



Mecânica do Voo


Variação da posição do profundor com tração constante





Referências Bibliográficas

- **ITEN 1.8**: Paglione, P. ; Zanardi, M. C., [Estabilidade e Controle de Aeronaves](#), ITA, 1990.
- Bernard Etkin, Lloyd Duff Reid, [Dynamics of Flight – Stability and Control](#), John Wiley & Sons, 3ª Ed, 1996.
- STEVENS, Brian L.; LEWIS, Frank L. Aircraft control and simulation. 2nd ed. Hoboken: John Wiley & Sons, 2003



**9.5. VARIAÇÕES DA POSIÇÃO DO PROFUNDOR COM TRAÇÃO
CONSTANTE**

ITEM 1.8.5 APOSTILA

9.6. PILOTAGEM NO PRIMEIRO E SEGUNDO REGIME

ITEM 1.8.6 APOSTILA



9. 5. VARIAÇÕES DA POSIÇÃO DO PROFUNDOR COM TRAÇÃO CONSTANTE

FOI VISTO QUE PARA EVITAR QUE A VELOCIDADE AUMENTE OU QUE A ALTITUDE DIMINUA, APÓS UM AUMENTO DA TRAÇÃO, O PILOTO DEVE CABRAR O AVIÃO (AUMENTAR ÂNGULO DE ATAQUE)

VAMOS ANALISAR AGORA SE O MESMO OCORRE COM O MOVIMENTO DO CG, CONSIDERANDO A TRAÇÃO CONSTANTE, AUMENTANDO O ÂNGULO DE ATAQUE, ATRAVÉS DA ATUAÇÃO NO PROFUNDOR.



VAMOS PARTIR DE UM VOO DE EQUILÍBRIO HORIZONTAL, COM VELOCIDADE CONSTANTE E ÂNGULO DE TRAJETÓRIA ZERO:

$$V_e, \alpha_e = cte \quad e \quad \gamma_e = 0$$

MODIFICAMOS O ÂNGULO DE ATAQUE, O QUAL É FIXADO INSTANTENAMENTE A PARTIR DA ALTERAÇÃO DA DEFLEXÃO DO PROFUNDOR.

SEJA $\alpha > \alpha_e$



AUMENTO DE C_L



VARIAÇÃO DE ÂNGULO DE TRAJETÓRIA DE VOO $\dot{\gamma}$



TRAJETÓRIA DE SUBIDA

PELA EQUAÇÃO DA SUSTENTAÇÃO HAVERÁ UM DESEQUILÍBRIO ENTRE SUSTENTAÇÃO E PESO



PELA EQUAÇÃO DO ARRASTO APARECE UM DESEQUILÍBIO ENTRE TRAÇÃO E ARRASTO



OCORRE UMA DESACELERAÇÃO $\dot{V} < 0$, VELOCIDADE DIMINUI.



SUSTENTAÇÃO VAI DIMINUIR



VARIAÇÃO DO ÂNGULO DE TRAJETÓRIA DE VOO, DIMINUIR



ASSIM HAVERÁ OSCILAÇÕES AMORTECIDAS NA VELOCIDADE E ÂNGULO DE TRAJETÓRIA, TENDENDO A UM NOVO ESTADO DE EQUILÍBRIO CORRESPONDENDO A UMA VELOCIDADE MENOR, DADA PELA EQUAÇÃO DE SUSTENTAÇÃO



No novo equilíbrio:

$$V^2 = \frac{2mg}{\rho S C_L} \quad \gamma = \frac{F - \frac{1}{2} \rho S C_D V^2}{mg}$$

O MÓDULO E SINAL DO ÂNGULO DE TRAJETÓRIA DEPENDEM DO VALOR DA FORÇA DE ARRASTO, CORRESPONDENTE A **NOVA VELOCIDADE DE EQUILÍBRIO**.

O ÂNGULO DE ATAQUE É MAIOR, LOGO C_D É MAIS ELEVADO, MAS A VELOCIDADE É MENOR.

O QUE ACONTECE COM O NOVO ÂNGULO DE TRAJETÓRIA NO EQUILÍBRIO?
ISSO DEPENDE DO VALOR INICIAL DA VELOCIDADE.



SE A VELOCIDADE DE EQUILIBRIO INICIAL É GRANDE.

A EQUAÇÃO DE SUSTENTAÇÃO IMPÕE UM C_L PEQUENO.

UMA DIMINUIÇÃO DA VELOCIDADE SE TRADUZ POR UMA DIMINUIÇÃO DO ARRASTO, POIS O AUMENTO C_D É DESPREZÍVEL QUANDO COMPARADO COM A DIMINUIÇÃO DE v^2

LOGO O ÂNGULO DE TRAJETÓRIA SE ESTABILIZA EM VALOR POSITIVO :

$$\gamma_e > 0$$

VOO DE SUBIDA COM VELOCIDADE CONSTANTE, SIMILAR A RESPOSTA INICIAL DO MOVIMENTO.



SE A VELOCIDADE DE EQUILÍBRIO INICIAL É PEQUENA.

A EQUAÇÃO DE SUSTENTAÇÃO IMPÕE UM C_L GRANDE.

UMA DIMINUIÇÃO DA VELOCIDADE SE TRADUZ POR UM AUMENTO DO ARRASTO, POIS A DIMINUIÇÃO v^2 É DESPREZÍVEL QUANDO COMPARADO COM O AUMENTO DE C_D

LOGO O ÂNGULO DE TRAJETÓRIA SE ESTABILIZA EM VALOR NEGATIVO :

$$\gamma_e < 0$$

VOO DE DESCIDA COM VELOCIDADE CONSTANTE, CONTRÁRIO A RESPOSTA INICIAL DO MOVIMENTO



OBSERVAÇÃO:

PARA ASSEGURAR O VOO HORIZONTAL DE EQUILÍBRIO INICIAL COM UMA DADA VELOCIDADE, É NECESSÁRIO FIXAR UMA TRAÇÃO IGUAL AO ARRASTO:

$$F = \frac{1}{2} \rho s C_D V^2$$

POR ESSA RAZÃO, A CURVA DA ARRASTO EM FUNÇÃO DA VELOCIDADE É CHAMADA DE **CURVA DE TRAÇÃO REQUERIDA** (NECESSÁRIA) AO VOO HORIZONTAL

