

# TUTORIAL DO APLICATIVO CD 1.0 (04/10/2015)

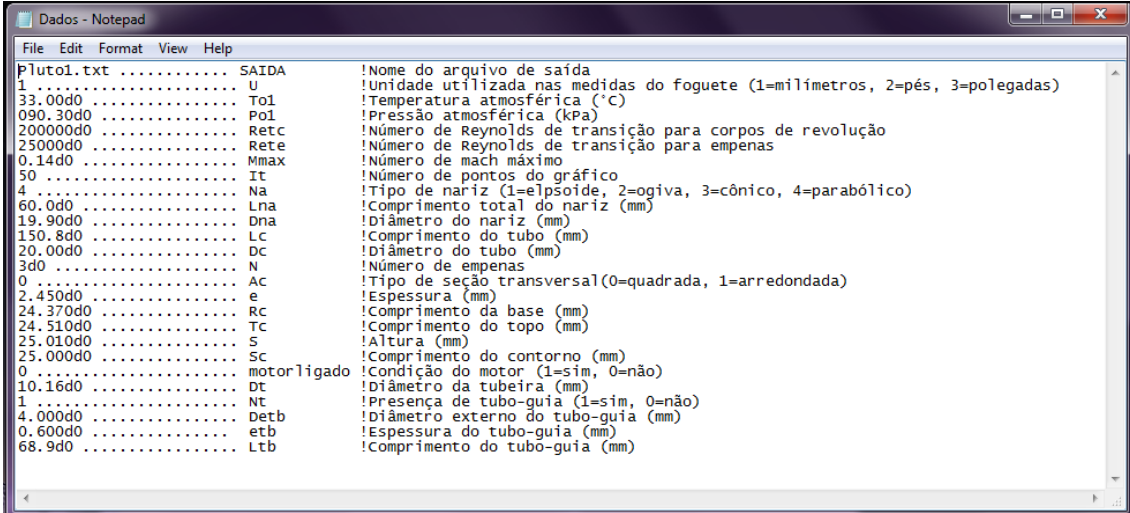
**Objetivo do aplicativo:** obter a curva de coeficiente de arrasto ( $C_d$ ) de um espaçomodelo

## **Informações básicas sobre o aplicativo:**

- Escrito em linguagem Fortran 90.
- A partir dos dados inseridos, referentes às características do espaçomodelo em estudo, o programa calcula o coeficiente de arrasto em função do número de Mach.
- O cálculo do  $C_d$  é feito através de uma série de equações teóricas e experimentais que são descritas no manual do aplicativo.
- Também é gerado um arquivo da curva de  $C_d$  que pode ser utilizado diretamente no aplicativo trajetória.

## **Procedimento:**

- 1) Inicializar o aplicativo clicando duas vezes sobre o arquivo CD1p0.exe.
  - Como resultado, ocorrerá a abertura do arquivo Dados.txt
  - Um exemplo do conteúdo desse arquivo é mostrado na Figura 1.



```
File Edit Format View Help
Pluto1.txt ..... SAIDA      !Nome do arquivo de saída
1 ..... U                  !Unidade utilizada nas medidas do foguete (1=milímetros, 2=pés, 3=polegadas)
33.00d0 ..... To1         !Temperatura atmosférica (°C)
090.30d0 ..... Po1         !Pressão atmosférica (kPa)
200000d0 ..... Retc       !Número de Reynolds de transição para corpos de revolução
250000d0 ..... Rete       !Número de Reynolds de transição para empenas
0.14d0 ..... Mmax        !Número de mach máximo
50 ..... It              !Número de pontos do gráfico
4 ..... Na               !Tipo de nariz (1=elipsóide, 2=ogiva, 3=cônico, 4=parabólico)
60.0d0 ..... Lna         !Comprimento total do nariz (mm)
19.90d0 ..... Dna        !Diâmetro do nariz (mm)
150.8d0 ..... Lc         !Comprimento do tubo (mm)
20.00d0 ..... Dc         !Diâmetro do tubo (mm)
3d0 ..... N              !Número de empenas
0 ..... Ac               !Tipo de seção transversal(0=quadrada, 1=arredondada)
2.450d0 ..... e          !Espessura (mm)
24.370d0 ..... Rc        !Comprimento da base (mm)
24.510d0 ..... Tc        !Comprimento do topo (mm)
25.010d0 ..... S         !Altura (mm)
25.000d0 ..... Sc        !Comprimento do contorno (mm)
0 ..... motorligado     !Condição do motor (1=sim, 0=não)
10.16d0 ..... Dt        !Diâmetro da tubeira (mm)
1 ..... NT              !Presença de tubo-guia (1=sim, 0=não)
4.000d0 ..... Detb      !Diâmetro externo do tubo-guia (mm)
0.600d0 ..... etb       !Espessura do tubo-guia (mm)
68.9d0 ..... Ltb        !Comprimento do tubo-guia (mm)
```

