sinais são distintas para que os sinais não sejam correlacionados:



O resultado obtido ao simular o diagrama com perturbação baixa segue abaixo:



O resultado obtido ao simular o diagrama com perturbação alta segue abaixo:

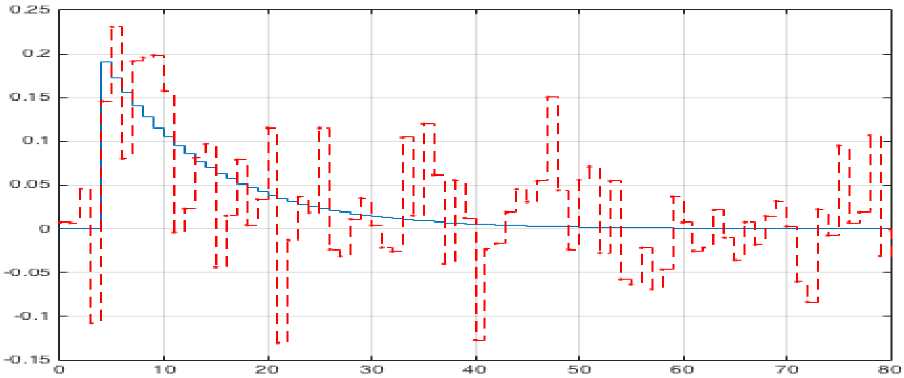


Nota-se que para o caso de perturbação baixa, é o caso no qual teríamos maior chance em obter um modelo aproximado. Para o caso com a perturbação alta , temos que a resposta do processo perde suas características, um modelo de resposta ao impulso obtido a partir destes dados seria um modelo com pouca efetividade.

Para obter o modelo de resposta ao impulso a partir da resposta ao degrau, a seguinte recorrência será utilizada:

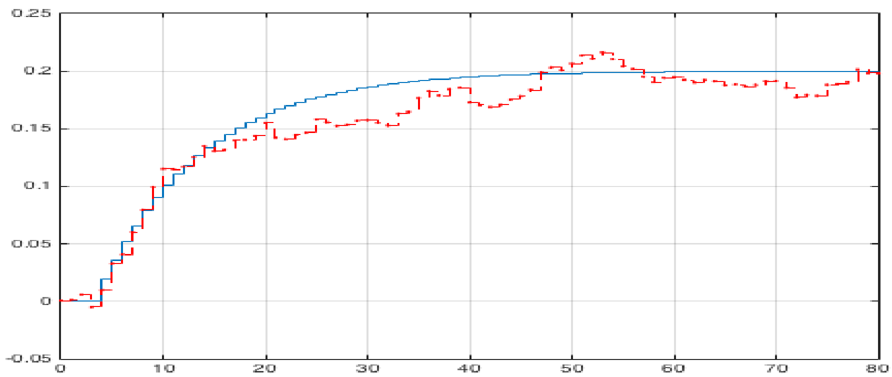
Assumindo linearidade, devemos multiplicar a resposta por 10 como visto acima, pois a resposta ao impulso é obtida a partir de um degrau unitário.

Abaixo, estão as repostas impulsivas com o caso sem perturbação e para o caso com perturbação baixa, ambas obtidas a partir da resposta aos degraus acima:

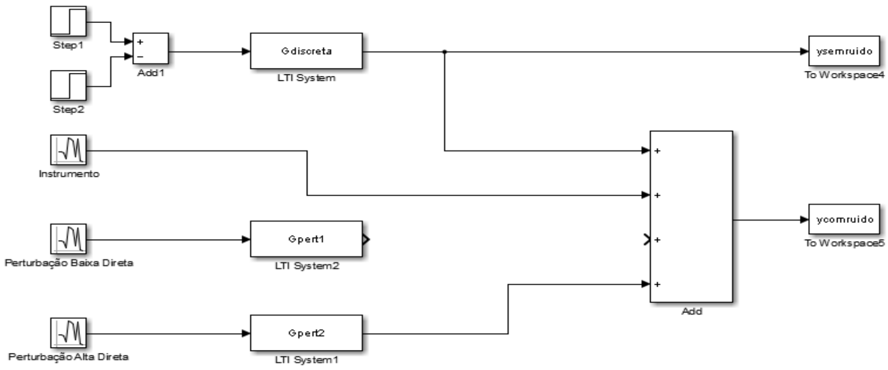


Analisando a figura acima, notamos que a reposta ao impulso para o caso com perturbação baixa difere bastante da resposta para o caso sem perturbações.