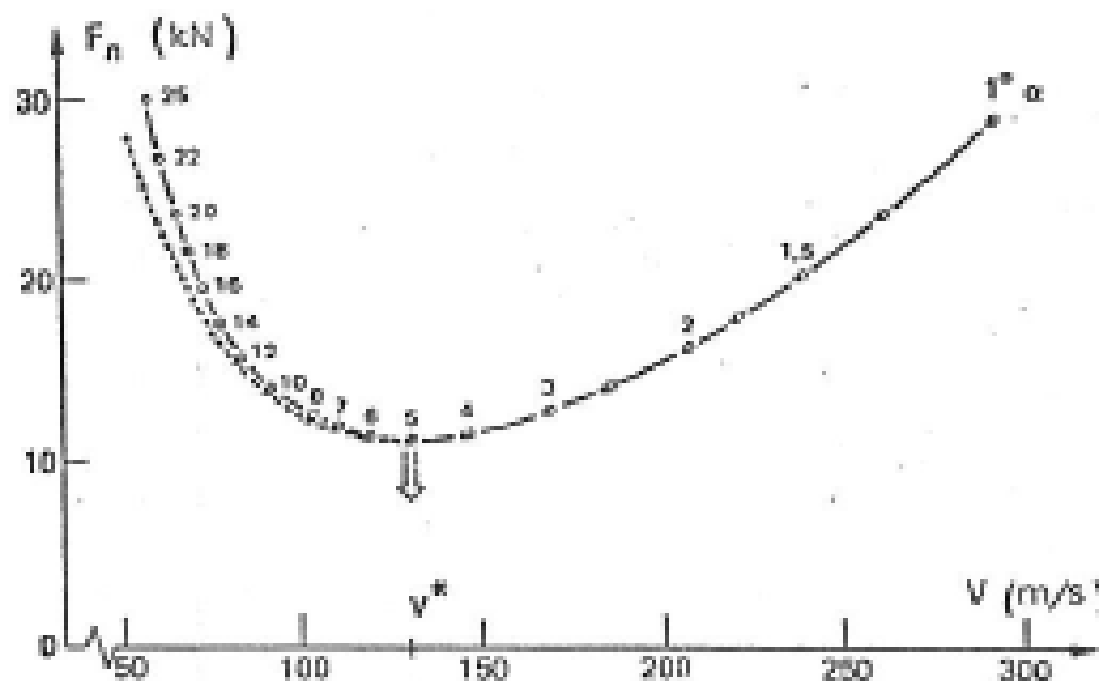


VARIAÇÃO DO ARRASTO COM A VELOCIDADE

-o-o-o-o- APROXIMADO

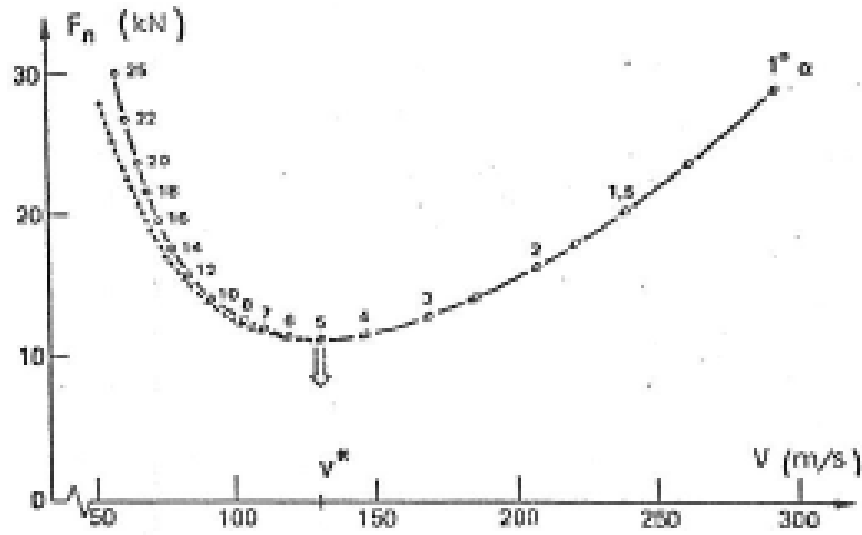
----- REAL

MIRRAGE, COM $m = 7400\text{kg}$, $C_D = 0,015 + 0,4C_L^2$



ARRASTO MÍNIMO

$V^* = 130,4 \text{ m/s}$



$$V^* = 130,4 \text{ m/s}$$



FORNECE A
EFICIÊNCIA AERODINÂMICA
MÁXIMA

$$\alpha = 5^\circ$$
$$C_L = 0,194$$
$$C_D = 0,03$$

$$E = \frac{C_L}{C_D} = 6,47$$

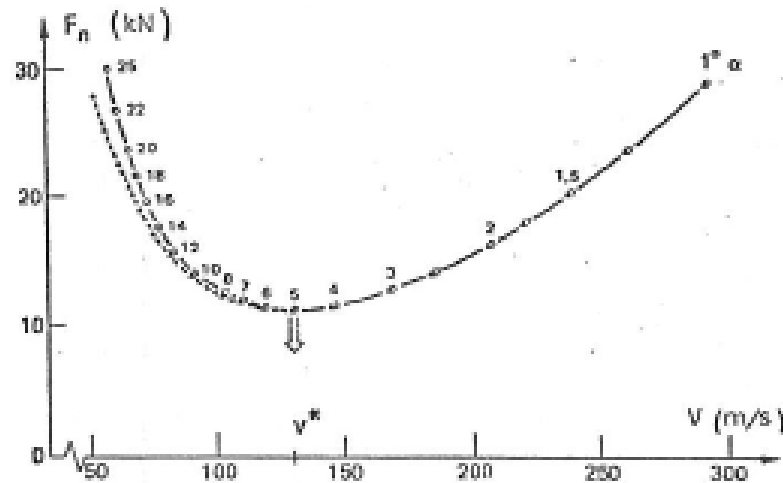
SE F_n É A TRAÇÃO REQUERIDA AO VOO HORIZONTAL:

$$mg = \frac{1}{2} \rho s C_L V^2 \quad F_n = \frac{1}{2} \rho s C_D V^2$$

$$\frac{F_n}{mg} = \frac{C_D}{C_L} = \frac{1}{E}$$



É MÁXIMA, CORRESPONDE A TRAÇÃO MÍNIMA.



PARA 100m/s O ÂNGULO DE ATAQUE É DA ORDEM DE 9°. APROXIMAÇÃO DE ÂNGULO PEQUENO JÁ NÃO É PRECISA. SE TORNA MENOS PRECISA PARA VELOCIDADES MENORES.