Figura 1. Exemplo de dados gerais para o aplicativo CD 1.0 referentes ao espaçomodelo Pluto1.

- 2) Digitar os dados solicitados:
  - “SAIDA” é o nome definido pelo usuário que será usado pelo aplicativo CD 1.0 para salvar os resultados da curva de coeficiente de arrasto.
  - Em “U”, deve-se entrar com o número referente à unidade que será utilizada para as medidas do espaçomodelo (milímetros, polegadas ou pés).
  - Em “To1” e “Po1”, deve-se utilizar os valores locais de temperatura (°C) e pressão atmosférica (kPa), respectivamente.

- “Retc” e “Rete” referem-se ao número de Reynolds de transição para corpos de revolução e empenas, respectivamente. Os valores escritos no arquivo de texto são valores padrão e não precisam ser modificados.
- Em “Mmax”, deve-se indicar o maior número de Mach (número de Mach máximo) que será analisado pelo programa.
- Em “It”, deve-se entrar com o número de pontos desejado para a curva de Cd. Os pontos são distribuídos entre um valor próximo de zero e o número de Mach máximo. O número de pontos também influencia no cálculo do Cd médio.
- Em “Na”, deve-se entrar com o número referente ao formato do nariz do espaçomodelo. A Figura 2 apresenta os 4 formatos aceitos pelo aplicativo.

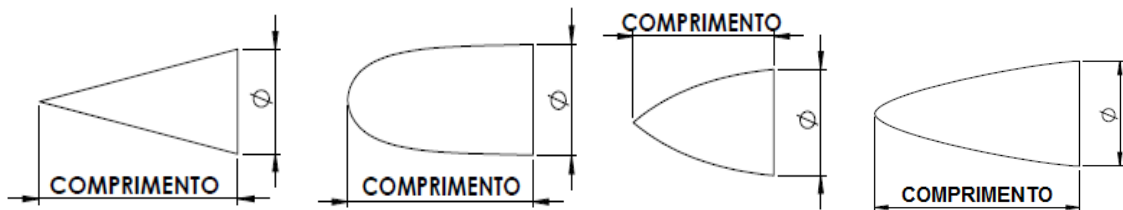


Figura 2. Formatos de narizes cônico, parabólico, ogiva e elipsoide, respectivamente.

- Em “Lna”, deve-se usar o comprimento total visível do nariz (desconsiderando a base encaixada no interior do tubo-foguete).
- Em “Dna”, deve-se utilizar o diâmetro máximo do nariz.
- Em “Lc”, deve-se usar o comprimento total do tubo-foguete.
- Em “Dc”, deve-se utilizar o diâmetro máximo do tubo-foguete.
- Em “N”, deve-se entrar com o número de empenas do espaçomodelo.
- Em “Ac”, deve-se entrar com o número referente ao tipo de seção transversal da empena.
- Em “e”, deve-se entrar com o valor da espessura da empena.
- “Rc”, “Tc”, “S” e “Sc” referem-se às dimensões da empena e estão representados pela Figura 3.

