

Universidade Federal de Minas Gerais - UFMG
Curso de Graduação em Engenharia Elétrica/Aeroespacial

Determinação da condição de equilíbrio de voo
Etapa 4

Aluno: Davi Ferreira Santiago
Matrícula: 2021020422
Aluno: Leonardo Hemerly Menezes Collaço dos Santos
Matrícula: 2020027849
Aluno: João Pedro Tavares da Fonseca Lima
Matrícula: 2020421962

Belo Horizonte, 2 de agosto de 2024

Resumo

Quarta etapa do trabalho de simulação referente à disciplina de "Introdução ao Controle Automático de Aeronaves". Esta etapa consiste na determinação dos valores de condições e entradas de equilíbrio usando o *Simulink*. São usados os blocos da Etapa 3 para determinar as condições desejadas. O presente documento contém os valores dos estados e das entradas na condição de equilíbrio de voo encontrada via trimmagem e os gráficos mostrando o comportamento do sistema para as entradas encontradas.

Conteúdo

1	Cômputo da condição desejada	4
1.1	Configurações de trimmagem	4
1.2	Condição de equilíbrio de voo	5
2	Comportamento do sistema na condição de equilíbrio de voo	6

1 Cômputo da condição desejada

1.1 Configurações de trimmagem

Por meio do problema de otimização definido via *Model Linearizer* no *Simulink*, chegou-se aos seguintes resultados:

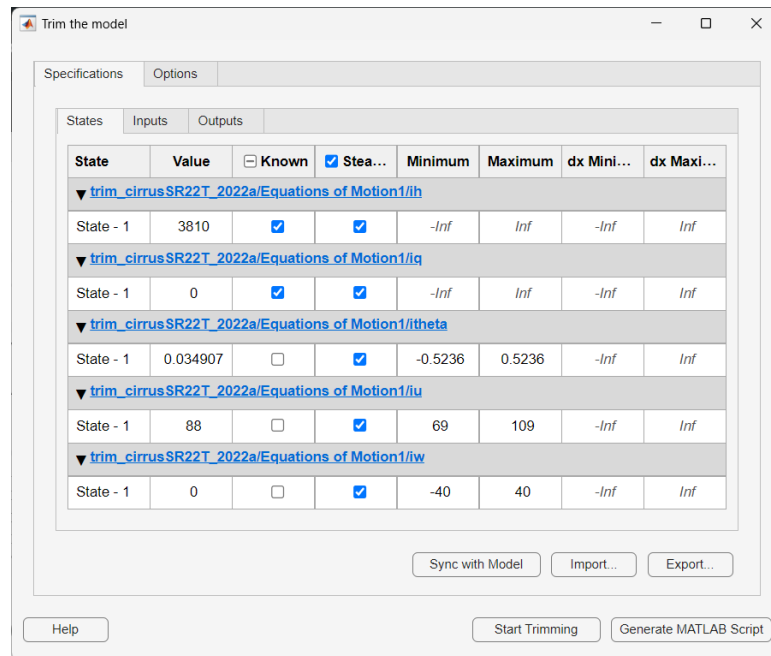


Figura 1: Configurações para os estados no processo de trimmagem.