NECESSÁRIO CALCULAR TRAÇÃO SEM SIMPLIFICAÇÕES PARA VELOCIDADE MAIS BAIXAS.

PARA O CASO DE TRAÇÃO CONSTANTE, SEMPRE QUE A VELOCIDADE INICIAL FOR SUPERIOR OU INFERIOR A V^* , UM AUMENTO NO ÂNGULO DE ATAQUE E POR CONSEQUENCIA DE C_L E C_D , VAI CONDUZIR A UM NOVO ESTADO DE EQUILÍBRIO COM VELOCIDADE MENOR E COM UM ÂNGULO DE TRAJETORIA POSITIVO OU NEGATIVO.



RESUMIDAMENTE

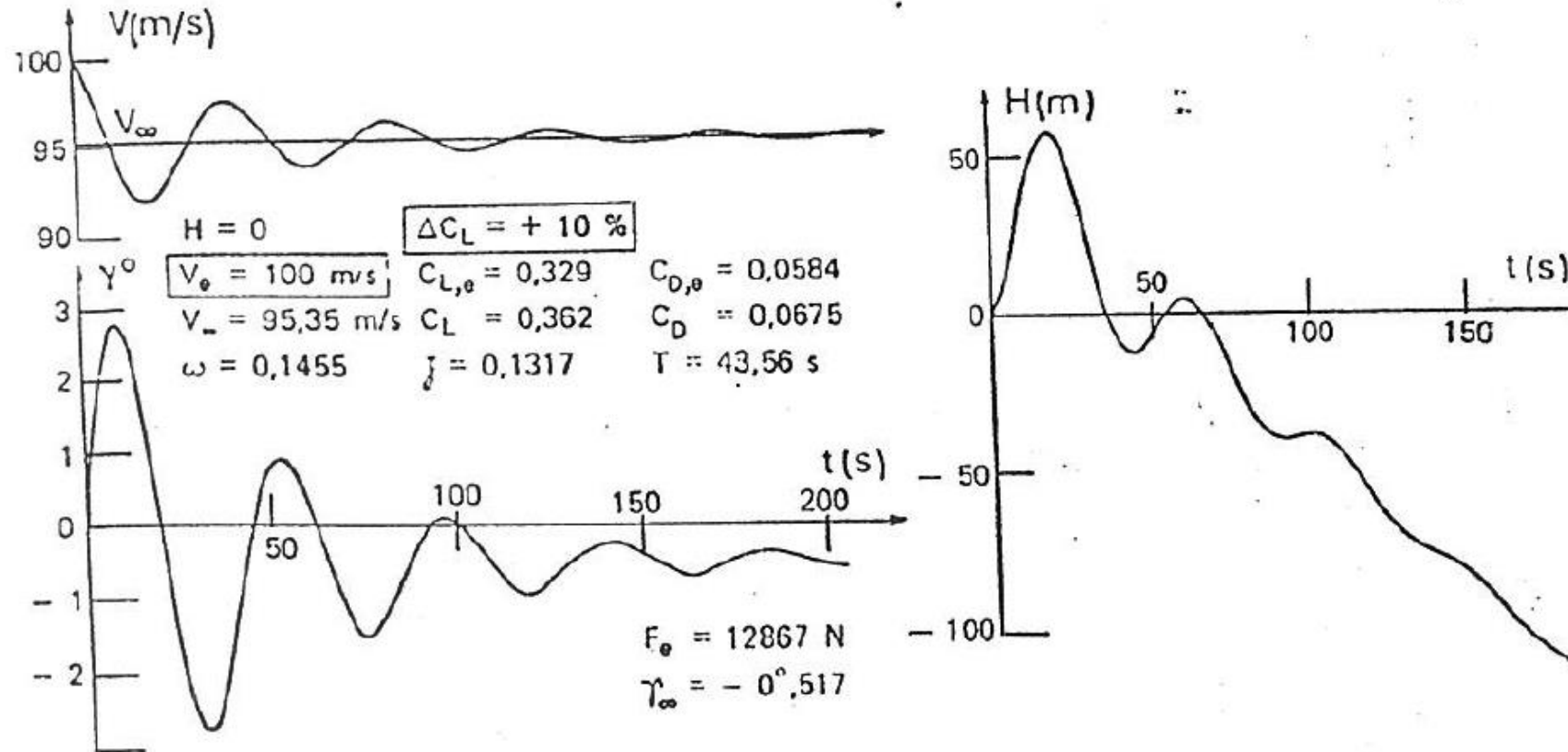
AUMENTO NO ÂNGULO DE ATAQUE SE TRADUZ SEMPRE NO INÍCIO POR UM **AUMENTO DE ÂNGULO DE TRAJETORIA** E DIMINUIÇÃO DE VELOCIDADE.

APÓS ALGUMAS OSCILAÇÕES AMORTECIDAS, O **AVIÃO SE ESTABILIZA SOBRE UMA TRAJETÓRIA DE SUBIDA**, SE A VELOCIDADE DE EQUILÍBRIO FOR **SUPERIOR A VELOCIDADE V^*** , OU EM UMA **TRAJETÓRIA DE DESCIDA**, SE A VELOCIDADE DE EQUILÍBRIO FOR INFERIOR À V^*

ACIMA DA VELOCIDADE V^* , A RESPOSTA ESTABILIZADA DO AVIÃO SOBRE UMA SOLICITAÇÃO A CABRAR TEM O MESMO SENTIDO DA RESPOSTA INICIAL: AVIÃO SOBE E CONTINUA A SUBIR. A RESPOSTA A PICAR O AVIÃO DESCE CONTINUA A DESCER.