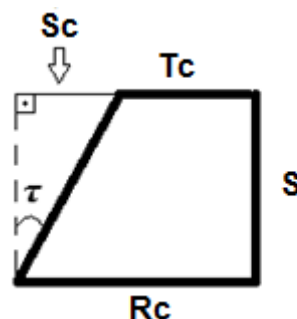


Figura 3. Dimensões de uma empena

- Em “motorligado”, pode-se considerar o efeito dos gases expelidos pela tubeira no cálculo do coeficiente de arrasto. É recomendado desprezar esse efeito (motorligado = 0) já que o aplicativo não é capaz de reconhecer a velocidade em que o espaçomodelo se encontra ao final da fase de propulsão (queima do propelente).
  - “Dt” refere-se ao diâmetro da tubeira. Esse dado só é significativo se o usuário optar por considerar o efeito dos gases expelidos.
  - “Nt” refere-se à presença de tubo-guia no espaçomodelo.
  - “Detb”, “etb” e “Ltb” significam diâmetro externo, espessura e comprimento do tubo-guia, respectivamente. Caso a opção Nt esteja desativada (Nt = 0), esses valores do arquivo de texto são ignorados pelo aplicativo.
- 3) Após digitar os dados, salvar e fechar o arquivo.
- Como resultado, será mostrado a curva de coeficiente de arrasto em função do número de Mach e da velocidade (km/h), como representado na Figura 4.
  - Ao ser fechada a janela da curva, outro arquivo será aberto, como o mostrado na Figura 5. Esse arquivo pode ser utilizado diretamente no aplicativo trajetória.
  - Após o fechamento do arquivo gerado para o trajetória, uma última janela será aberta (Figura 6). Essa janela contém o valor do coeficiente de arrasto total e os seus valores parciais para o valor máximo do número de Mach definido pelo usuário. Ela também contém o Cd médio do espaçomodelo.

#	Número de Mach	V(km/h)	Coeficiente de arrasto
2.8000000000000000E-003	3.4272000000000000	0.286269070522464	
5.6000000000000000E-003	6.8544000000000000	0.901705810736298	
8.4000000000000000E-003	10.2816000000000000	1.09315889988295	
1.1200000000000000E-002	13.7088000000000000	1.18323272919891	
1.4000000000000000E-002	17.1360000000000000	1.23426557181778	
1.6800000000000000E-002	20.5632000000000000	1.26644804481282	
1.9600000000000000E-002	23.9904000000000000	1.28821044956705	
2.2400000000000000E-002	27.4176000000000000	1.30366587900848	
2.5200000000000000E-002	30.8448000000000000	1.31504657164262	
2.8000000000000000E-002	34.2720000000000000	1.32366178621292	
3.0800000000000000E-002	37.6992000000000000	1.33032657737263	
3.3600000000000000E-002	41.1264000000000000	1.33557264133364	
3.6400000000000000E-002	44.5536000000000000	1.33976040857130	
3.9200000000000000E-002	47.9808000000000000	1.34314186790988	
4.2000000000000000E-002	51.4080000000000000	1.34589807944036	
4.4800000000000000E-002	54.8352000000000000	1.34816200517900	
4.7600000000000000E-002	58.2624000000000000	1.35003333771586	
5.0400000000000000E-002	61.6896000000000000	0.763427603033639	
5.3200000000000000E-002	65.1168000000000000	0.779169702682458	
5.6000000000000000E-002	68.5440000000000000	0.792927827178956	
5.8800000000000000E-002	71.9712000000000000	0.805021584293088	
6.1600000000000000E-002	75.3984000000000000	0.815707725466616	
6.4400000000000000E-002	78.8256000000000000	0.825194742564248	
6.7200000000000000E-002	82.2528000000000000	0.833653332832974	
7.0000000000000000E-002	85.6800000000000000	0.841224615767011	
7.2800000000000000E-002	89.1072000000000000	0.848026071015232	
7.5600000000000000E-002	92.5344000000000000	0.854156188161751	
7.8400000000000000E-002	95.9616000000000000	0.859698195859683	
8.1200000000000000E-002	99.3888000000000000	0.864722663609023	

Figura 4. Exemplo de curva de Cd gerada pelo aplicativo CD 1.0 em função do número de Mach e da velocidade para o espaçomodelo “Pluto1”.