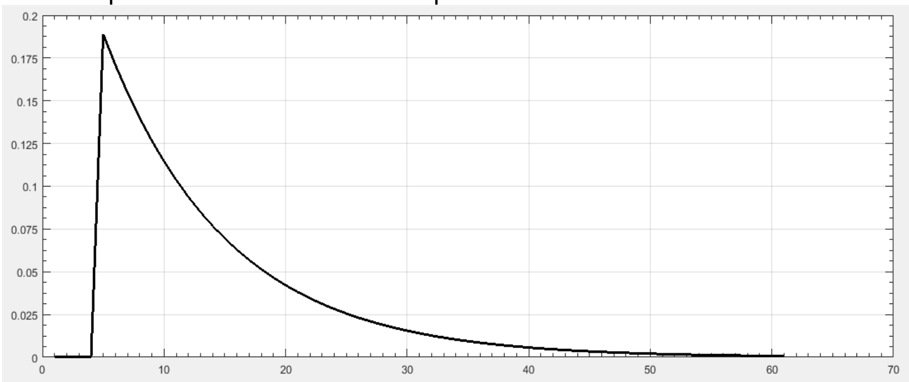
Abaixo, segue a comparação das respostas obtidas pelo modelo de convolução e pela simulação com o degrau de amplitude 0,1:



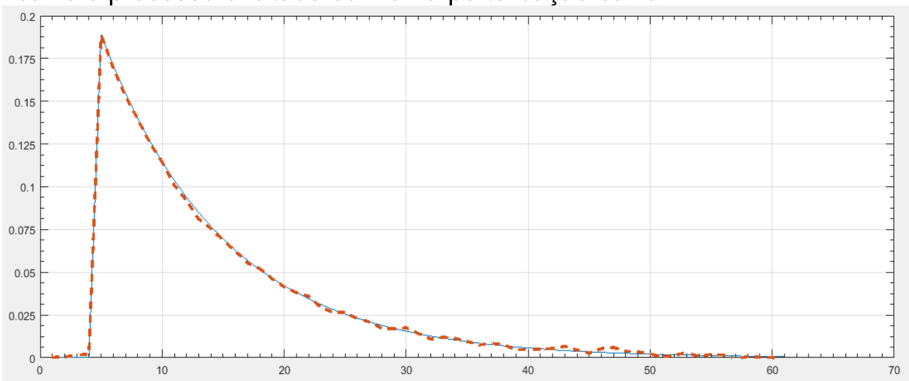
ITEM b: Empregue as três respostas impulsivas obtidas no item “j” da 1ª lista de exercícios para determinar a resposta a um degrau de amplitude 0,1 aplicado em t=0 s, via somatório de convolução.



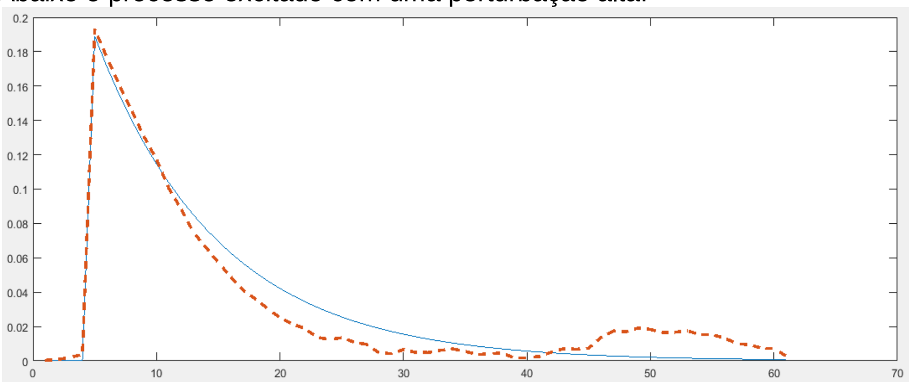
Abaixo o processo excitado com um pulso unitário temos:



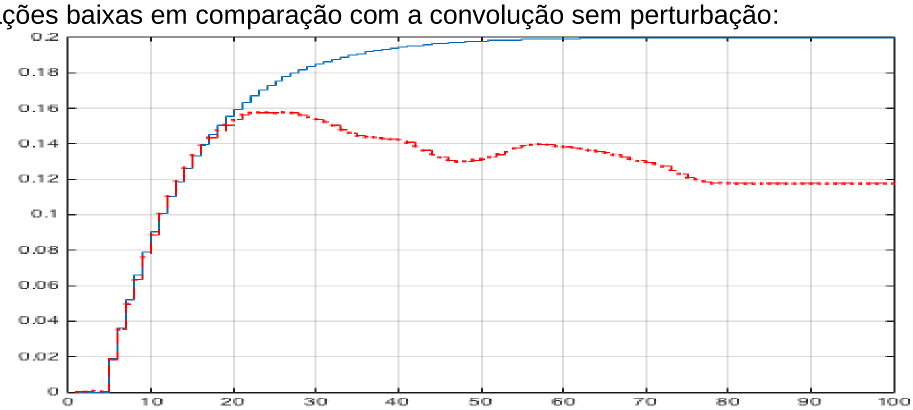
Abaixo o processo excitado com uma perturbação baixa:



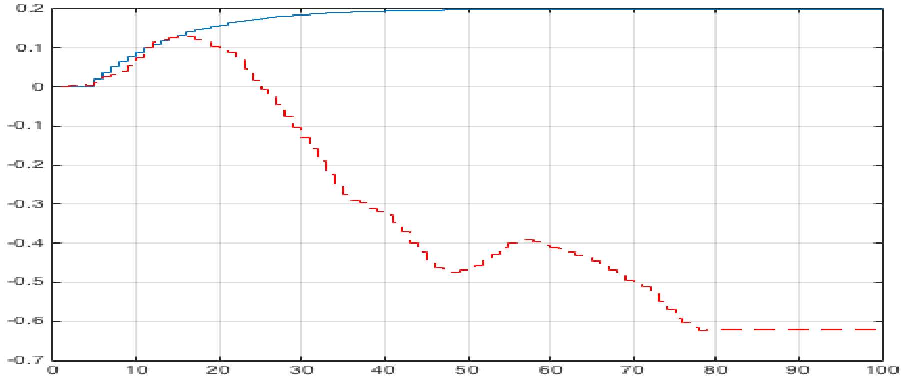
Abaixo o processo excitado com uma perturbação alta:



Utilizando os coeficientes expostos nos gráficos acima, seguem os resultados para perturbações baixas em comparação com a convolução sem perturbação:



Utilizando a perturbação de alta, segue abaixo o resultado em comparação com a convolução utilizando o modelo sem perturbações:

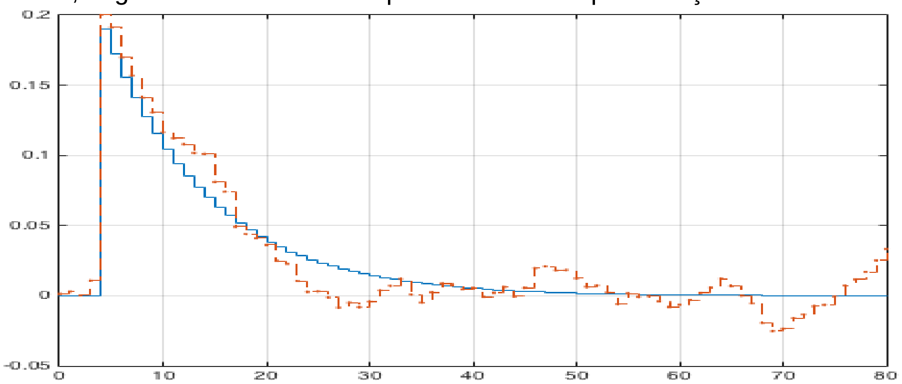


Podemos observar que em ambos os casos existe uma divergência entre os ganhos estacionários dos modelos. Pois utilizando o modelo do processo sem perturbação notamos coeficientes negativos, pela natureza do somatório de convolução é esperado que haja um ganho estacionário menor.

Podemos observar também que no segundo caso, a resposta obtida ficou completamente descaracterizada, devido perturbação alta, prejudicando a obtenção de informações para a identificação do modelo.

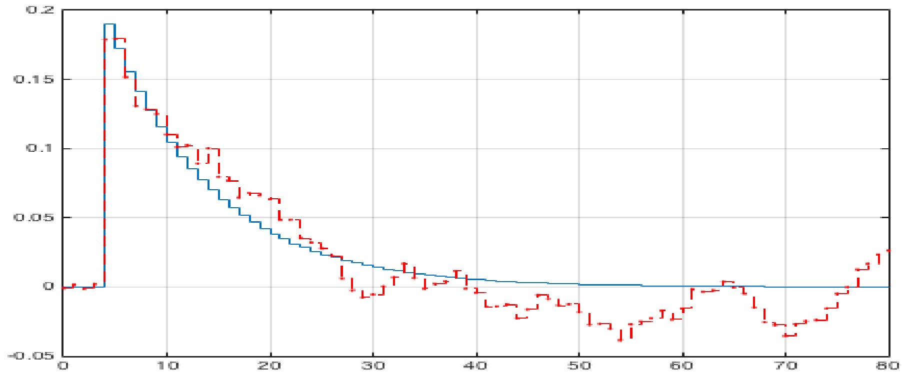
ITEM c: Empregue o método da análise de correlação para estimar a função-peso do sistema. Para tal, colete 1000 pontos do processo. Faça isso considerando a saída y limpa (sem perturbações nem ruído de medição) e a saída y2 afetada por ambas as perturbações (v1 e v2) com baixa e alta intensidade e por ruído de medição. Compare as funções-peso aqui obtidas com aquela gerada no item "j" da 1ª lista de exercícios para a saída y limpa.

Abaixo, segue o resultado obtido para o caso sem perturbações:



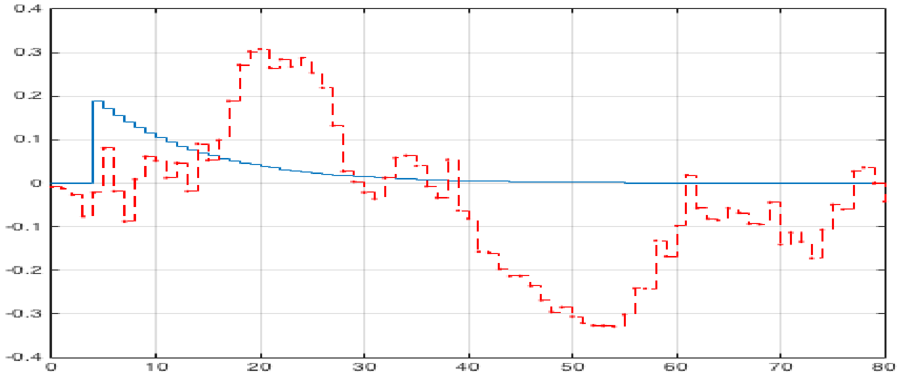
Observamos que a analise de correlação apresenta um modelo diferente da resposta do processo sem perturbações ao pulso.