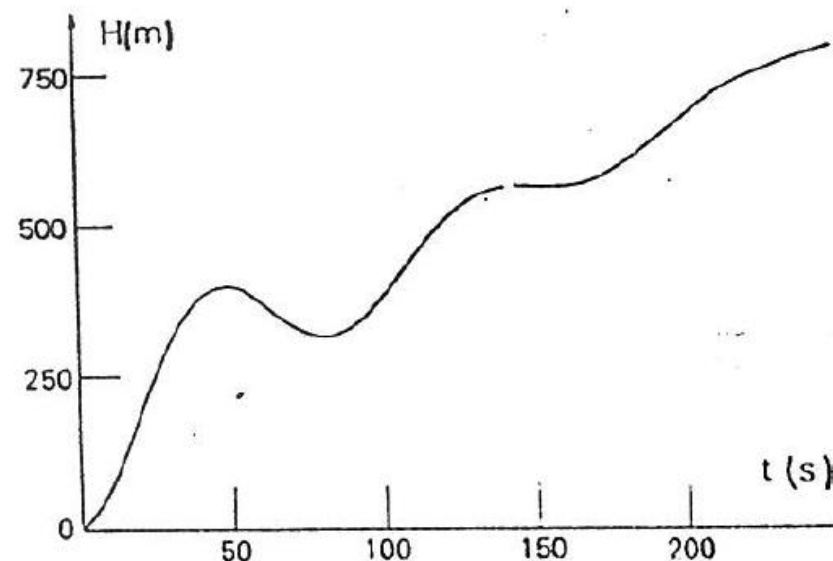
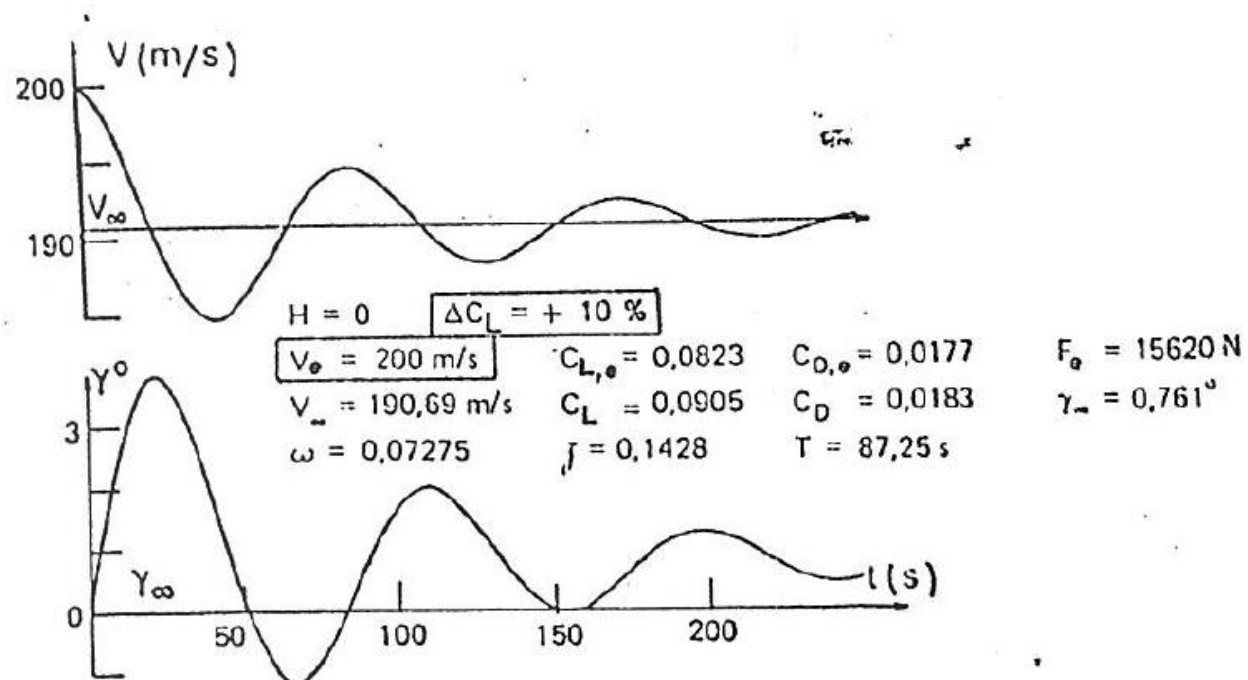
ABAIXO DA VELOCIDADE V^* , A RESPOSTA ESTABILIZADA DO AVIÃO SOBRE UMA SOLICITAÇÃO A CABRAR TEM SENTIDO CONTRÁRIO DA RESPOSTA INICIAL: AVIÃO SOBE E DEPOIS SE ESTABELIZA EM DESCIDA. A RESPOSTA A PICAR O AVIÃO DESCE E DEPOIS SOBE.