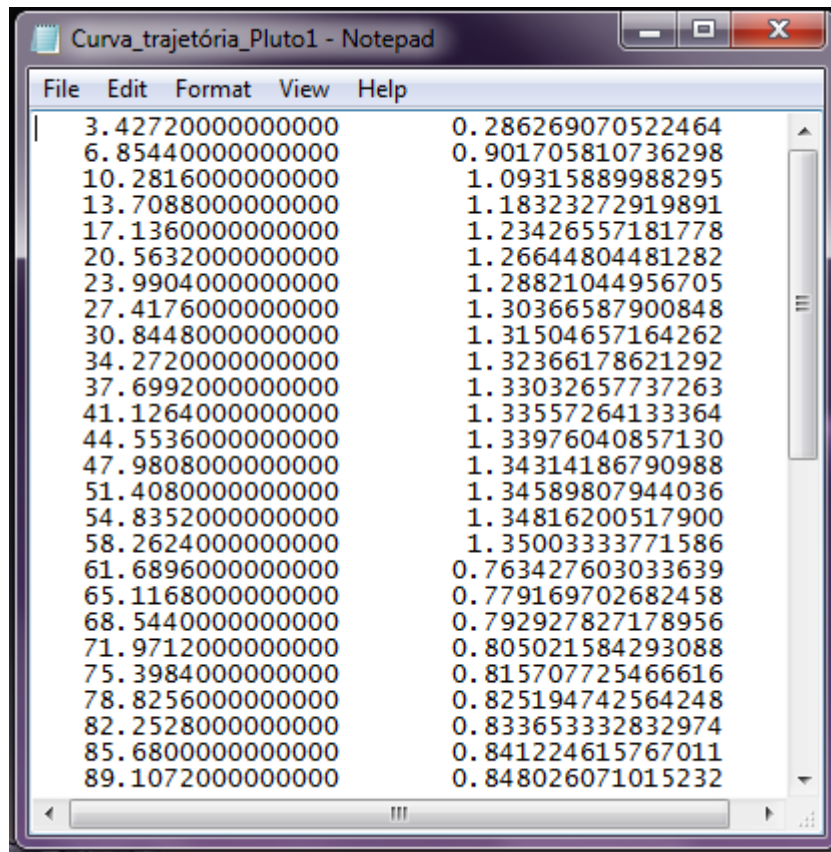


Figura 5. Curva de Cd do “Pluto1” gerada para uso direto no trajetória.

