SAA0167
Princípios de Aviônica e Navegação

Navegação

Prof. Dr. Jorge Henrique Bidinotto
jhbidi@sc.usp.br

Sumário

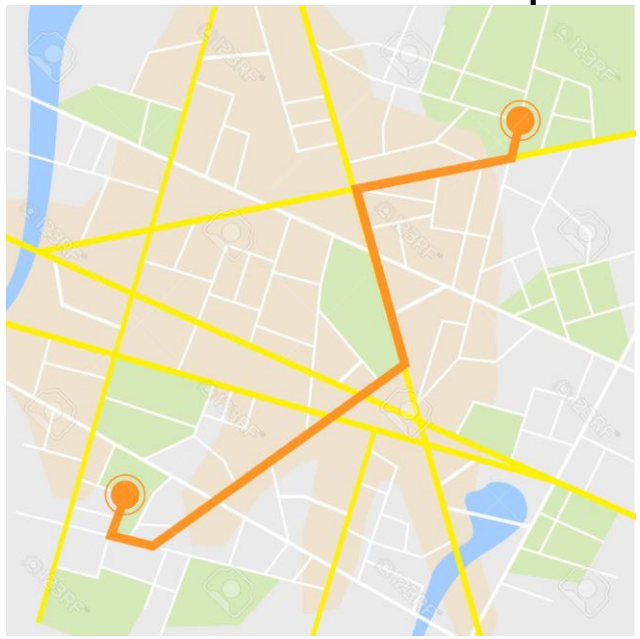
- Introdução
- Tempo, Espaço, Posição
- RVSM
- ETOPS

Sumário

- **Introdução**
- Tempo, Espaço, Posição
- RVSM
- ETOPS

Introdução

- **Navegar:** se deslocar de um ponto a outro



FONTE: 123rf.com

FONTE: flyer.co.uk

- Esse deslocamento necessariamente requer planejamento e previsão de possíveis problemas que possam surgir

- Isso inclui rotas, paradas, velocidade, período de deslocamento, etc.

Introdução

- Durante uma navegação aeronáutica, as informações devem ser constantemente atualizadas e passadas para a tripulação

- As informações necessárias para tal, se resumem a basicamente 3: Tempo, Espaço e Posição, ou TSPI (Time, Space, Position Information)

- Na prática, deve ser medido:
  - Posição (latitude e longitude);
  - Proa (para indicação da direção da aeronave)
  - Velocidade (nos três eixos)
  - Altitude (como complemento da posição)

Introdução

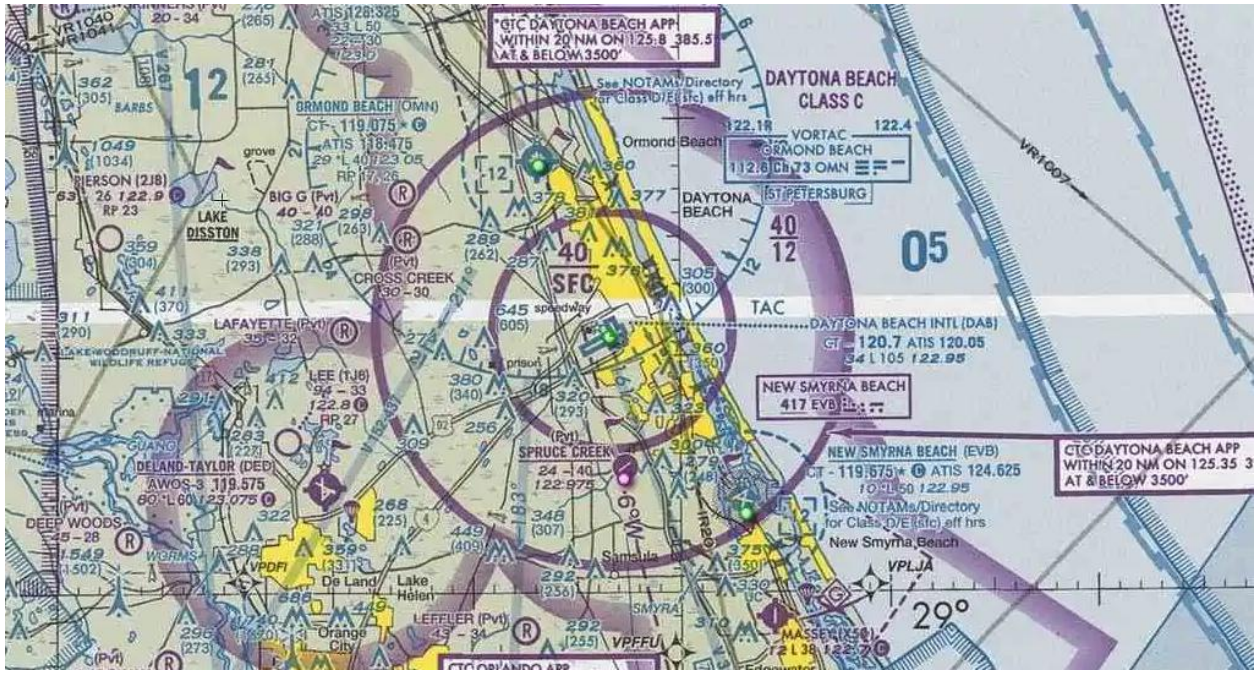
- A acurácia dessas informações depende da precisão de cada um dos instrumentos. Caso contrário, pode afetar seriamente a navegação

- Uma navegação com boa acurácia é extremamente importante, já que o espaço aéreo se encontra cada vez mais congestionado

Introdução

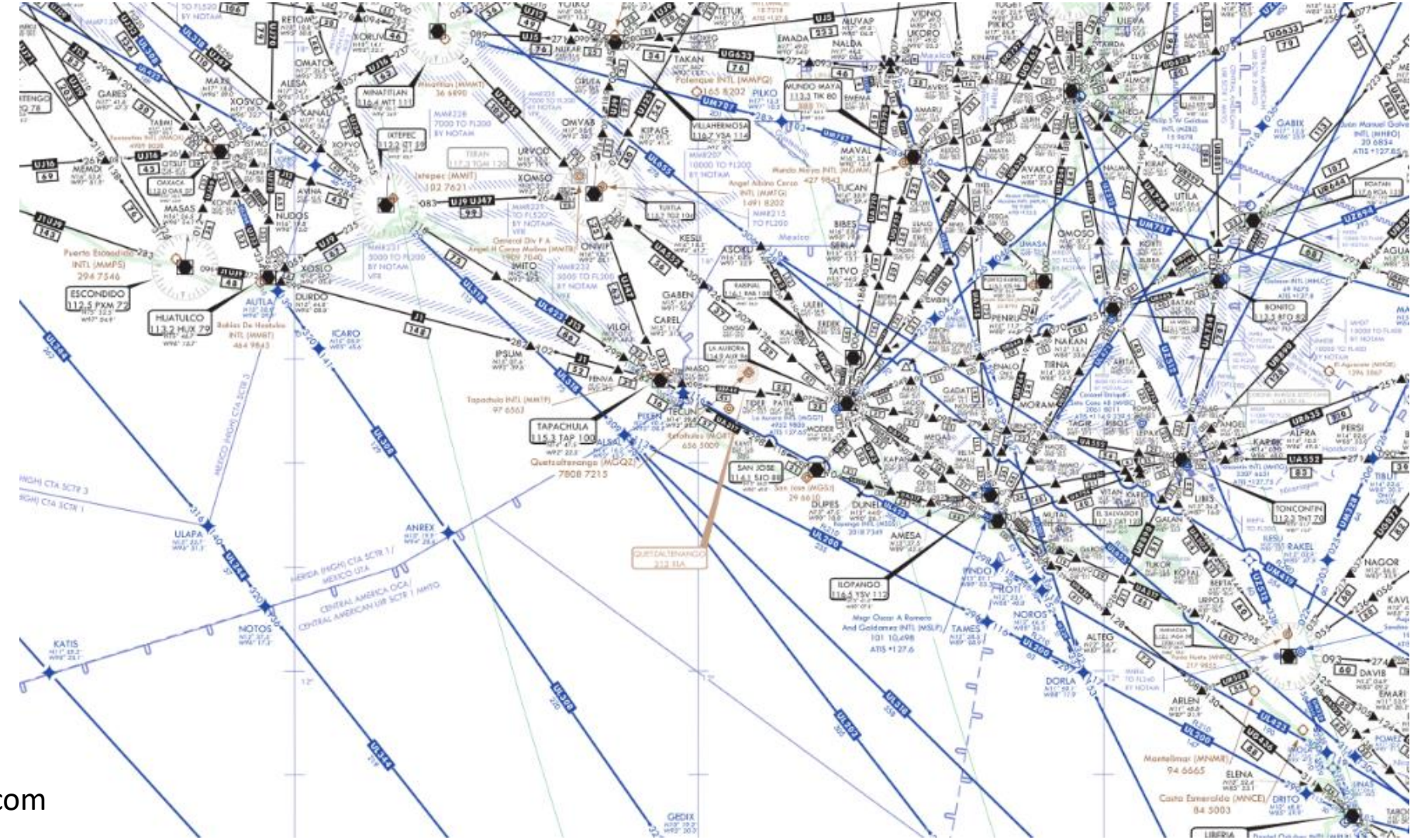
- Existem basicamente duas formas de se calibrar instrumentos de navegação: Radar baseado em solo e GPS