VELOCIDADE DE EQUILIBRIO MENOR DO QUE $V^* = 130,4$ m/s AUMENTO DE ÂNGULO DE ATAQUE

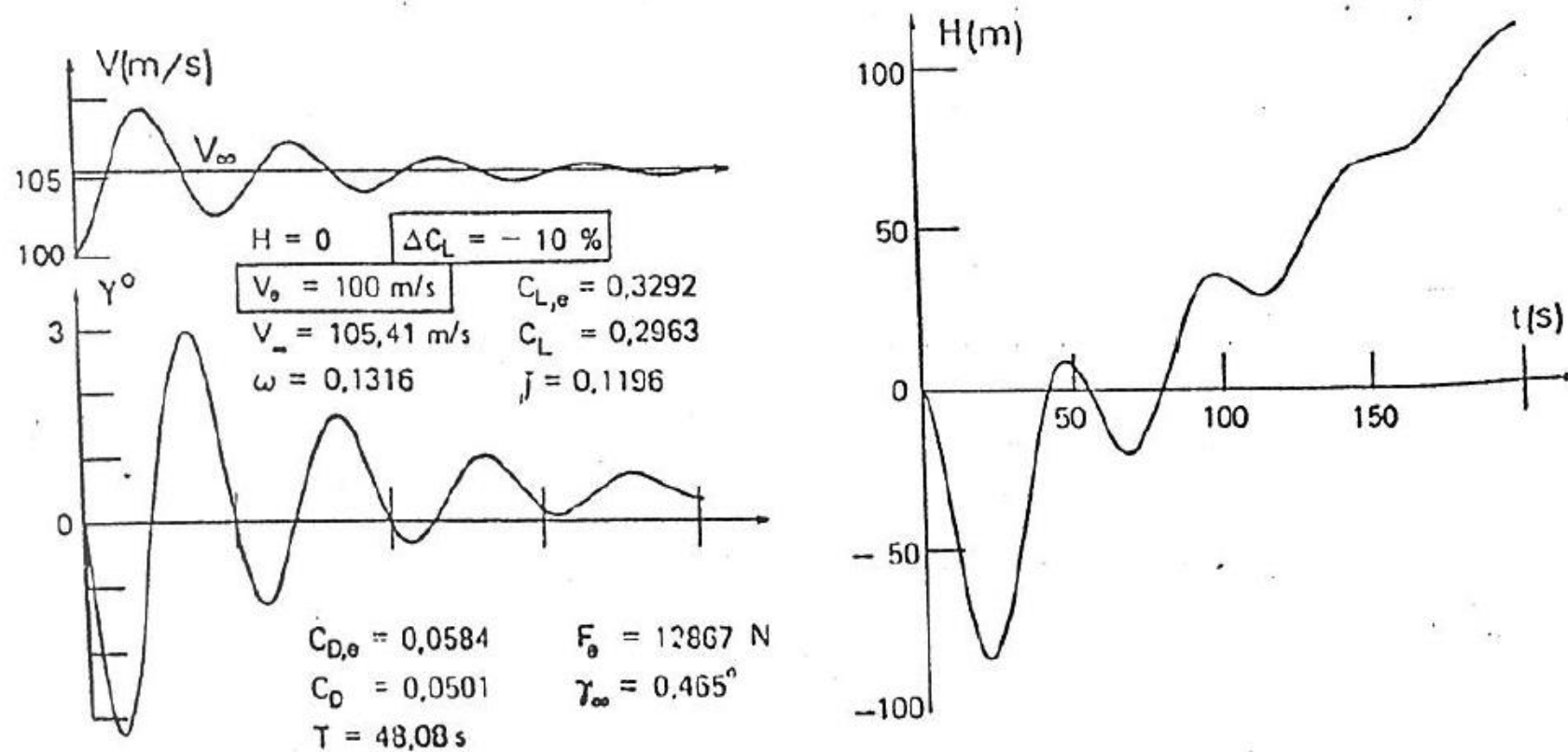


$V < V^*$ - RESPOSTA FINAL DIFERENTE DA INICIAL

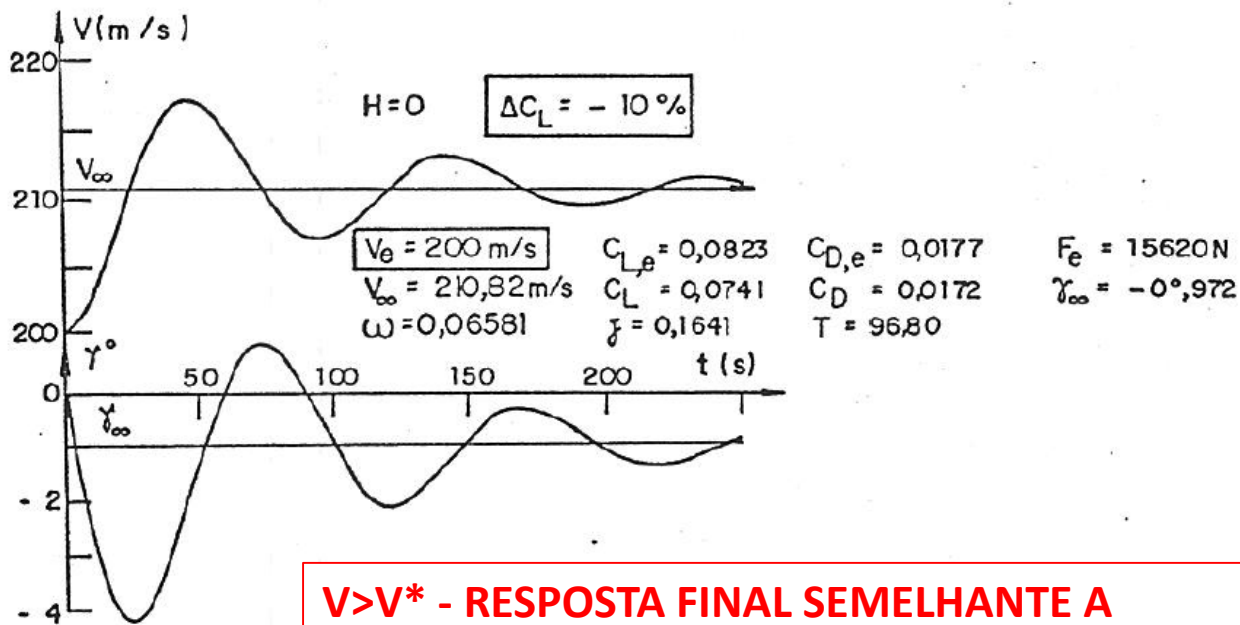
**VELOCIDADE DE EQUILIBRIO MAIOR DO QUE $V^* = 130,4$ m/s
AUMENTO DE ÂNGULO DE ATAQUE**



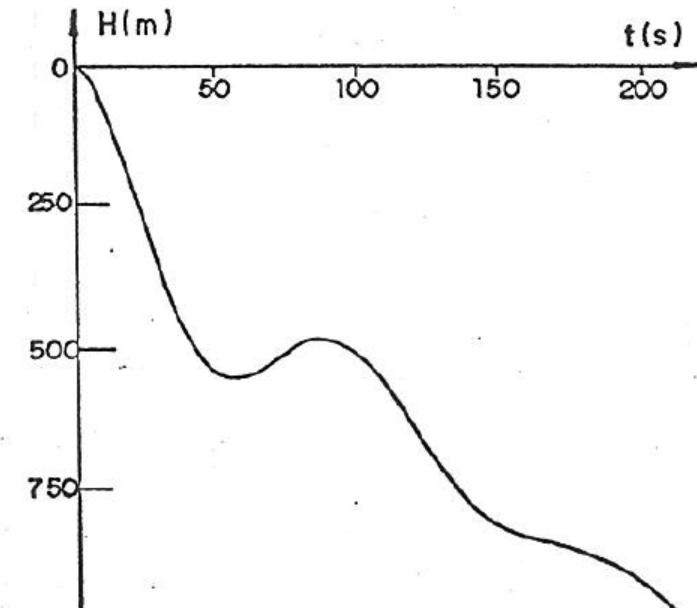
VELOCIDADE DE EQUILIBRIO MENOR DO QUE $V^* = 130,4$ m/s DIMINUIÇÃO DE ÂNGULO DE ATAQUE