Para o processo com perturbação baixa, segue abaixo o resultado obtido:



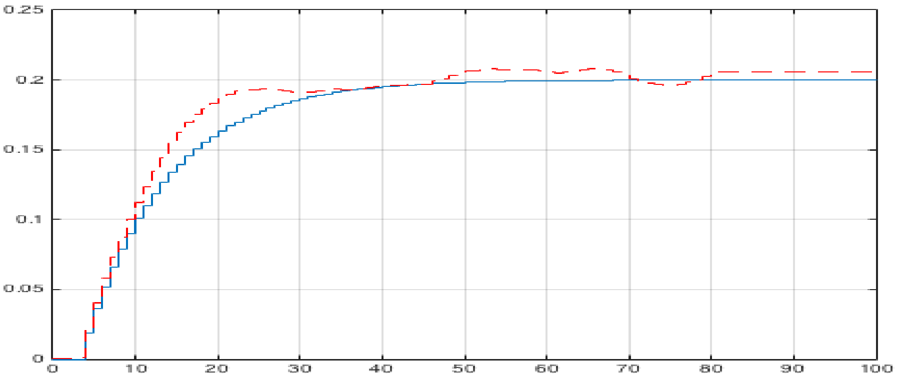
Observamos que a resposta ainda apresenta algumas características semelhantes ao processo e também ao modelo obtido para o caso sem perturbações.

Situação que não encontramos para perturbação alta:



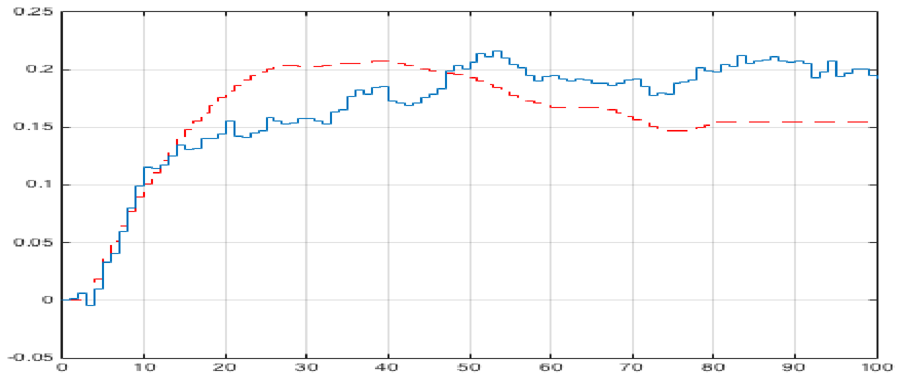
Existe uma diferença enorme entre o modelo obtido e o pulso do processo.

ITEM d: Empregue as três respostas impulsivas obtidas no item anterior para determinar a resposta a um degrau de amplitude 0,1 aplicado em t=0 s, via somatório de convolução. Compare as respostas ao degrau obtidas aqui com aquelas geradas no item “b”.



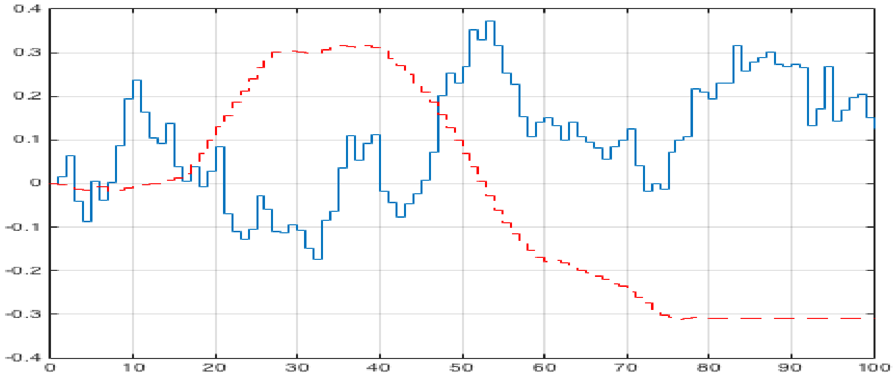
Observamos que existe uma diferença entre a resposta simulada e resposta obtida a partir do somatório de convolução, pois o modelo obtido sem perturbações é exatamente a resposta ao impulso do sistema.