- O GPS possui precisão melhor, mas (ainda) não é autorizado a ser usado como instrumento primário de navegação



FONTE: cfinotebook.net

Introdução



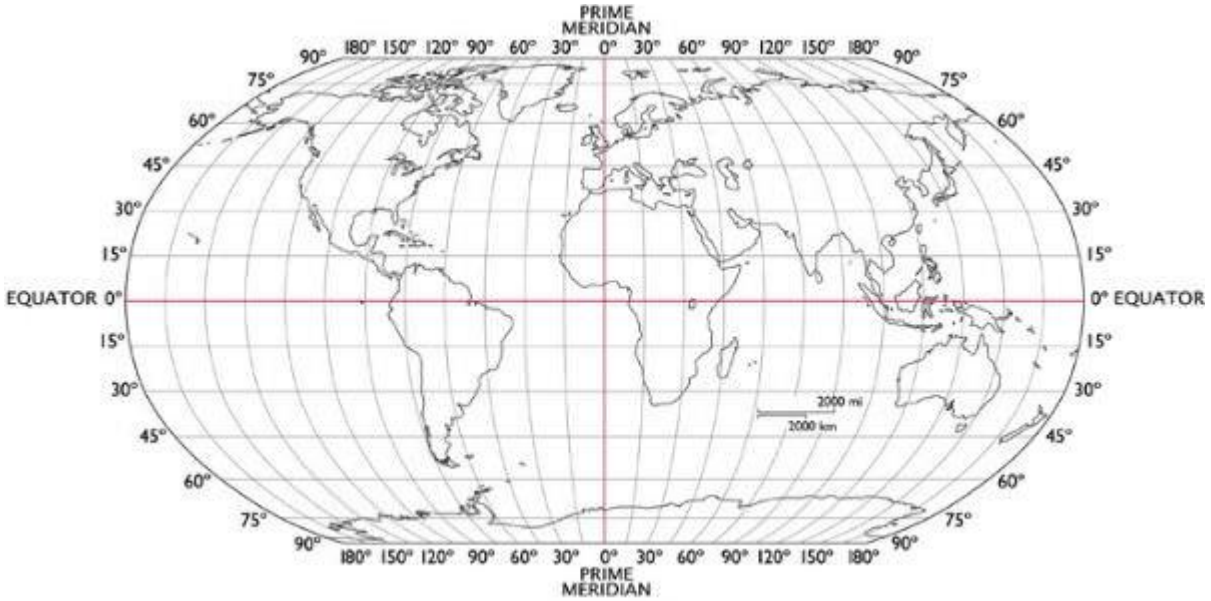
FONTE: rocketroute.com

Sumário

- Introdução
- **Tempo, Espaço, Posição**
- RVSM
- ETOPS

- **Posição**

- Para representação de posição, o globo foi dividido em divisões perpendiculares ao sentido norte-sul (latitude) e divisões paralelas ao sentido norte-sul (longitude)



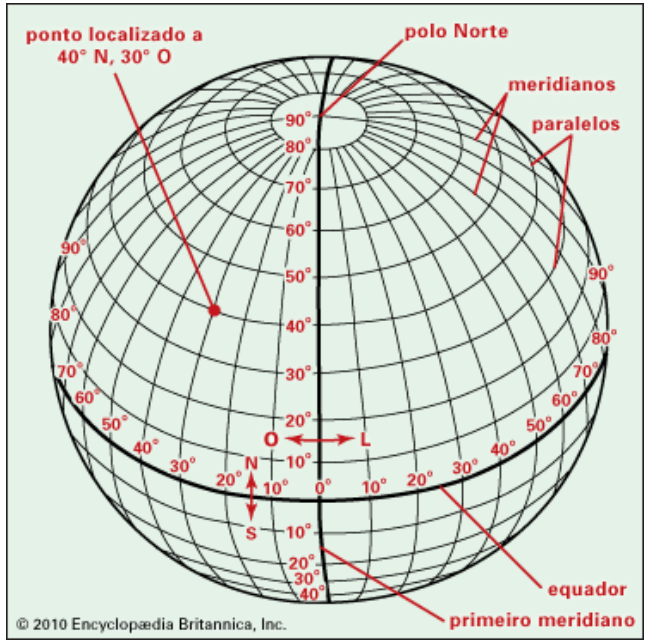
FONTE: phaneronsoft.com.br

- **Posição**

- Latitude varia de -90 a +90 graus, sendo o equador igual a latitude zero

- Longitude varia de -180 a +180 graus, sendo o meridiano de Greenwich a longitude zero

- As linhas de latitude são chamadas paralelos. As linhas de longitude são chamadas meridianos