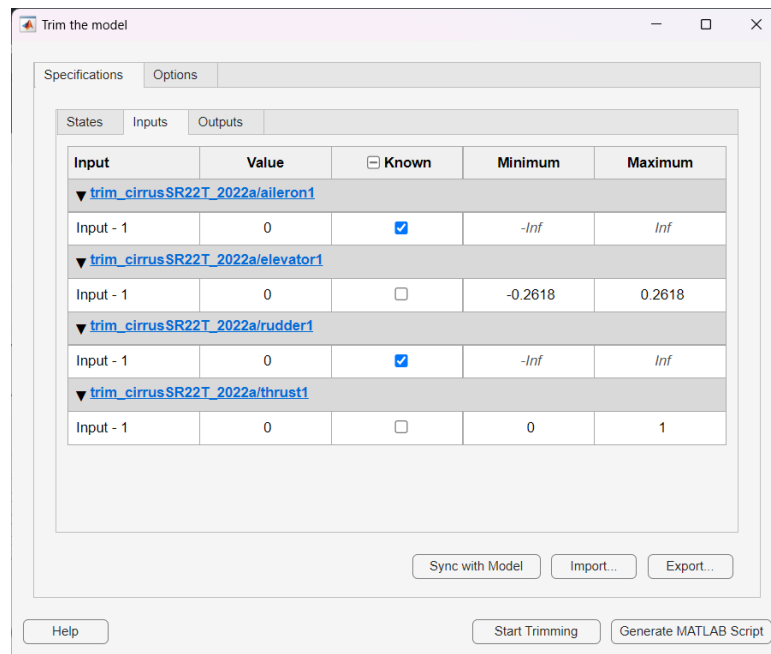
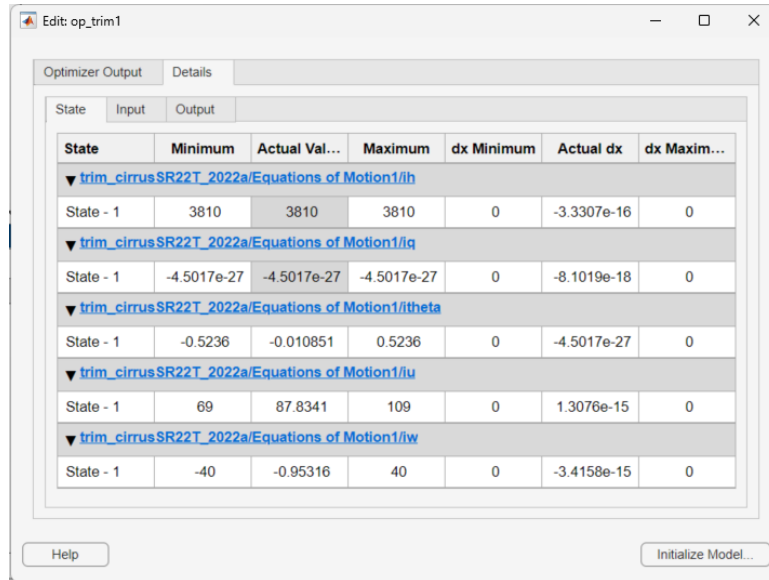


Figura 2: Configurações para as entradas no processo de trimmagem.

Para o processo é utilizado o método de otimização "*Gradient Descendent with Projection*", algoritmo "*Sequential Quadratic Programming (SQP)*".

1.2 Condição de equilíbrio de vôo

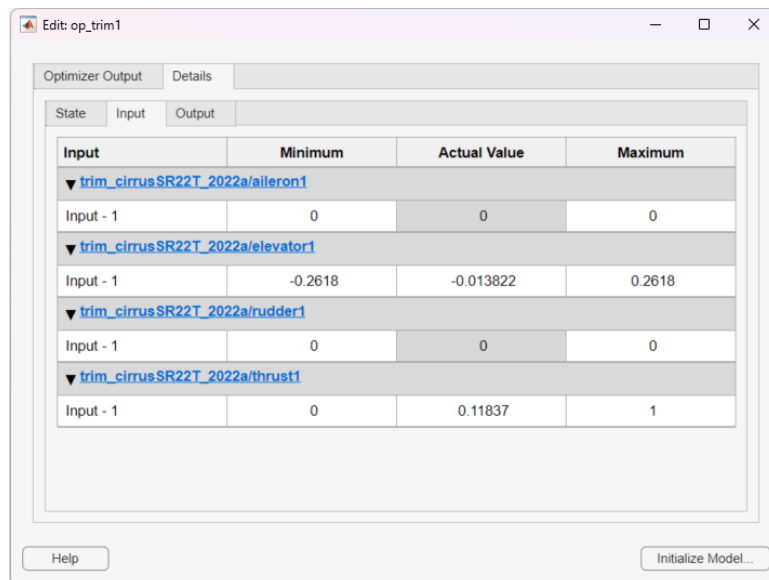
Desse modo, são encontradas as condições de equilíbrio de vôo. Primeiramente apresenta-se o valor dos estados e suas derivadas, de maneira tal que a primeira derivada temporal de cada um dos estados deve ser nula e a velocidade aproximadamente 80% da máxima.