Na analise de correlação, foi obtido um modelo aproximado, o que justifica as diferenças, abaixo exposto o resultado obtido com perturbação leve:



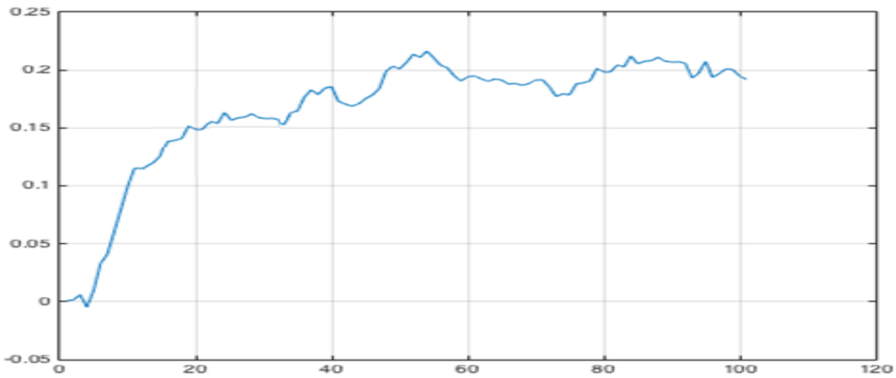
Observamos que a simulação com perturbação baixa apresentou um resultado diferente da saída obtida a partir do somatório de convolução.

Abaixo o resultado obtido para o modelo de resposta ao impulso obtido a partir da análise de correlação com perturbação alta:



Observamos que a reposta obtida pelo modelo de convolução é totalmente diferente da resposta da simulação do processo. Observamos uma melhora no erro estacionário, porem essa melhora não representa de forma adequada o processo.

ITEM e: Considere o processo afetado por perturbações de baixa intensidade. Para estimar o período de amostragem T a ser usado, considere T = — e —Selecione aquele que, em sua opinião, seja o mais adequado para o processo em questão. Daqui para a frente considere o intervalo de amostragem T aqui obtido.

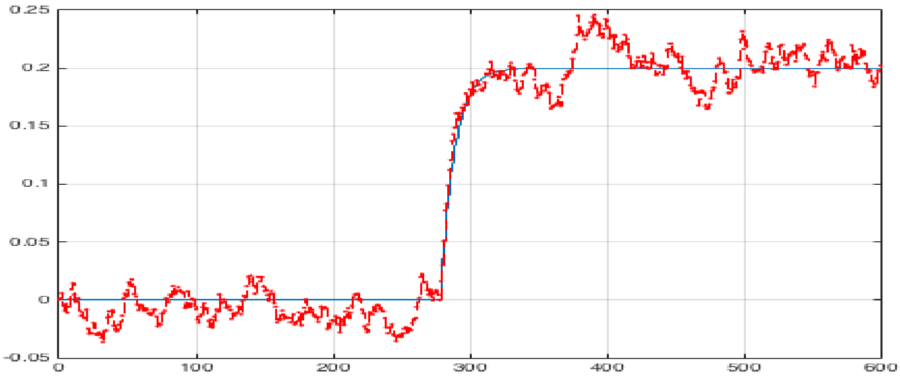


ITEM f: Classifique o modelo linear do processo (incluindo a perturbação v1) segundo as estruturas tradicionalmente empregadas na área de Identificação de Sistemas (ARX, ARMAX, OE, BJ etc). Define as ordens do modelo.

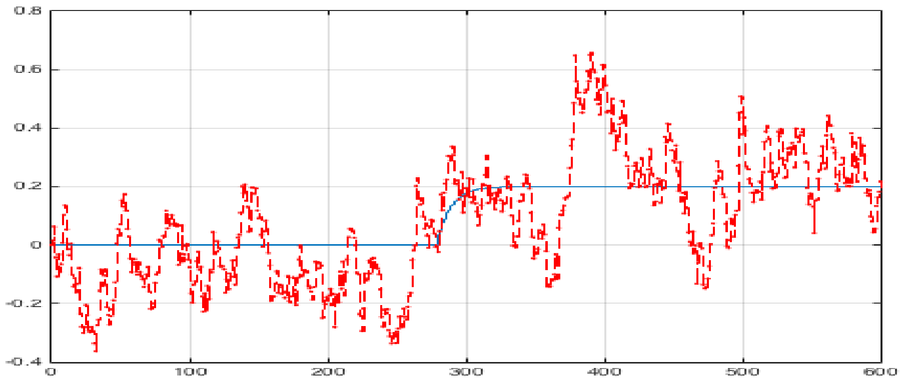
Somando a perturbação baixa ao processo, temos como resultado um processo BJ, pois temos um processo com diferentes polinômios para os numeradores e denominadores das funções de transferência do processo e da perturbação.

As ordens obtidas foram na=1, nk=4 , nb=0 , nc=0 e nd=1.

ITEM g: Simule o processo com níveis baixo e alto de perturbação por 600 segundos usando, como entrada u, um degrau com amplitude de 0,1 aplicado em t=275 s. Registre duas saídas do processo: a saída y limpa (sem perturbações nem ruído de medição) e a saída y2, afetada pelas perturbações v1 e v2 e por ruído de medição.