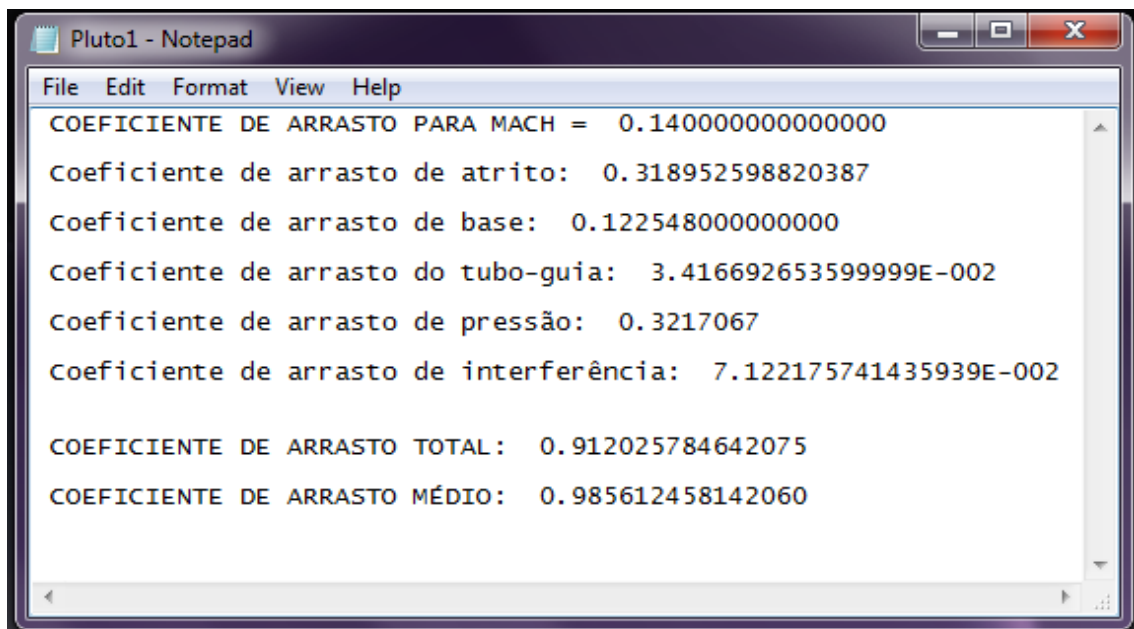
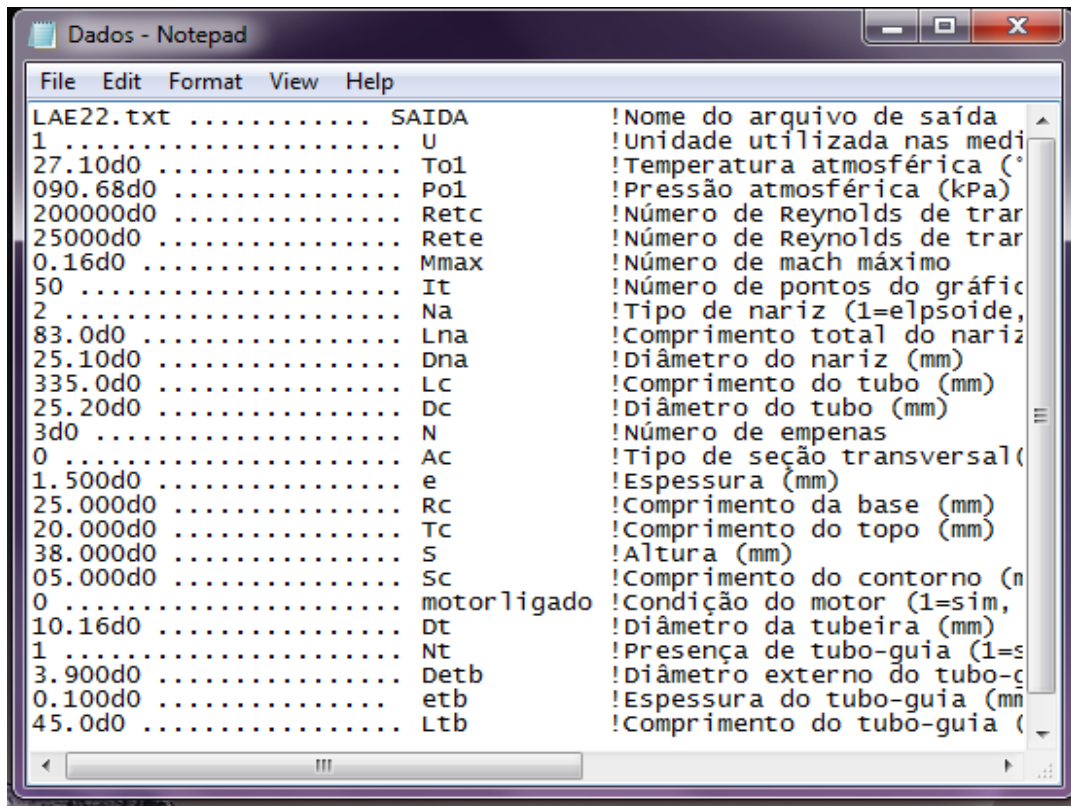


Figura 6. Coeficiente de arrasto total do “Pluto1” e suas parciais para o número de Mach igual 0.14.