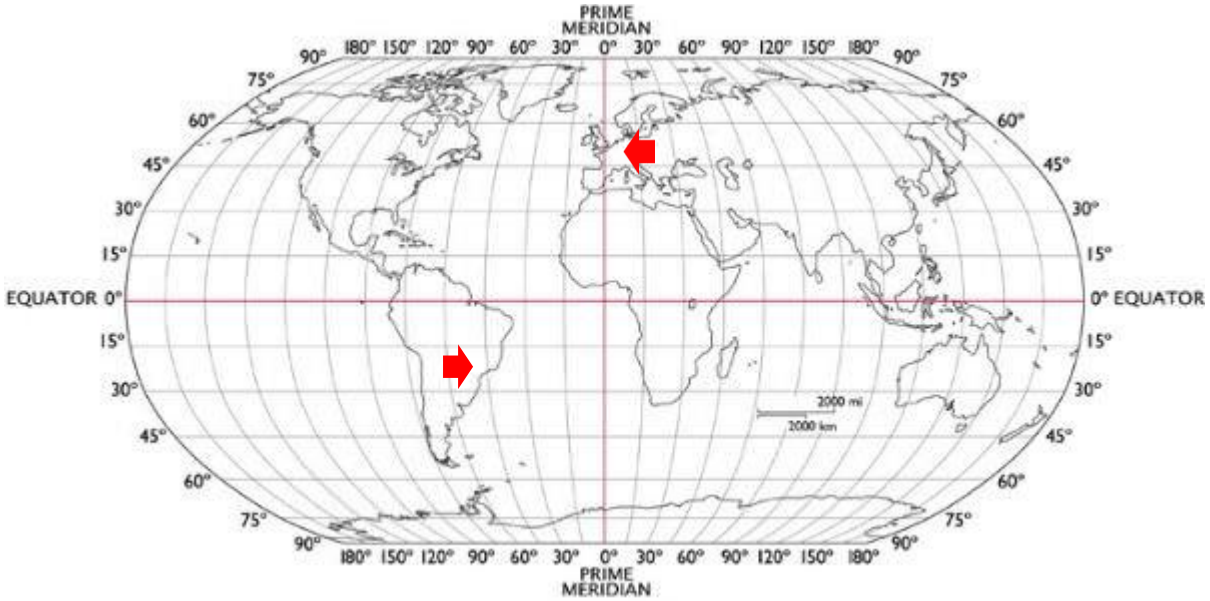
FONTE: escola.britannica.com.br

- **Posição**

- Exemplos de representações de coordenadas:

- São Carlos
- 22° 1′ 4″ S, 47° 53′ 27″ W
- 22° 1.067′ S, 47° 53.450′ W
- -22.017778, -47.890833

- Amsterdã (Holanda)
- 52° 22′ 23″ N, 4° 53′ 32″ E
- 52° 22.383′N, 4° 53.533′ E
- 52.373056, 4.892222



FONTE: phaneronsoft.com.br

Tempo, Espaço, Posição

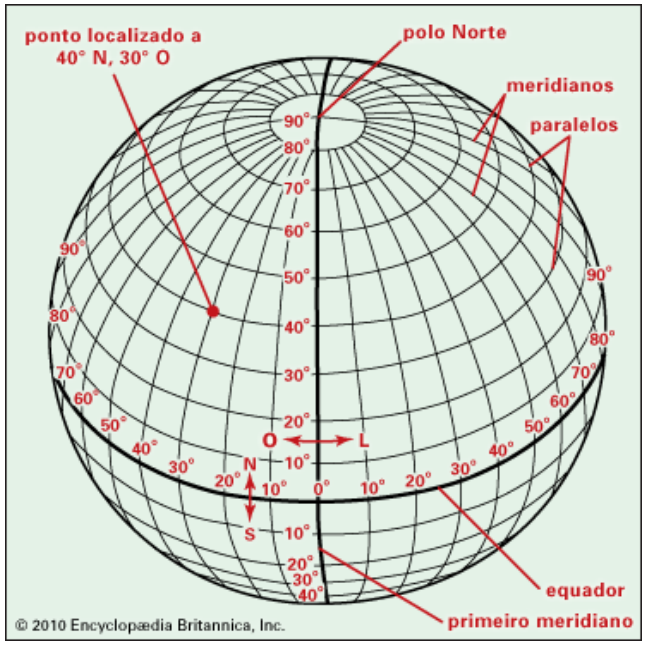
- **Posição**

- O oposto ao meridiano de Greenwich é a linha internacional de datas

- Sobre o equador, cada grau de longitude corresponde a 60 nm (diminuindo conforme se aproxima dos polos)

- Em latitude, vale essa mesma razão para todo o globo: cada grau deslocado corresponde a 60 nm

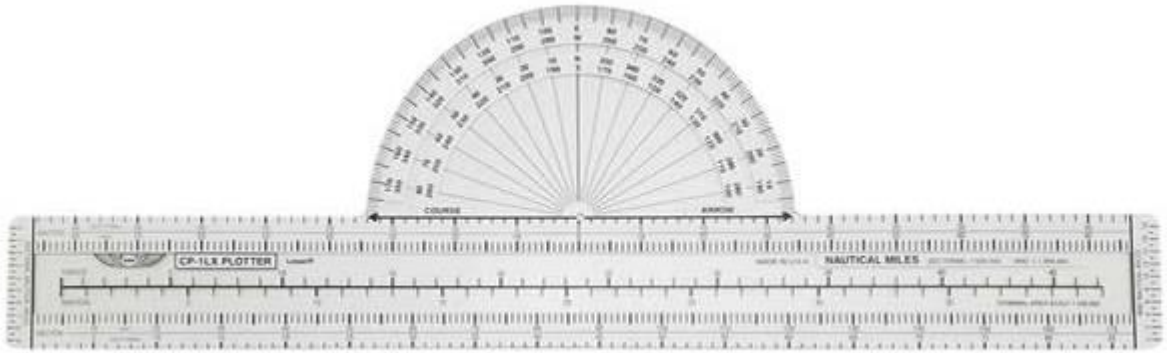
- Sendo os graus divididos em 60 minutos, cada milha percorrida corresponde a 1 minuto de latitude



FONTE: escola.britannica.com.br

Tempo, Espaço, Posição

- **Proa**
- Ângulo (com relação ao norte) entre dois pontos no mapa
- Inicialmente a proa é medida com uma escala aeronáutica

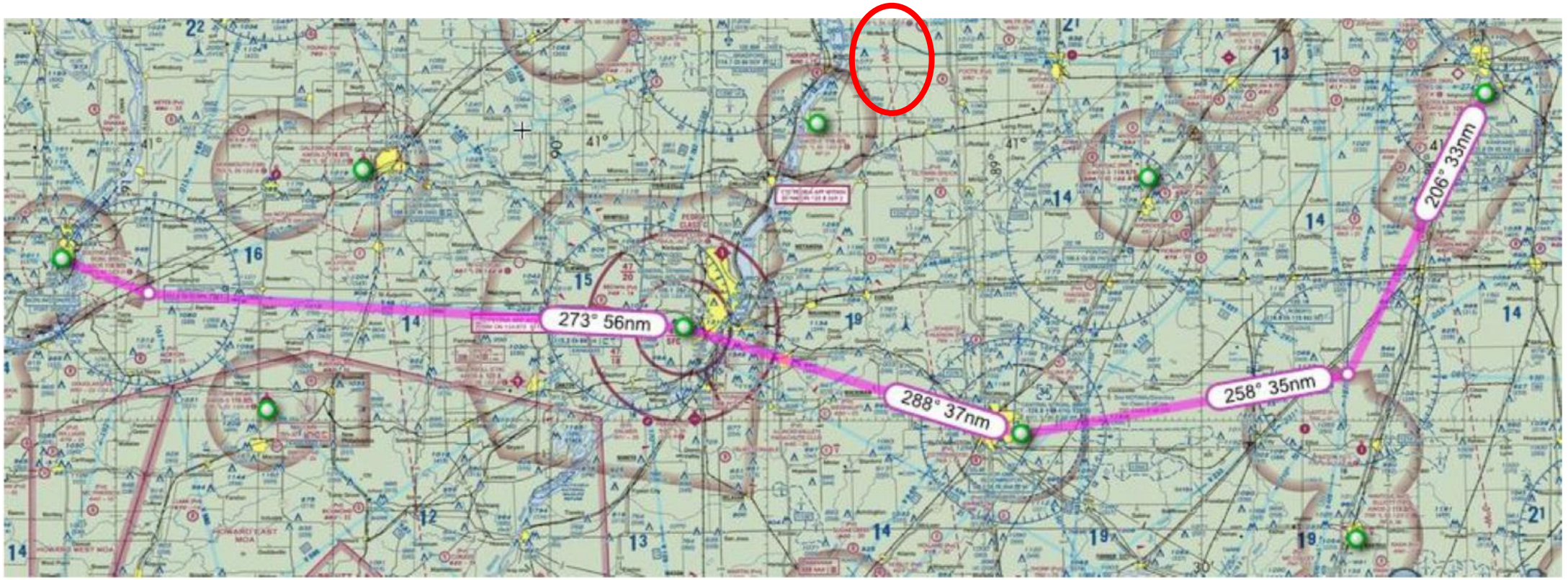


FONTE: apexshop.com.br

- Posteriormente a proa medida deve ser corrigida segundo as linhas isogônicas

Tempo, Espaço, Posição

- **Proa**



FONTE: mediawiki.ivao.aero

Tempo, Espaço, Posição

- **Proa**

- Os mapas sempre se referenciam pela proa verdadeira, e as aeronaves voam proa magnética