Abaixo com perturbação alta:

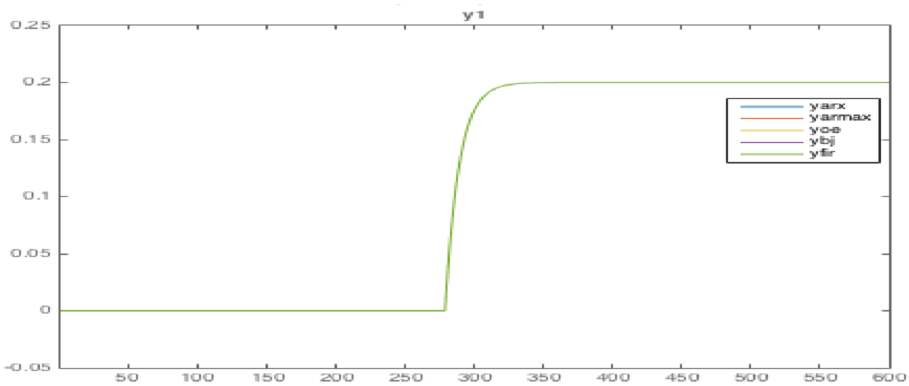


ITEM h: Usando o toolbox de identificação do MATLAB e os dados medidos no item anterior, estime modelos para a saída limpa y, utilizando estruturas FIR, ARX, ARMAX, OE e BJ, com as ordens corretas dos modelos discretizados e com uma única entrada u. Considere para o modelo FIR que a ordem nb=ts_aprox (tempo de acomodação aproximado extraído do item "a"). Compare os valores estimados dos parâmetros com seus valores reais dados pela função de transferência discreta do processo. Compare a resposta dos modelos obtidos com excitação do tipo degrau de amplitude 0,1 com a resposta limpa do processo a esse mesmo degrau. Aplique o comando "predict" para realizar predições infinitos passos à frente e compare a qualidade dos modelos obtidos usando o comando "compare" do Matlab, considerando horizonte de predição infinito (pior caso possível). Ao usar o comando "compare" considere dois casos: uso do sinal y medido (com perturbações e ruído de medição, correspondendo à validação feita na prática) e do sinal y limpo (isento de perturbações correspondendo a uma validação teórica, possível apenas em simuladores). Comente os resultados obtidos.

```
>> Gdiscreta

Gdiscreta =

          0.1903
  z^(-3) * ----------
         z - 0.9048

Sample time: 1 seconds
Discrete-time transfer function.
```

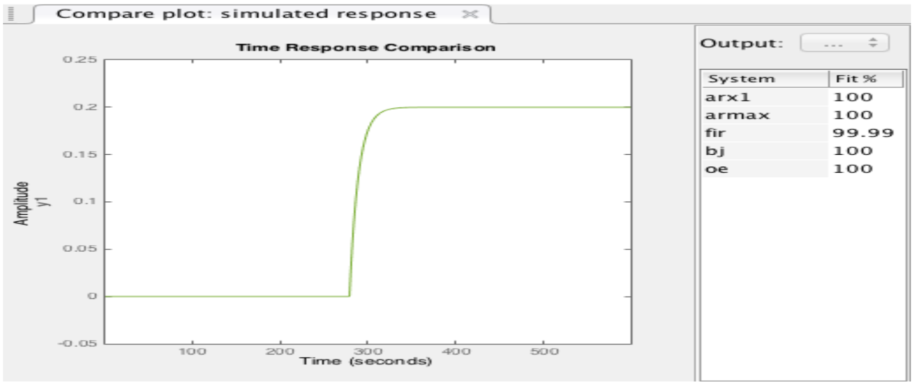
```
Trial>>armax

armax=

Discrete-time ARMAX model: A(z)y(t) = B(z)u(t) + C(z)e(t)
A(z) = 1 - 0.9048 z^-1 - 4.122e-16 z^-2

B(z) = 0.1903 z^-4

C(z) = 1 + 0.8264 z^-1

Sample time: 1 seconds
```

Realizando o “predict” infinitos passos a frente, obtemos a seguinte imagem:

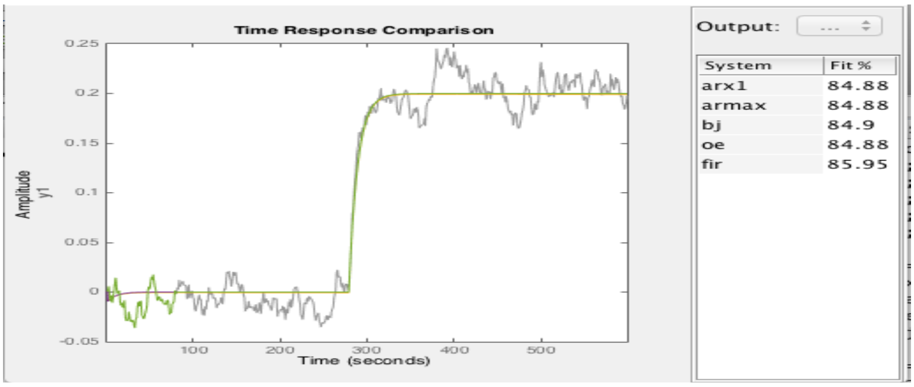


Observamos na figura acima que todas as respostas estão sobrepostas. Fato pois todos os modelos apresentaram os mesmos parâmetros e, na predição infinitos passos à frente, apenas o modelo do processo é considerado.