State	Minimum	Actual Val...	Maximum	dx Minimum	Actual dx	dx Maxim...
▼ trim_cirrusSR22T_2022a/Equations of Motion1/ih						
State - 1	3810	3810	3810	0	-3.3307e-16	0
▼ trim_cirrusSR22T_2022a/Equations of Motion1/iq						
State - 1	-4.5017e-27	-4.5017e-27	-4.5017e-27	0	-8.1019e-18	0
▼ trim_cirrusSR22T_2022a/Equations of Motion1/itheta						
State - 1	-0.5236	-0.010851	0.5236	0	-4.5017e-27	0
▼ trim_cirrusSR22T_2022a/Equations of Motion1/iu						
State - 1	69	87.8341	109	0	1.3076e-15	0
▼ trim_cirrusSR22T_2022a/Equations of Motion1/iw						
State - 1	-40	-0.95316	40	0	-3.4158e-15	0

Figura 3: Estados na condição de equilíbrio de vôo.

Tem-se também o valor das entradas de equilíbrio. Buscam-se valores nulos para aileron e leme, bem como os valores não nulos de tração e profundor.



Input	Minimum	Actual Value	Maximum
▼ trim_cirrusSR22T_2022a/aileron1			
Input - 1	0	0	0
▼ trim_cirrusSR22T_2022a/elevator1			
Input - 1	-0.2618	-0.013822	0.2618
▼ trim_cirrusSR22T_2022a/rudder1			
Input - 1	0	0	0
▼ trim_cirrusSR22T_2022a/thrust1			
Input - 1	0	0.11837	1

Figura 4: Entradas na condição de equilíbrio de vôo.

Nota-se que os valores desejados são encontrados pelo algoritmo de otimização utilizado.

2 Comportamento do sistema na condição de equilíbrio de vôo

Assim, insere-se os valores encontrados para as entradas no simulador. Tem-se, então, por resultado os dados subsequentes:

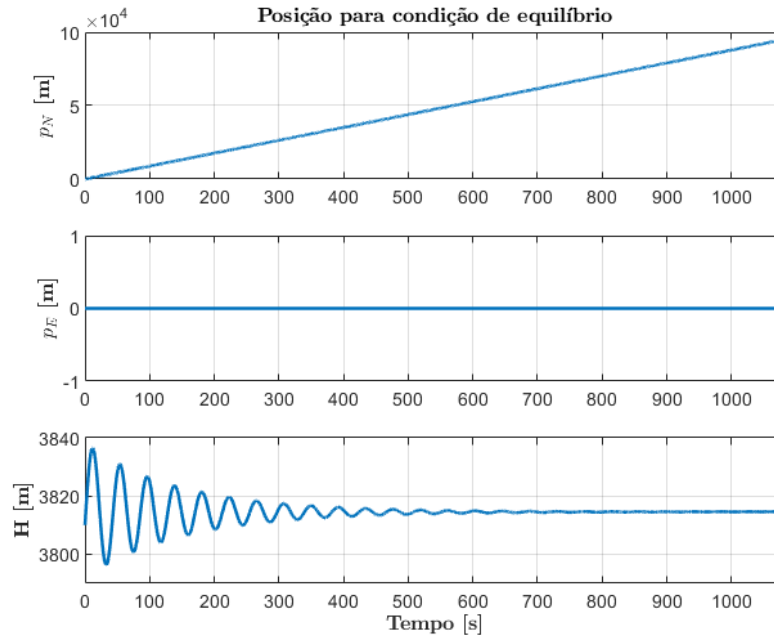


Figura 5: Posições na condição de equilíbrio de vôo.