- Por isso as cartas de navegação mostram a correção que deve ser feita naquela região, para passar de proa verdadeira para magnética

- Deve ser somado ou subtraído, da proa verdadeira, o valor da correção, para se obter a magnética

- Somar ou subtrair? Vale o mnemônico: “East is Least and West is Best”

- **Velocidade**

- Sempre deve ser levado em consideração as diferentes medidas de velocidade:
  - IAS – Velocidade Indicada (Indicated Airspeed): é a velocidade medida pelo pitot e computada pelo ADC;
  - CAS – Velocidade Calibrada (Calibrated Airspeed): é a velocidade corrigida, levando em consideração os efeitos de ângulo de ataque e vórtices gerados pela fuselagem. Para aeronaves certificadas, IAS = CAS
  - EAS – Velocidade Equivalente (Equivalent Airspeed): é a velocidade corrigida pelos efeitos de compressibilidade, consideráveis acima de 200 kt
  - TAS – Velocidade Verdadeira (True Airspeed): é a velocidade equivalente corrigida pelos efeitos de altitude

- Regra prática: para cada 1000 ft de altitude, TAS aumenta 2% a mais que a IAS

Tempo, Espaço, Posição

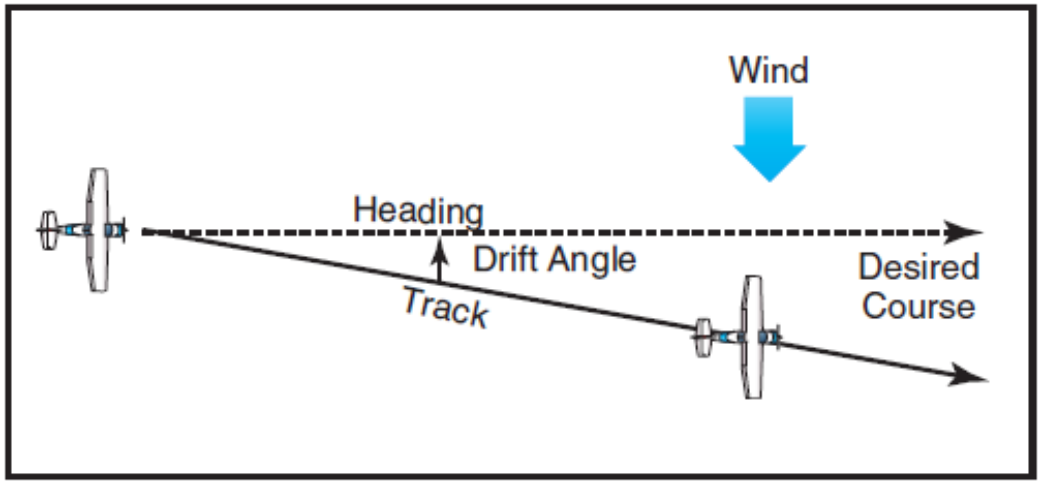
- **Velocidade**

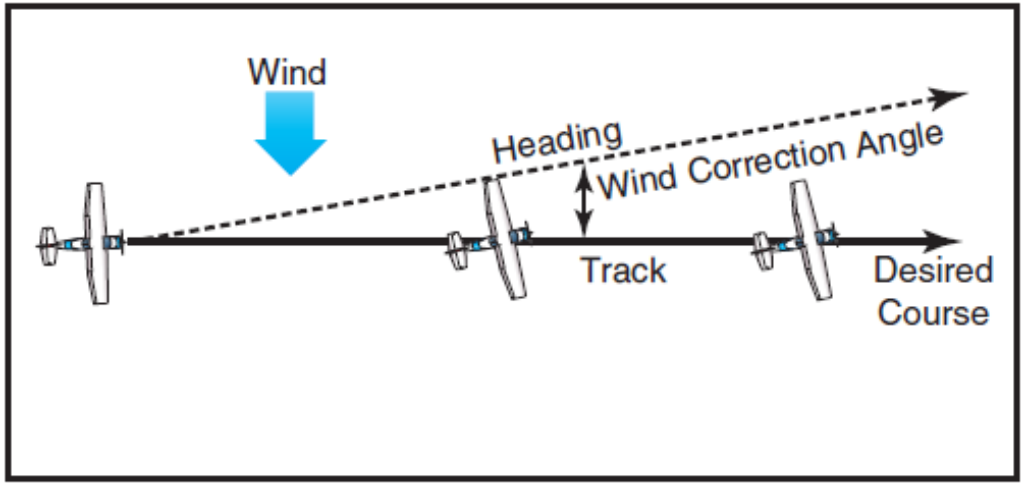
- O vento também pode prejudicar a indicação na navegação

- Decompondo vetorialmente o vento em vento cruzado e vento de proa, tem-se:

$\overrightarrow{\text{proa verdadeira}} + \overrightarrow{\text{vento cruzado}} = \overrightarrow{\text{trajetória}}$

FONTE: FAA-H-8083-25 (2003)