Abaixo, utilizamos o comando “compare” para averiguar a proximidade dos modelos com o processo limpo:



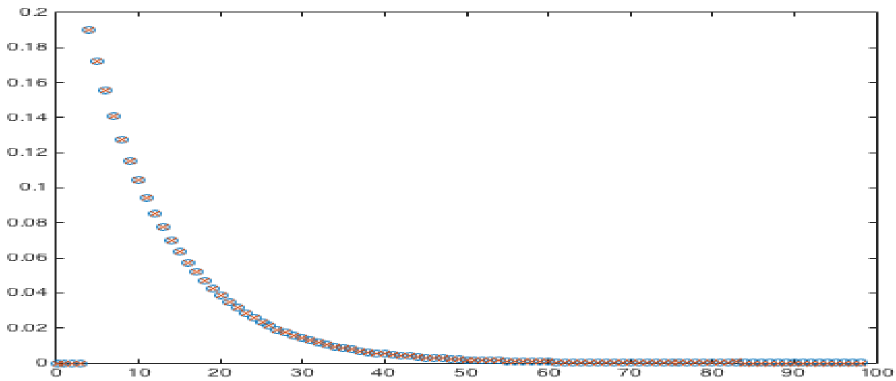
Novamente uma sobreposição dos gráficos e o índice fit de 100% para os modelos da estrutura arx, armax, bj e oe e índice fit de 99.99% para o modelo fir. A diferença do fit do modelo fir deve-se a estimação do Ts que foi realizada considerando o processo com nível de perturbação baixa.



ITEM i: Compare o ganho estacionário dos modelos obtidos no item anterior com o ganho estacionário do processo. Teça comentários.

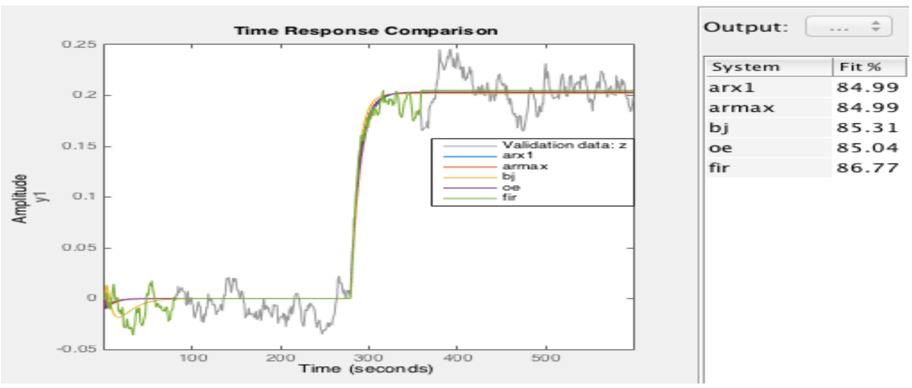
Sem perturbações o ganho estacionário do modelo é igual ao ganho estacionário do processo..

ITEM j: Compare os coeficientes gerados pelo modelo FIR no item “h” com a resposta impulsiva do processo limpo ao impulso unitário.



Dados sem perturbação o que proporciona a sobreposição dos coeficientes.

ITEM k: Estime modelos para a saída y2 afetada por perturbações de baixa e alta intensidade e ruído de medição, empregando os dados medidos no item “g”, utilizando estruturas FIR, ARX, ARMAX, OE e BJ, com as ordens corretas dos modelos discretizados e com uma única entrada u. Compare os valores estimados dos parâmetros com seus valores reais dados pela função de transferência discreta do processo. Realize predições infinitos passos à frente e compare a resposta dos modelos obtidos com excitação do tipo degrau de amplitude 0,1 com a resposta limpa do processo a esse mesmo degrau e com a resposta do modelo obtido com dados limpos.



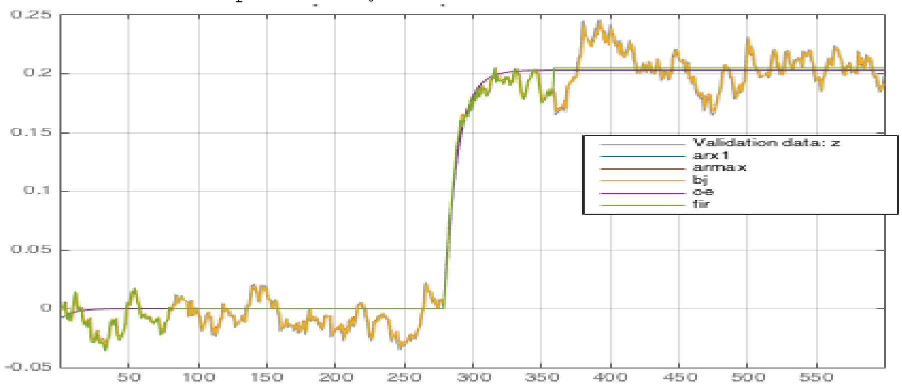
Os modelos não obtiveram índice fit de 100%, pois para a obtenção de parâmetros com perturbação, os parâmetros dos modelos não são mais idênticos aos modelos do processo.