- 4) Ao ser fechado o arquivo do coeficiente de arrasto para o número de Mach máximo, encerra-se a execução do aplicativo CD 1.0.

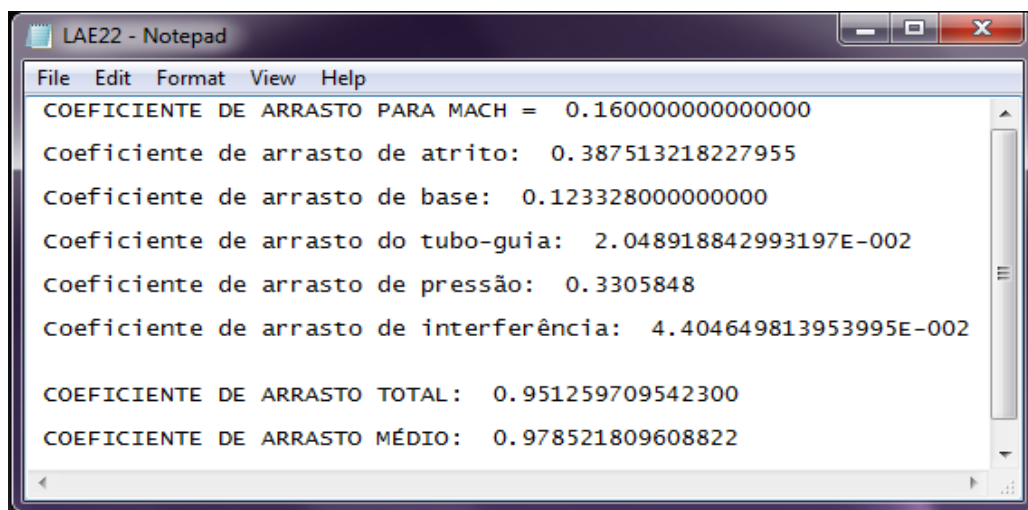
## Exercícios:

1. Executar o aplicativo CD 1.0 para extrair a curva de coeficiente de arrasto do minifoguete LAE-22. Para isso, salve ou renomeie o arquivo “dados\_LAE22.txt” para “Dados.txt” e execute o aplicativo. Os valores dos dados gerais e do Cd para o número de Mach máximo devem estar de acordo com as Figuras 7 e 8.



```
Dados - Notepad
File Edit Format View Help
LAE22.txt ..... SAIDA      !Nome do arquivo de saída
1 ..... U                  !Unidade utilizada nas medi
27.10d0 ..... To1         !Temperatura atmosférica (°
090.68d0 ..... Po1        !Pressão atmosférica (kPa)
200000d0 ..... Retc       !Número de Reynolds de trar
25000d0 ..... Rete       !Número de Reynolds de trar
0.16d0 ..... Mmax        !Número de mach máximo
50 ..... It              !Número de pontos do gráfic
2 ..... Na              !Tipo de nariz (1=elipse,
83.0d0 ..... Lna        !Comprimento total do nariz
25.10d0 ..... Dna       !Diâmetro do nariz (mm)
335.0d0 ..... LC        !Comprimento do tubo (mm)
25.20d0 ..... Dc        !Diâmetro do tubo (mm)
3d0 ..... N            !Número de empenas
0 ..... Ac             !Tipo de seção transversal(
1.500d0 ..... e         !Espessura (mm)
25.000d0 ..... Rc       !Comprimento da base (mm)
20.000d0 ..... TC       !Comprimento do topo (mm)
38.000d0 ..... S        !Altura (mm)
05.000d0 ..... Sc       !Comprimento do contorno (n
0 ..... motorligado    !Condição do motor (1=sim,
10.16d0 ..... Dt       !Diâmetro da tubeira (mm)
1 ..... NT             !Presença de tubo-guia (1=ε
3.900d0 ..... Detb     !Diâmetro externo do tubo-c
0.100d0 ..... etb      !Espessura do tubo-guia (mm
45.0d0 ..... Ltb       !Comprimento do tubo-guia (
```