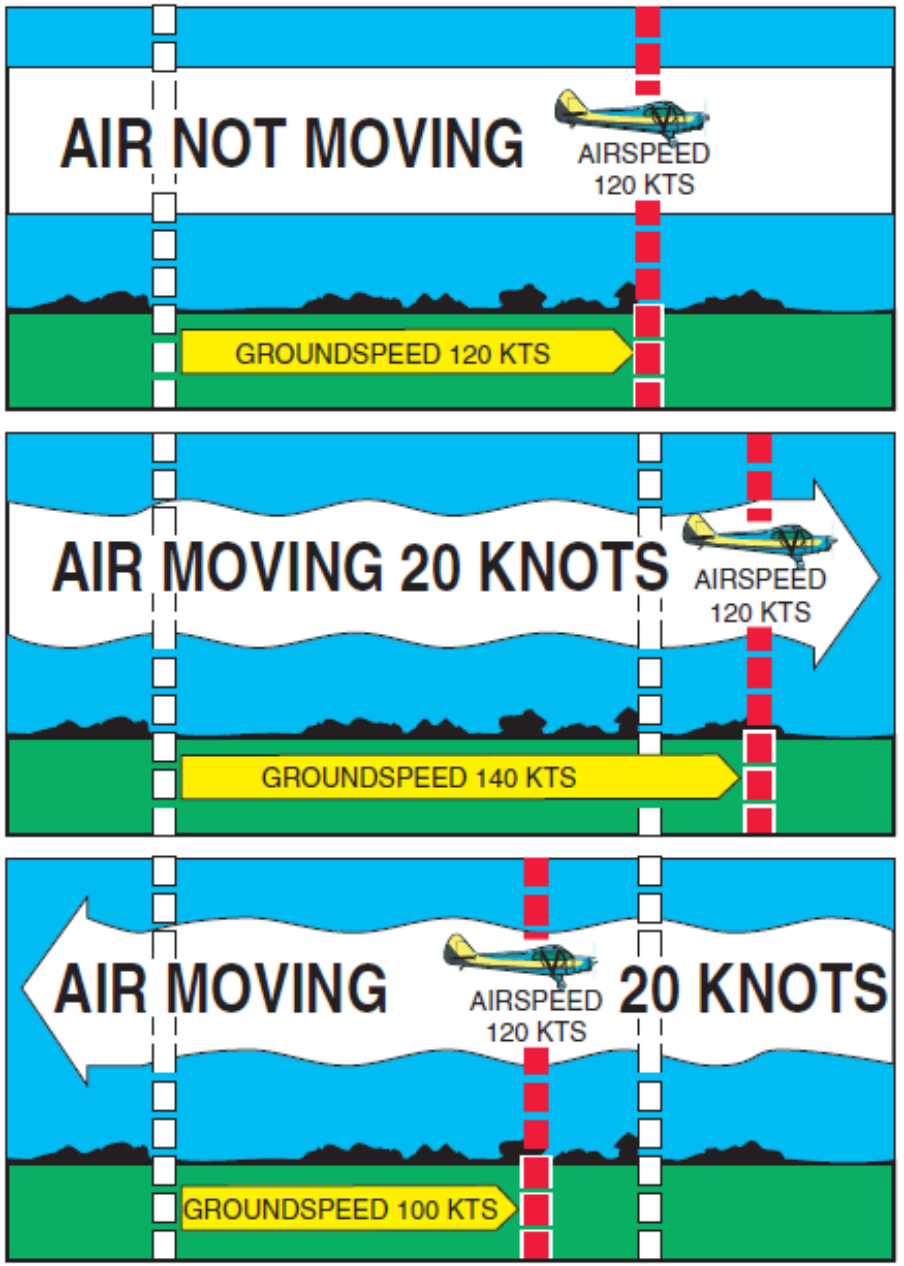
Tempo, Espaço, Posição

- **Velocidade**

- O vento também pode prejudicar a indicação na navegação

- Decompondo vetorialmente o vento em vento cruzado e vento de proa, tem-se:

$\overrightarrow{\text{vel. Indicada}} + \overrightarrow{\text{vento de proa}} = \overrightarrow{\text{velocidade em solo}}$



FONTE: FAA-H-8083-25 (2003)

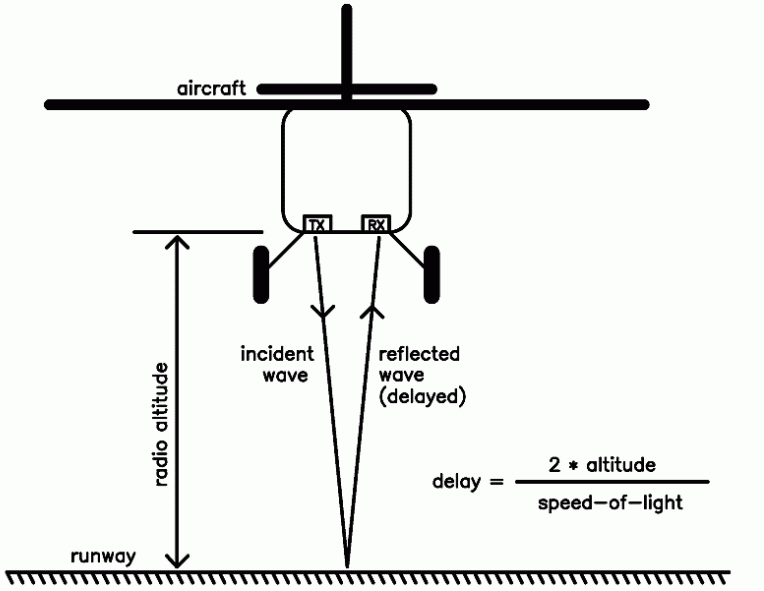
Tempo, Espaço, Posição

- **Altitude**

- Existem 3 formas de medição de altitude (2 de altitude, 1 de altura):

- Altura: é medida por radio altímetro, fornecendo a distância até o solo. É utilizada em baixas alturas (normalmente até 5000 ft). Será estudada com mais detalhes adiante neste curso

- Altura = Altitude AGL (Above Ground Level)



FONTE: eebweb.com

Tempo, Espaço, Posição

- **Altitude**
- Uma das formas de medição de altitude é por barômetro, que mede a pressão estática ambiente e compara com o padrão de pressão x altitude
- Essa medição deve sempre ser corrigida devido a variações ambientais
- Utilizada para medição de altitude de aeronaves
- Medição extensamente estudada nas aulas de instrumentos anemométricos

- **Altitude**

- A segunda forma de medição de altitude é usada em referências fixas, como aeroportos e torres de controle

- Nesse tipo de medição, a altitude é conhecida, e varia-se a correção do altímetro para se obter o valor da correção naquele instante, de forma a transmitir essa informação para as aeronaves

Sumário

- Introdução
- Tempo, Espaço, Posição
- **RVSM**
- ETOPS

RVSM

- Inicialmente, o espaço aéreo foi “projetado” para ter níveis de voo alternados a cada 1.000 ft nas aerovias, até 29.000 ft. Acima disso, os níveis seriam a cda 2.000 ft

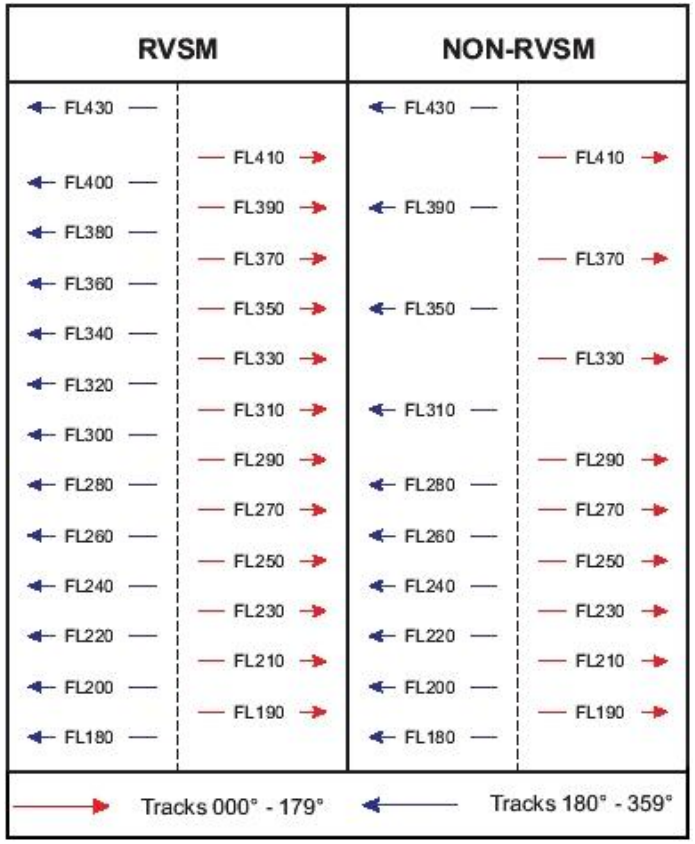
- Isso se dá pelo fato de que os altímetros perdem a precisão acima de 29.000 ft, tornando o voo mais suscetível a erros