VELOCIDADE DE EQUILIBRIO MAIOR DO QUE $V^* = 130,4$ m/s
DIMINUIÇÃO DE ÂNGULO DE ATAQUE



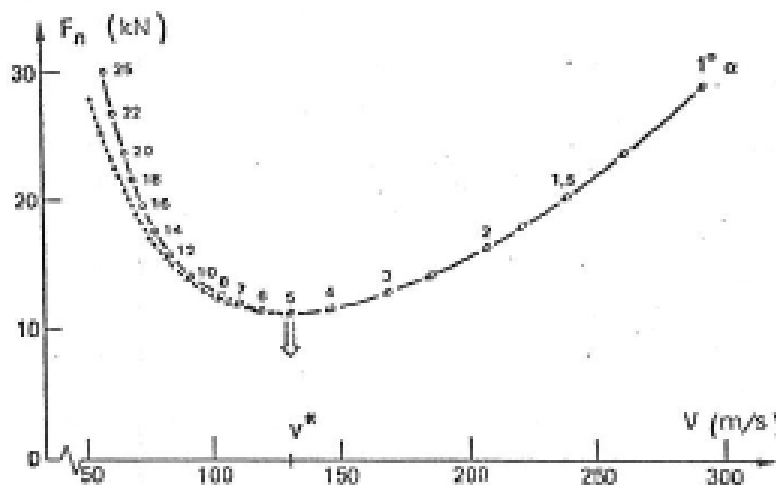
$V > V^*$ - RESPOSTA FINAL SEMELHANTE A RESPOSTA INICIAL





O VOO PARA VELOCIDADES SUPERIORES À VELOCIDADE V^* É CHAMANDO DE VOO NO 1º REGIME. $V > V^*$

O VOO PARA VELOCIDADES INFERIORES À VELOCIDADE V^* É CHAMADO DE VOO NO 2º REGIME. $V < V^*$



PILOTAGEM NO 2º REGIME É MAIS DIFÍCIL, POIS O PILOTO TEM A SENSAÇÃO INICIAL CONTRÁRIA AO QUE REALMENTE DESEJA.



VOO NO 1º REGIME

SE O AVIÃO ESTÁ EM VOO HORIZONTAL DE EQUILÍBRIO E O PILOTO AUMENTA O ÂNGULO DE ATAQUE, SABEMOS QUE A VELOCIDADE VAI DIMINUIR E A ALTITUDE VAI AUMENTAR .

A REAÇÃO DO PILOTO VAI DEPENDER DA TRAJETÓRIA REQUERIDA PARA O AVIÃO:

- 1) MANUTENÇÃO DO AVIÃO EM VOO HORIZONTAL EM UMA ALTITUDE QUALQUER.**
- 2) MANUTENÇÃO DO AVIÃO EM VOO HORIZONTAL A UMA ALTITUDE PRÉ-DETERMINADA.**



VOO NO 1º REGIME

1) MANUTENÇÃO DO AVIÃO EM VOO HORIZONTAL EM UMA ALTITUDE QUALQUER.

O PILOTO CONSTATANDO QUE A **VELOCIDADE DIMINUI** VAI COMANDAR UMA **DIMINUIÇÃO DO ÂNGULO DE ATAQUE** ATÉ QUE A VELOCIDADE RETORNE AO SEU VALOR INICIAL.

A VELOCIDADE ESTANDO NOVAMENTE FIXADA NO SEU VALOR INICIAL, O PILOTO COMANDA UM VOO DE SUBIDA COM VELOCIDADE CONSTANTE, ATUANDO NA MANETE E PROFUNDOR, ATÉ OBTER O ÂNGULO DE TRAJETÓRIA NULO.

PILOTO CONTROLA O ÂNGULO DE ATAQUE ATRAVÉS DO **VELOCÍMETRO**:

VELOCIDADE MENOR QUE V_e → **DIMINUE ÂNGULO DE ATAQUE** → **EMPURRAR O MANCHE**

VELOCIDADE MAIOR QUE V_e → **AUMENTA ÂNGULO DE ATAQUE** → **PUXAR O MANCHE**



VOO NO 1º REGIME

2) MANUTENÇÃO DO AVIÃO EM VOO HORIZONTAL A UMA ALTITUDE PRÉ-DETERMINADA: VELOCIDADE E ALTITUDE PRÉ-ESTABELECIDOS

O AVIÃO ESTANDO **ACIMA DA ALTITUDE DESEJADA**, É NECESSÁRIO **COMANDAR UMA DESCIDA**. DEVE SE COMANDAR UM AUMENTO DA VELOCIDADE ALÉM DA VELOCIDADE DE EQUILÍBRIO, ATRAVÉS DA DIMINUIÇÃO DO ÂNGULO DE ATAQUE.

UMA VEZ A **ALTITUDE SENDO ALCANÇADA**, O PILOTO COMANDARÁ A **COLOCAÇÃO EM VOO HORIZONTAL**, ANULANDO O ÂNGULO DE TRAJETÓRIA DE VOO. O PILOTO VAI AUMENTAR E DIMINUIR O ÂNGULO DE ATAQUE.

O AVIÃO ENTRANDO EM **VOO HORIZONTAL NA ALTITUDE DESEJADA**, PORÉM COM **VELOCIDADE MAIOR QUE A DESEJADA**, O PILOTO COMANDARÁ UM **VOO HORIZONTAL DESACELERADO**:

DIMINUIR A TRAÇÃO → DIMINUIÇÃO EM V → NECESSÁRIO AUMENTAR ÂNGULO DE ATAQUE
PARA MANTER $\gamma = 0^\circ$ → REPETINDO O PROCESSO ATÉ ALCANÇAR A VELOCIDADE DESEJADA.



VOO NO 1º REGIME

2) MANUTENÇÃO DO AVIÃO EM VOO HORIZONTAL A UMA ALTITUDE PRÉ-DETERMINADA.

PILOTO CONTROLA O ÂNGULO DE ATAQUE EM FUNÇÃO DAS INDICAÇÕES DO ALTÍMETRO:

ALTITUDE GRANDE → DIMINUIR ÂNGULO DE ATAQUE

ALTITUDE BAIXA → AUMENTA O ÂNGULO DE ATAQUE



VOO NO 2º REGIME

SE O ÂNGULO DE ATAQUE AUMENTA, O AVIÃO VAI SE ESTABILIZAR EM UM VOO DE DESCIDA ALGUNS MOMENTOS DEPOIS, COM VELOCIDADE INFERIOR A INICIAL.

1) MANUTENÇÃO DO AVIÃO EM VOO HORIZONTAL EM UMA ALTITUDE QUALQUER.

PILOTO IRÁ **DIMINUIR O ÂNGULO DE ATAQUE** DE MODO QUE A VELOCIDADE VOLTE A CRESCER E ATINGIR O VALOR INICIAL.