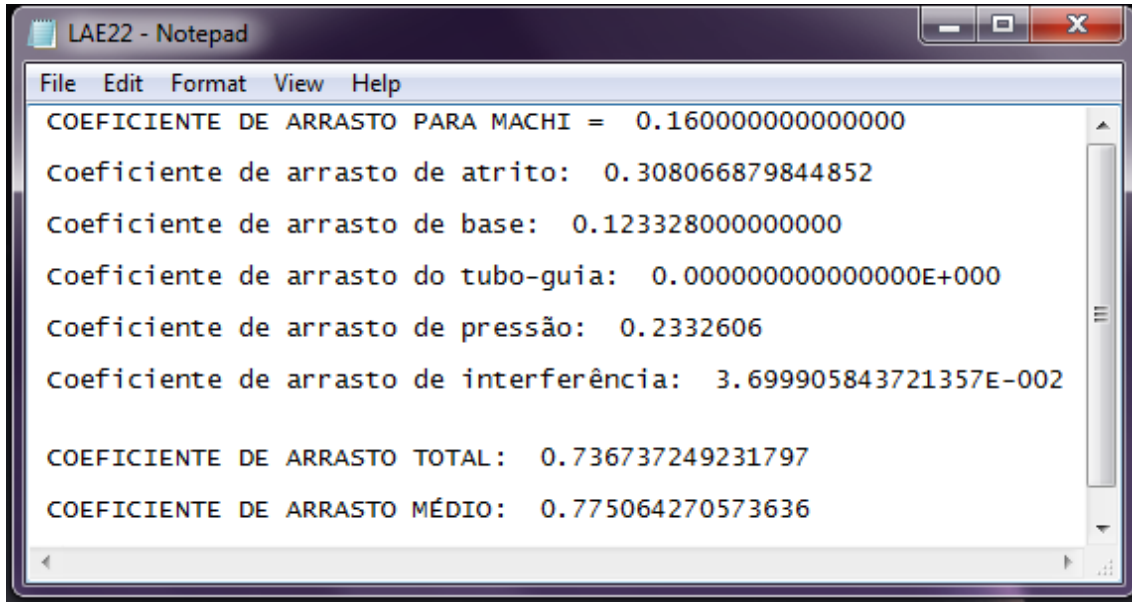
Figura 7. Dados gerais referentes ao espaçomodelo LAE-22.



```
LAE22 - Notepad
File Edit Format View Help
COEFICIENTE DE ARRASTO PARA MACH = 0.1600000000000000
Coeficiente de arrasto de atrito: 0.387513218227955
Coeficiente de arrasto de base: 0.1233280000000000
Coeficiente de arrasto do tubo-guia: 2.048918842993197E-002
Coeficiente de arrasto de pressão: 0.3305848
Coeficiente de arrasto de interferência: 4.404649813953995E-002
COEFICIENTE DE ARRASTO TOTAL: 0.951259709542300
COEFICIENTE DE ARRASTO MÉDIO: 0.978521809608822
```

Figura 8. Resultados esperados para o LAE-22.

2. Executar o programa com os dados do exercício anterior, mas alterando o diâmetro do nariz e do tubo foguete para 30 mm. Também desconsiderar a presença de tubo-guia. Os resultados devem gerar valores iguais aos da Figura 9.



```
LAE22 - Notepad
File Edit Format View Help
COEFICIENTE DE ARRASTO PARA MACHI = 0.1600000000000000
Coeficiente de arrasto de atrito: 0.308066879844852
Coeficiente de arrasto de base: 0.1233280000000000
Coeficiente de arrasto do tubo-guia: 0.0000000000000000E+000
Coeficiente de arrasto de pressão: 0.2332606
Coeficiente de arrasto de interferência: 3.699905843721357E-002

COEFICIENTE DE ARRASTO TOTAL: 0.736737249231797
COEFICIENTE DE ARRASTO MÉDIO: 0.775064270573636
```

**Figura 9. Resultados esperados para o LAE-22 modificado.**