- A partir de 1997, graças ao uso dos ADCs, os altímetros passaram a ser mais precisos e a separação de 1.000 ft se estendeu até 41.000 ft

- O emprego deste novo nível de separação foi gradual. Iniciou em 1997 nos EUA e os últimos a adotarem foram algumas regiões da África, em 2008

RVSM

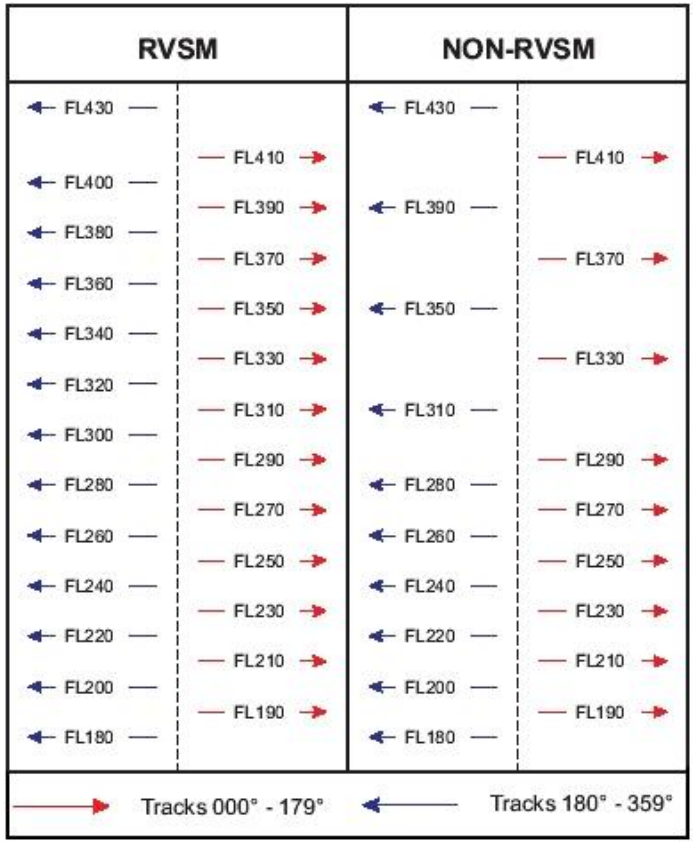
- A essa nova separação de níveis, deu-se o nome de Reduced Vertical Separation Minimums (RVSM)



FONTE: air.net

RVSM

- Deve-se observar que o nível a ser utilizado depende da proa que a aeronave está voando naquela aerovia



FONTE: air.net

RVSM

- Para provar que uma aeronave tem os instrumentos acurados o suficiente para voar em modo RVSM, ela deve voar em todo o envelope de pesos, velocidades e altitudes da aeronave entre 29.000 ft e 41.000 ft, conferindo os dados do ADC com o de um sistema especial de GPS, chamado GMU (GPS Monitoring Unit)

- Para minimizar o número de horas de voo, deve-se estabilizar a aeronave em diversos valores de W/δ a diferentes velocidades

Onde $\delta = P/P_0$

- Uma aeronave não certificada para voo em RVSM não pode voar acima do nível FL290 (29.000 ft)

Sumário

- Introdução
- Tempo, Espaço, Posição
- RVSM
- **ETOPS**

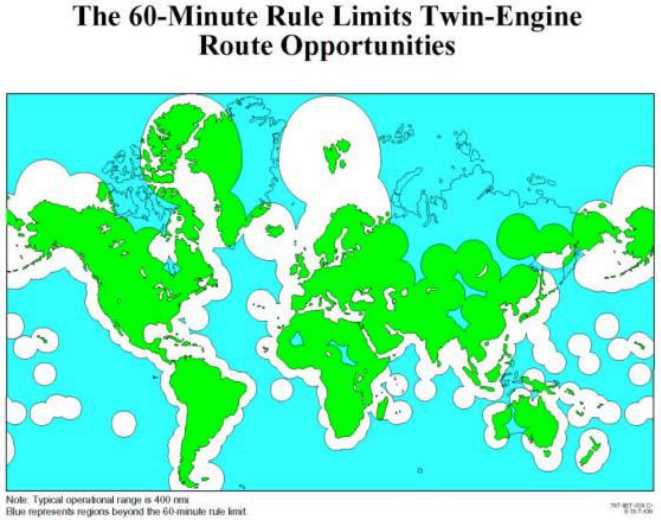
ETOPS

- **Extended Twin Engine Operations**

- Diz respeito a operação estendida de aeronaves comerciais bimotores, para que possam voar a uma determinada distância de um aeródromo de alternativa (para pouso em caso de pane de motor)

ETOPS

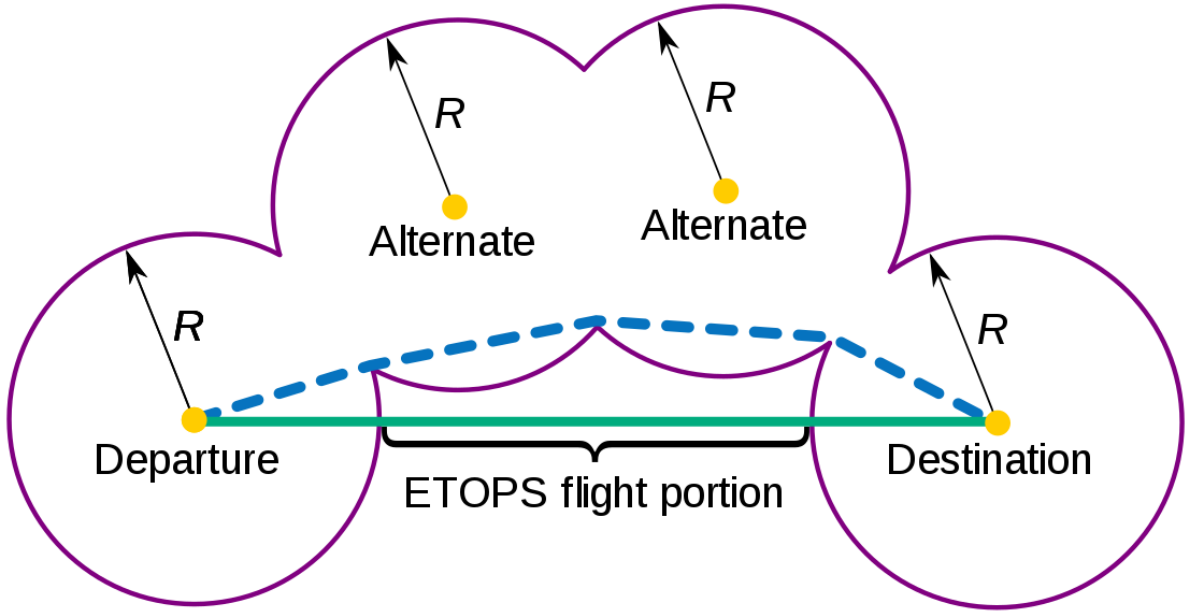
- Em 1953, o FAA impôs uma restrição a aeronaves comerciais, de que elas não poderiam se afastar mais do que 1 hora de voo de um aeródromo qualquer de alternativa



FONTE: aviation.stackexchange.com

- Com o tempo e o início de operação dos motores a jato (mais confiáveis), estendeu-se o limite para 60 minutos em aeronaves bimotores e 120 minutos para tri ou quadrimotores

ETOPS



Airports
Non-ETOPS flight path
ETOPS flight path
R Distance traveled in rated time with one engine operative