Segue abaixo a comparação entre os parâmetros do armax e modelo do processo:

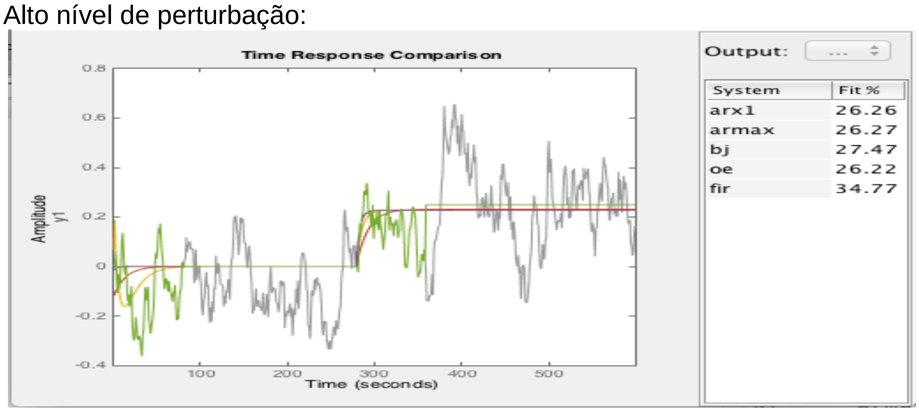
```
>> Gdiscreta

Gdiscreta =

        0.1903
 z^(-3) * ----------
       z - 0.9048

Sample time: 1 seconds
Discrete-time transfer function.
```

```
Trial>>armax

armax=

Discrete-time ARMAX model: A(z)y(t) = B(z)u(t) + C(z)e(t)
A(z) = 1 - 0.9111 z^-1

B(z) = 0.181 z^-4

C(z) = 1 - 0.002551 z^-1

Sample time: 1 seconds

Parameterization:
      Polynomial orders: na=1 nb=1  nc=1  nk=4
      Number of free coefficients:3
```

Baixo nível de perturbação:



Alto nível de perturbação:



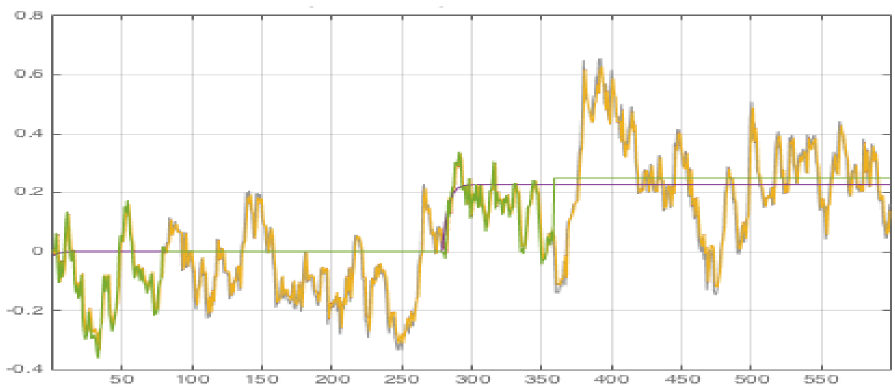
Observamos na figura que tivemos uma piora na simulação do pior caso, para um nível alto de perturbação, o ruído tem a mesma amplitude do sinal de excitação, trazendo um problema pratico, onde a amplitude do sinal de excitação não foi suficiente para trazer informações do processo.

Segue uma comparação da diferença entre os parâmetros do processo e do modelo armax:

```
>> Gdiscreta

Gdiscreta =

          0.1903
  z^(-3) * ----------
         z - 0.9048

Sample time: 1 seconds
Discrete-time transfer function.
```

```
Trial>>armax

armax=

Discrete-time ARMAX model: A(z)y(t) = B(z)u(t) + C(z)e(t)
A(z) = 1 - 0.9286 z^-1

B(z) = 0.1653 z^-4

C(z) = 1 - 0.005471 z^-1

Sample time: 1 seconds
```

A seguir, a simulação para um degrau de amplitude 0.1 ocorrendo no instante 275 segundos:



O modelo bj teve a capacidade de seguir melhor o processo, isso ocorre pois a estrutura BJ tem o maior numero de graus de liberdade entre as estruturas utilizadas.

ITEM I: Compare o ganho estacionário dos modelos obtidos no item anterior com perturbação de baixa e alta intensidade com o ganho estacionário do processo. Comente os resultados obtidos.

Nas simulações com baixo nível de perturbação, o comportamento é semelhante ao processo isento de perturbação. Nas simulações com alto nível de perturbação, temos um maior ganho estacionário. O modelo FIR um desvio de 0,06 e os demais um máximo de 0,025 do ganho estacionário.

ITEM m: Como a perturbação v1 afeta mais a saída que v2, suponha que no sinal e1, que gera essa perturbação, seja instalado um medidor, que é afetado por ruído de medição com distribui-ção gaussiana, com média nula e variância 1e-6. Repita o item anterior, mas considerando como entradas do modelo tanto o sinal u como a perturbação medida e1. Compare o de-sempenho dos modelos obtidos neste item com duas entradas com aquele obtido no item anterior com uma só entrada, através do comando “compare”, usando y com perturbações e y limpo. Qual ficou melhor? Por que?

ITEM n: Compare o ganho estacionário dos modelos obtidos com uma perturbação medida com o ganho estacionário do processo e com os ganhos dos modelos gerados quando não se mediu nenhuma perturbação. Comente os resultados obtidos.