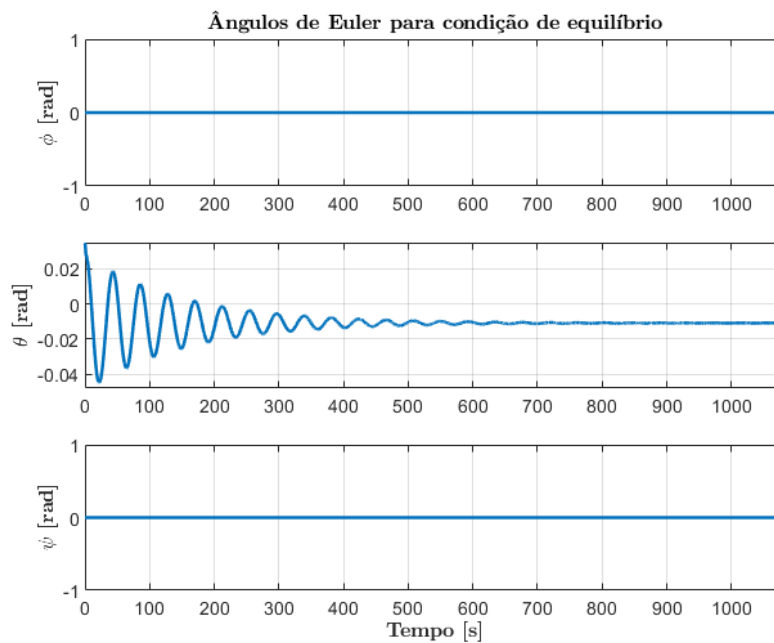


Figura 6: Ângulos de Euler na condição de equilíbrio de vôo.

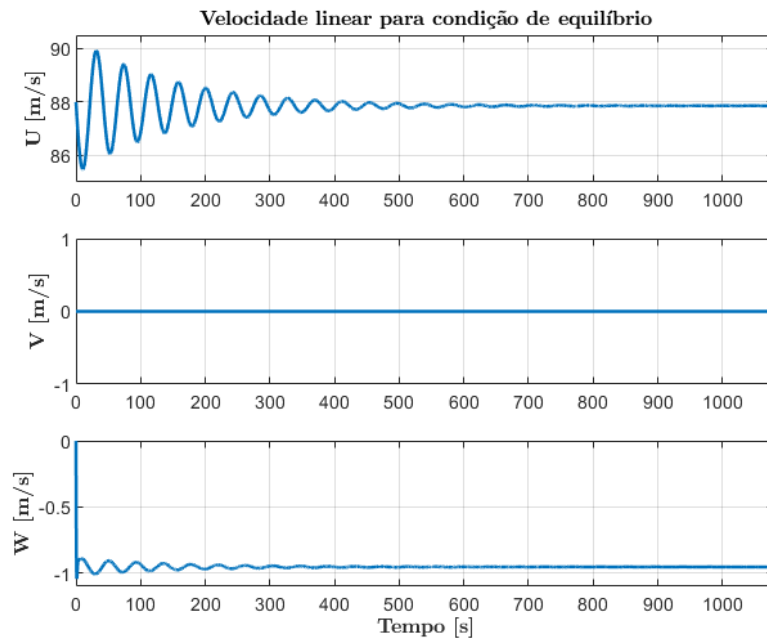


Figura 7: Velocidades lineares na condição de equilíbrio de vôo.

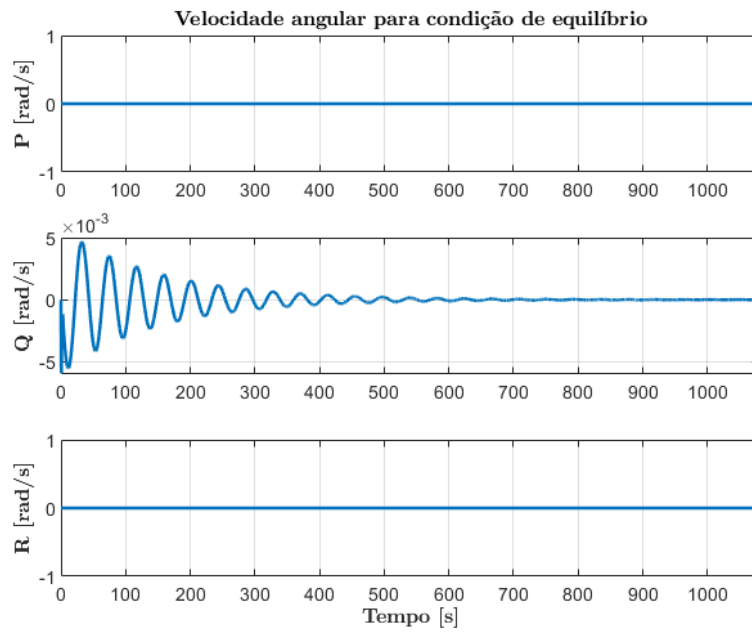


Figura 8: Velocidades angulares na condição de equilíbrio de vôo.

Conclui-se que, devido à dinâmica em estado estacionário das variáveis de estado para as entradas de controle encontradas, o ponto de equilíbrio encontrado pelo algoritmo de otimização constitui, de fato, uma condição de equilíbrio de vôo.