FONTE: Wikipedia

ETOPS

- Os motores a jato ainda tinham a vantagem de ser mais velozes, podendo percorrer uma distância maior em 60 minutos

- Com os motores cada vez mais confiáveis, pediu-se, em 1985, uma exceção ao Boeing 767, para voar em rotas 120 minutos

- Ficou implantado então o chamado ETOPS-120

FONTE: culturaaeronautica.blogspot.com

ETOPS

- Esta decisão praticamente enterrou aeronaves tri e quadrimotoras como o DC-8 e o Boeing 707, já que a exclusividade de voar ETOPS-120 é o que tornava a operação dessas aeronaves vantajosa

- Em 1988, as primeiras aeronaves bi, tri e quadrimotores começaram ter autorização para voar ETOPS-180

- Essa medida tornou inviável outras aeronaves, como o DC-10 e o MD-11, e tornou também menos atraente o Airbus A-340 e o Boeing 747

ETOPS

- Com isso, 95% da superfície do globo poderiam ser voadas por aeronaves bimotoras

- Na figura, a comparação de ETOPS-60 com ETOPS-180

FONTE: culturaaeronautica.blogspot.com

ETOPS

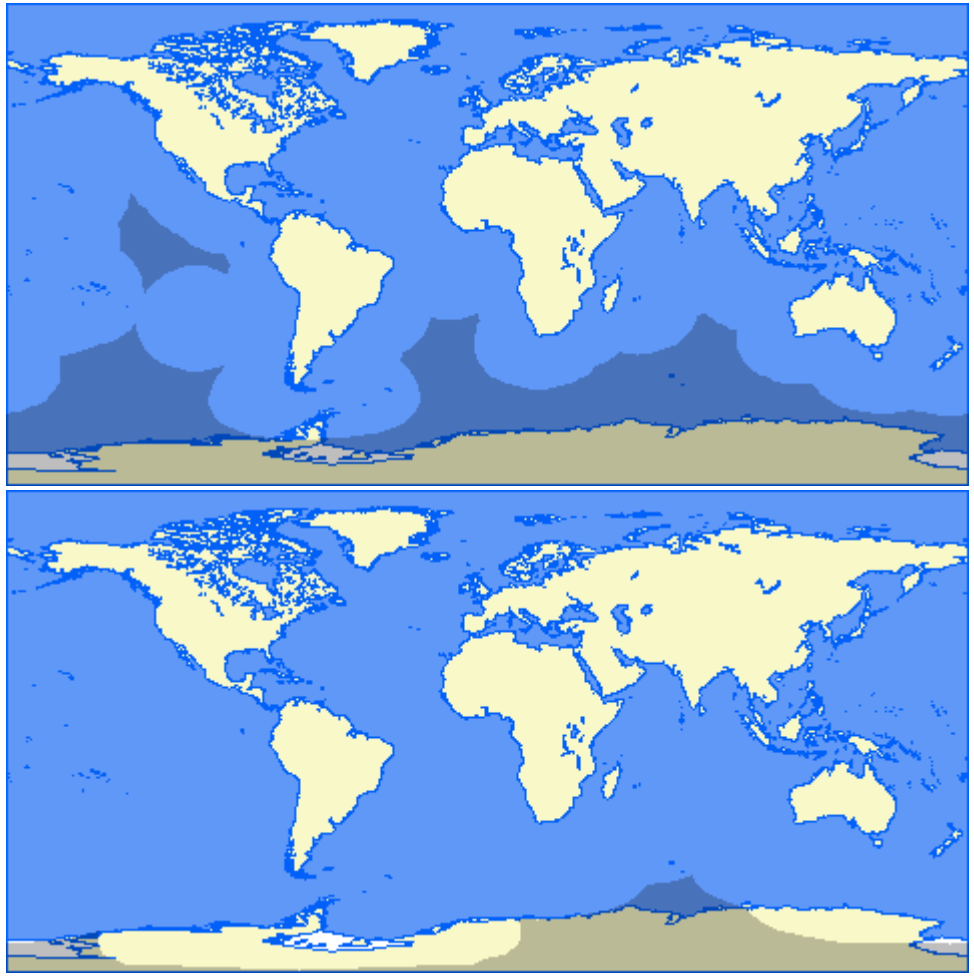
- Em 2001, operadores do Boeing 777 pediram extensão de 15% no ETOPS-180, criando o ETOPS-207
- Tal medida foi autorizada pelo FAA, mas negada pela ICAO e pelo JAA (autoridade europeia na época)
- Porém houve o compromisso de se criar e discutir regras para uma futura adoção da certificação ETOPS-240 ou mesmo ETOPS-330
- Caso seja aceita, praticamente não haverão mais limites na superfície do globo para operações de voo