O PILOTO RECUPERA O EQUILÍBRIO HORIZONTAL DO MESMO MODO QUE NO 1º REGIME, PORÉM COMANDANDO UM VOO DE DESCIDA COM VELOCIDADE CONSTANTE, ATUANDO NO PROFUNDOR E MANETE PARA ANULAR O ÂNGULO DE TRAJETÓRIA



VOO NO 2º REGIME

2) MANUTENÇÃO DO AVIÃO EM VOO HORIZONTAL A UMA ALTITUDE PRÉ-DETERMINADA.

O PILOTO AO CONSTATAR QUE A ALTITUDE É INFERIOR A ALTITUDE DESEJADA, PROCURA COMANDAR UM VOO DE SUBIDA, ATRAVÉS DA DIMINUIÇÃO DO ÂNGULO DE ATAQUE, DE MODO QUE A VELOCIDADE E ALTITUDE AUMENTEM.

NO ENTANTO NOS INSTANTES INICIAIS A VELOCIDADE AUMENTA MAS A ALTURA CONTINUA A DECRESCER. APENAS ALGUNS MINUTOS DEPOIS O AVIÃO VAI SE ESTABILIZAR EM UM VOO DE DESCIDA.

DIFICULDADE DO VOO NO 2º REGIME.



VOO NO 2º REGIME

ASSIM, O PILOTO CONSTANDO NO 2º REGIME QUE A ALTITUDE É BAIXA, ELE TEM QUE EMPURRAR O MANCHE.

UMA VEZ TOMADA ESSA ATITUDE, ELE VAI VER INICIALMENTE A AERONAVE DESCER PARA DEPOIS SUBIR.

TÃO LOGO O AVIÃO ATINGIR A ALTITUDE DESEJADA, ELE ESTARÁ COM VELOCIDADE SUPERIOR A DE EQUILÍBRIO E PARA DESACELERAR, É NECESSÁRIO AUMENTAR O ÂNGULO DE ATAQUE, O QUE TEM COMO PRIMEIRO EFEITO UM AUMENTO NO ÂNGULO DE TRAJETÓRIA.

ASSIM, ANTES DE CHEGAR A ALTITUDE DESEJADA, O PILOTO DEVE PUXAR O MANCHE SABENDO QUE O ÂNGULO DE TRAJETÓRIA VAI SE ANULAR, QUANDO A VELOCIDADE ATINGIR O VALOR DE EQUILÍBRIO.



VOO NO 2º REGIME

A DIFICULDADE APRESENTADA NO 2º REGIME PARA ESTABILIZAR O VOO HORIZONTAL A UMA CERTA ALTURA, TAMBÉM SE FAZ EM UM VOO DE DESCIDA COM VELOCIDADE CONSTANTE. O QUE OCORRE QUANDO O PILOTO REALIZA UM ATERrizAGEM.

A LEI INTUITIVA DE PILOTAGEM EM ALTITUDE (SE O MANCHE É EMPURRADO, A ALTITUDE DIMINUI) SEM MODIFICAÇÃO DA TRAÇÃO, NO **1º REGIME** CONDUZ A MANOBRAS DE ÂNGULO DE ATAQUE QUE LEVAM O VALOR DA VELOCIDADE AO SEU VALOR DE EQUILÍBRIO



VOO NO 2º REGIME

NO 2º REGIME , ELA CONDUZ A MANOBRAS DE ÂNGULO DE ATAQUE QUE AFASTAM A VELOCIDADE DO SEU VALOR DE EQUILÍBRIO. ISSO É CONHECIDO COM INSTABILIDADE DE PROPULSÃO NO 2º REGIME. O QUE DEVE SER COMPREENDIDO NO SENTIDO DE QUE SÓ HÁ INSTABILIDADE QUANDO SE PROCURA A ALTITUDE ATRAVÉS DA LEI DE PILOTAGEM EM ALTITUDE.

TUDO CUIDADO DEVE SER TOMADO PARA UM VOO DE DESCIDA NO 2º REGIME, SEGUINDO UMA TRAJETÓRIA PRÉ-ESTABELECIDO. LEMBRANDO QUE BAIXAS VELOCIDADES ESTÃO ASSOCIADAS A ATERIZAGEM.



VOO NO 1º REGIME

VOO DE SUBIDA COM VELOCIDADE CONSTANTE JÁ ESTÁ ASSOCIADO AO VOO HORIZONTAL SEM ALTITUDE PRÉ-ESTABELECIDO. EM UM VOO DE SUBIDA, DECOLAGEM, EM GERAL NÃO É ESTABELECIDO UMA TRAJETÓRIA A SEGUIR MAS APENAS A MANUTENÇÃO DA VELOCIDADE.

**LEI DE PILOTAGEM NA SUBIDA E DESCIDA
DO 2º REGIME SÃO DIFERENTES DO 1º REGIME.**



9.6. PILOTAGEM NO 1º E 2º REGIMES

SE A TAREFA IMPOSTA AO PILOTO É A MANUTENÇÃO DA VELOCIDADE EM UM VALOR CONSTANTE NÃO IMPORTANDO A ALTITUDE, A PILOTAGEM NOS DOIS REGIMES É A MESMA:

VELOCIDADE É MENOR QUE A DESEJADA



PILOTO DIMINUI O ÂNGULO DE ATAQUE

SE VELOCIDADE É MAIOR QUE A DESEJADA



PILOTO AUMENTA O ÂNGULO DE ATAQUE.

SE A TAREFA CONSISTE EM MANTER O AVIÃO
SOBRE UMA TRAJETÓRIA PRÉ-ESTABELICIDA,
A PILOTAGEM É DIFERENTE.



**VAMOS CONSIDERAR O CASO DA
VELOCIDADE MAIOR QUE VELOCIDADE DESEJADA
E ALTITUDE MENOR QUE A ALTITUDE DESEJADA**

SE O PILOTO AUMENTA O ÂNGULO DE ATAQUE, SEM MODIFICAR A TRAÇÃO, INICIALMENTE O AVIÃO COMEÇA A SE APROXIMAR DA TRAJETÓRIA, DIMINUINDO A VELOCIDADE EM VOO DE SUBIDA.

NO ENTANTO:

➡ NO 1º REGIME O AVIÃO SE ESTABILIZA SOBRE UMA TRAJETÓRIA QUE SE APROXIMA DA DESEJADA

➡ NO 2º REGIME O AVIÃO SE ESTABILIZA EM UMA TRAJETÓRIA QUE SE AFASTA DA DESEJADA.



ASSIM NO 2º REGIME É NECESSÁRIO QUE O PILOTO AUMENTE A TRAÇÃO CADA VEZ QUE O ÂNGULO DE ATAQUE É AUMENTADO.