ETOPS

- Comparação ETOPS-180 com o possível ETOPS-330

ETOPS-180

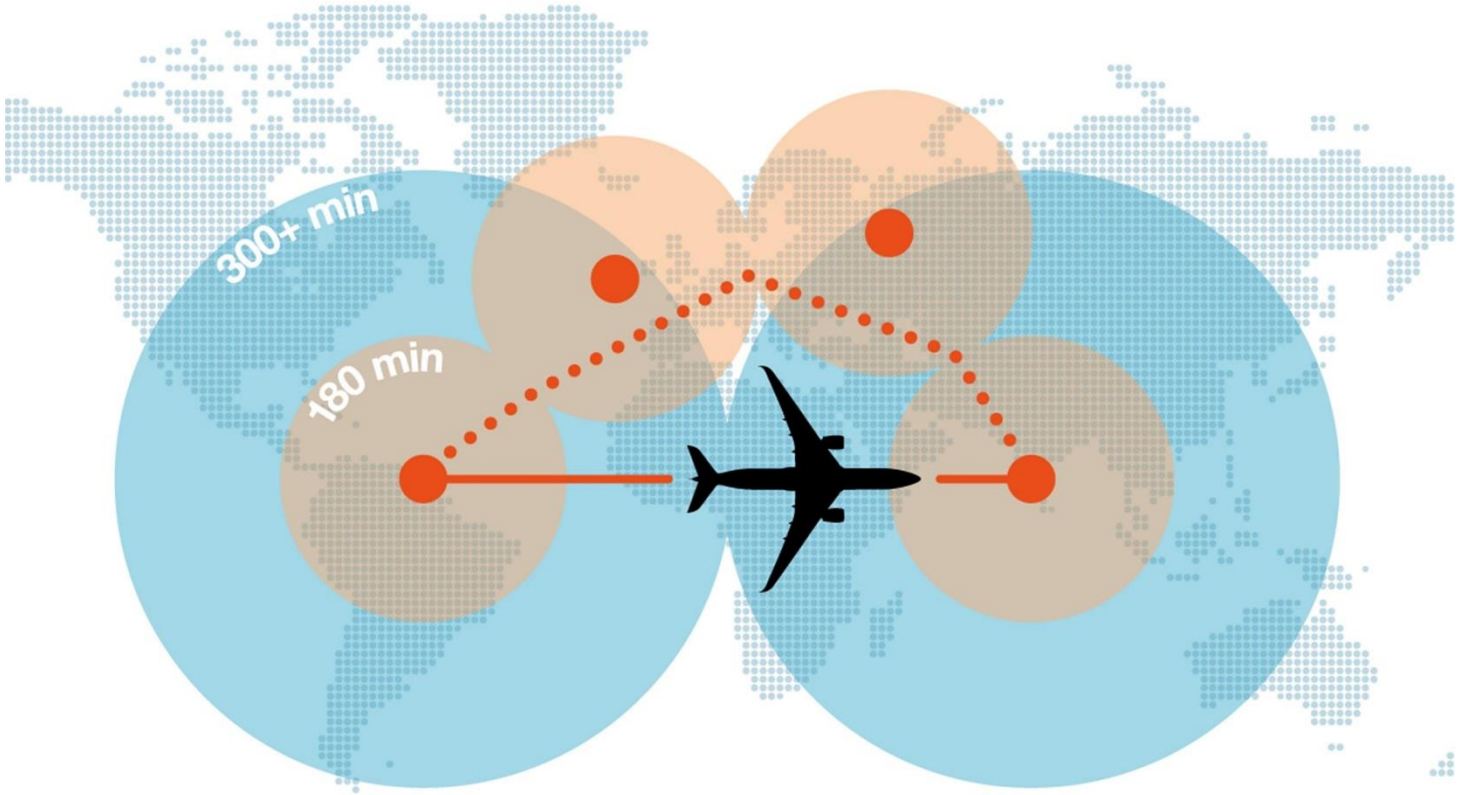
ETOPS-330



FONTE: culturaaeronautica.blogspot.com

ETOPS

- O impacto de um possível ETOPS-300



FONTE: adsadvance.co.uk

ETOPS

Airbus A330-900neo recebe certificação ETOPS 285

28 de janeiro de 2019

A Agência Europeia de Segurança da Aviação (EASA) concedeu para a Airbus o certificado ETOPS 180 na especificação básica do A330-900neo, além disso há uma "opção" no certificado que permite operar com o ETOPS 285, que garante voos de até 285 minutos de distância de um aeroporto de alternativa.

De acordo com a Airbus, os clientes optaram por uma certificação ETOPS 285, visto que já atende aos requisitos da aeronave, e é capaz de realizar voos entre os Estados Unidos e a Ásia pelo Oceano Pacífico. A empresa não descreveu se vai tentar uma certificação ETOPS 330, mas disse que a FAA está em vias de emitir uma certificação ETOPS 285 para o avião.

85,128 Fãs
47,037 Seguidores
3,873 Inscritos

ÚLTIMAS NOTÍCIAS

Taxa de capacidade de missão de caças F-35 Lightning II é de apenas 27%
29 de abril de 2019

GOL autoriza reajuste de preço de passagens da Smiles
Companhias Aéreas
29 de abril de 2019

Pilotos dos Estados Unidos exigem melhorias no treinamento do Boeing 737 MAX
Aeronaves 29 de abril de 2019

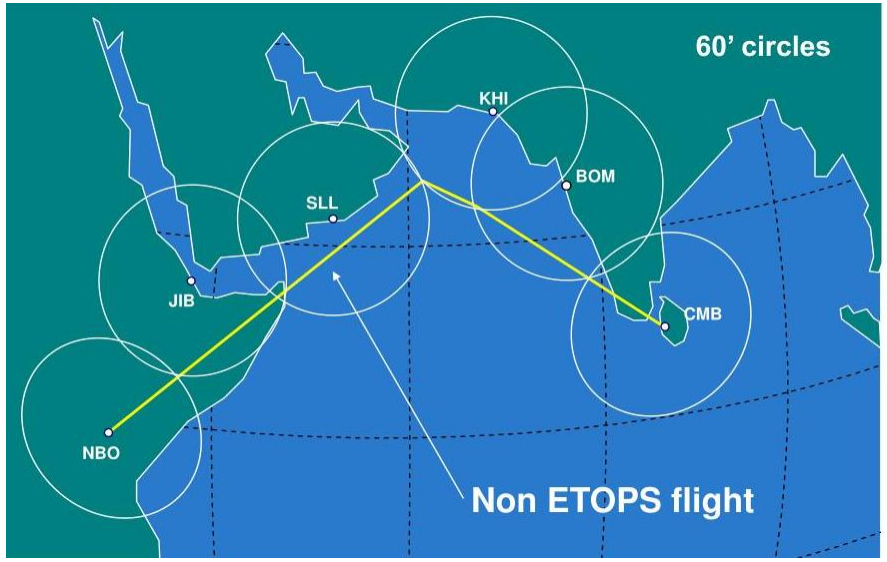
Aerolíneas Argentinas cancela voos de terça-feira (30) por greve

FONTE: aeroflap.com.br

ETOPS

- Para uma aeronave ser certificada ETOPS, ela deve demonstrar confiabilidade ao longo do tempo, sistemas que sejam robustos o suficiente contra falhas (evitando o acontecimento e apresentando alternativa caso aconteça)

- Além disso a aeronave deve demonstrar que é capaz de voar em condição de falha real de motor durante o tempo que se almeja receber o ETOPS

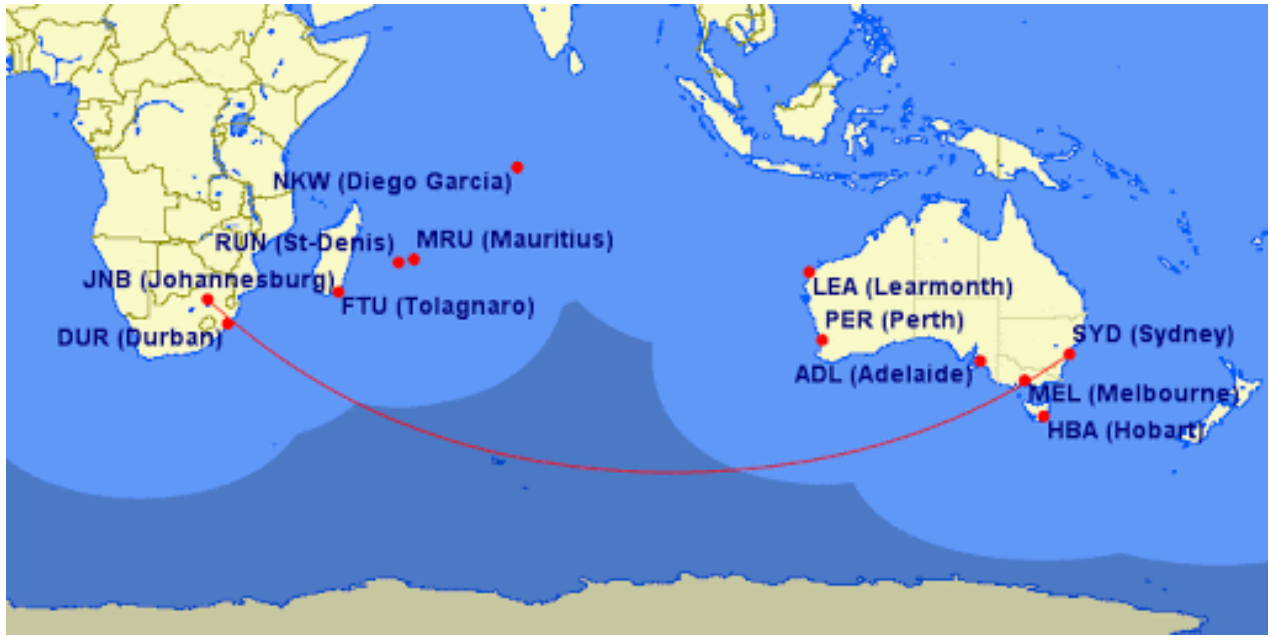


FONTE: European Academy for Aviation Safety

ETOPS

- Ainda, a empresa aérea que vai operar a aeronave deve demonstrar também capacidade de atender a aeronave em pane nos aeródromos de alternativa

- Caso tudo seja demonstrado, a aeronave recebe o "*ETOPS Operational Approval*"



FONTE: Airliners.net