ELE TERÁ DE FIXAR UMA TRAÇÃO SUPERIOR À NECESSÁRIA AO VOO HORIZONTAL CORRESPONDENDO A UM NOVO ÂNGULO DE ATAQUE .

O PILOTO DEVE TER UMA TRAÇÃO DISPONÍVEL SEMPRE MAIOR DO QUE A REQUERIDA, PARA QUE ELE POSSA ATUAR SOBRE A TRAÇÃO QUANDO NECESSÁRIO.

QUANTO MAIOR FOR A DIFERENÇA ENTRE A POTÊNCIA FORNECIDA PELO MOTOR E A REQUERIDA, MAIS CHANCE O PILOTO TEM DE ESTABILIZAR O AVIÃO NA TRAJETÓRIA DESEJADA.



OBSERVAÇÕES :

O 2º REGIME SE SITUA NA FAIXA DE BAIXAS VELOCIDADES, LIGADAS À APROXIMAÇÃO E ATERRIZAGEM DOS AVIÕES, AS QUAIS SE TORNAM MAIS DELICADAS.

OS RESULTADOS APRESENTADOS SUPONHAM A TRAÇÃO INDEPENDENTE DA VELOCIDADE, O QUE É VÁLIDO PARA AVIÕES À JATO EM REGIME DE VOO SUBSÔNICO, ONDE A TRAÇÃO PODE SER SUPOSTA CONSTANTE.

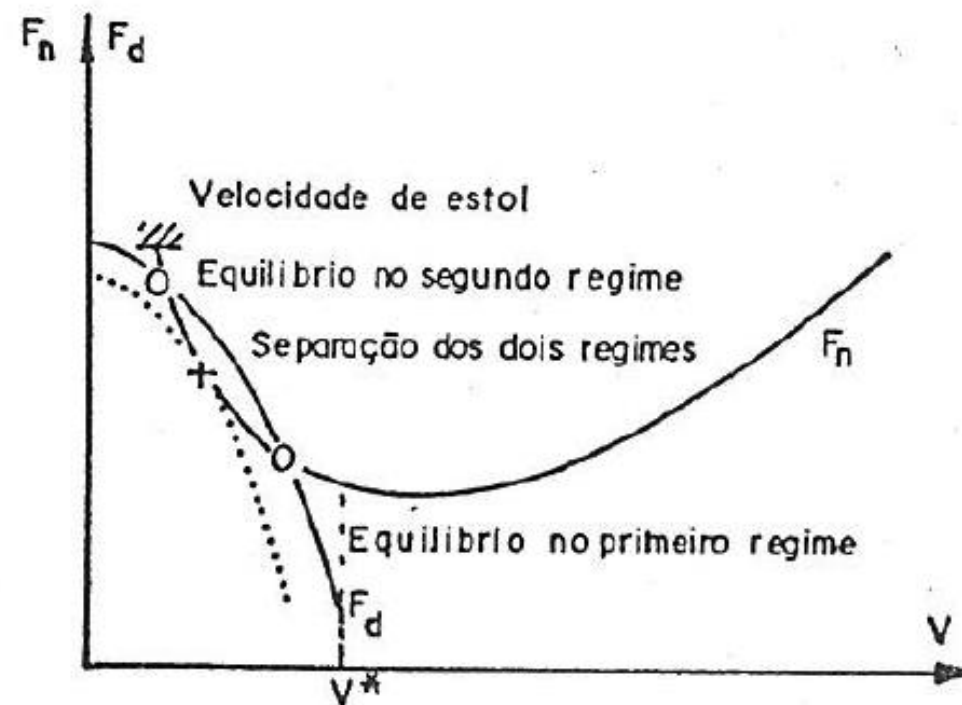
SE A TRAÇÃO VARIA COM A VELOCIDADE, OS MESMOS FENÔMENOS DESCRITOS NO 2º REGIME SÃO ENCONTRADOS.

SE A TRAÇÃO VARIA RAPIDAMENTE COM A VELOCIDADE, TEMOS GRANDES VARIAÇÕES DE TRAÇÃO PARA PEQUENAS VARIAÇÕES DE VELOCIDADE.

PORTANTO, OS LIMITES E A EXISTÊNCIA DA ZONA DE VELOCIDADE DITA DO 2º REGIME, DEPENDEM NÃO APENAS DA POLAR DE ARRASTO, MAS TAMBÉM DA LEI DE VARIAÇÃO DA TRAÇÃO COM A VELOCIDADE, PARA UMA POSIÇÃO FIXA DA MANETE.

SEJA F_n —TRAÇÃO NECESSÁRIA, F_d —TRAÇÃO DISPONÍVEL

CURVA DE TRAÇÃO NA QUAL O LIMITE DOS DOIS REGIMES É DIFERENTE DE V^*





EXEMPLO:

CONSIDERANDO QUE O PILOTO APÓS TER ACELERADO O AVIÃO, ROLANDO NA PISTA COM POTÊNCIA MÁXIMA, AUMENTE O ÂNGULO DE ATAQUE DE MANEIRA QUE POSSA DECOLAR, COM VELOCIDADE EM TORNO DE 70m/s. ASSIM NA ROLAGEM O ÂNGULO DE ATAQUE ATINGE O VALOR DE $15,2^\circ$, $V=75 \text{ m/s}$ E A SUSTENTAÇÃO EQUILIBRA O PESO, MAS $\gamma > 0$. **O AVIÃO DECOLA.**

CASO NESTE INSTANTE UMA AVALIA NO MOTOR FAZ A TRAÇÃO CAIR PARA 1880 N, O AVIÃO NÃO DISPÕE DE NENHUMA MARGEM DE ACELERAÇÃO, TRAÇÃO NECESSÁRIA É IGUAL A TRAÇÃO DISPONÍVEL. SITUAÇÃO CRÍTICA.

SE O PILOTO PUXAR O MANCHE, O AVIÃO VAI SUBIR DURANTE UM CURTO INSTANTE, PERDENDO VELOCIDADE E DEPOIS DESCER. PARA EVITAR PERDA DE ALTITUDE, O PILOTO VAI DE NOVO DIMINUIR A VELOCIDADE E A DESACELERAÇÃO VAI PROSSEGUIR ATÉ A PERDA DE SUSTENTAÇÃO.

A OUTRA MANEIRA DE ACELERAR O AVIÃO CONSISTE EM EMPURRAR O MANCHE, MAS A APROXIMAÇÃO DO SOLO IMPEDE TODA PERDA DE ALTITUDE.