



SAA0187

Sistemas Aeronáuticos de Acionamento

Acionamento hidráulico

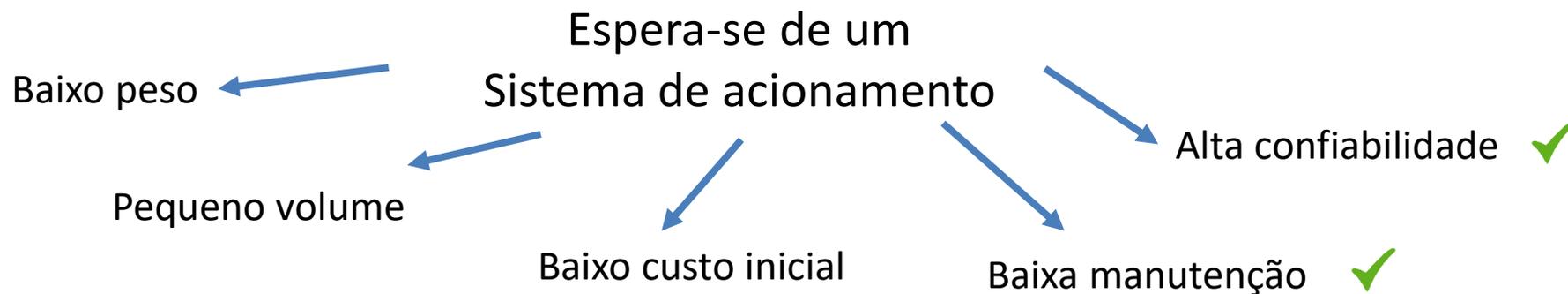
Prof. Dr. Jorge Henrique Bidinotto
jhbidi@sc.usp.br

- **Introdução**
- **Características**
- **Funcionamento**
- **Cargas hidráulicas**
- **Circuito hidráulico**
- **Ensaio e certificação**
- **Exemplos de arquiteturas de sistema**

- **Introdução**
- **Características**
- **Funcionamento**
- **Cargas hidráulicas**
- **Circuito hidráulico**
- **Ensaio e certificação**
- **Exemplos de arquiteturas de sistema**

- Surgiu nos anos 1930, com o início dos trens de pouso retráteis
- A necessidade de atuadores mais potentes, para movimentar comandos mais pesados aumentou sua utilização nas décadas seguintes
- Ainda hoje é o método mais usado para se movimentar comandos primários e secundários

- Com o tempo, tem perdido lentamente espaço para os sistemas eletrificados (More Electric Aircraft), mas ainda é de longe o tipo de acionamento mais usado em aeronaves
- Ainda é a melhor solução para acionamentos que necessitem de resposta rápida e com alta carga



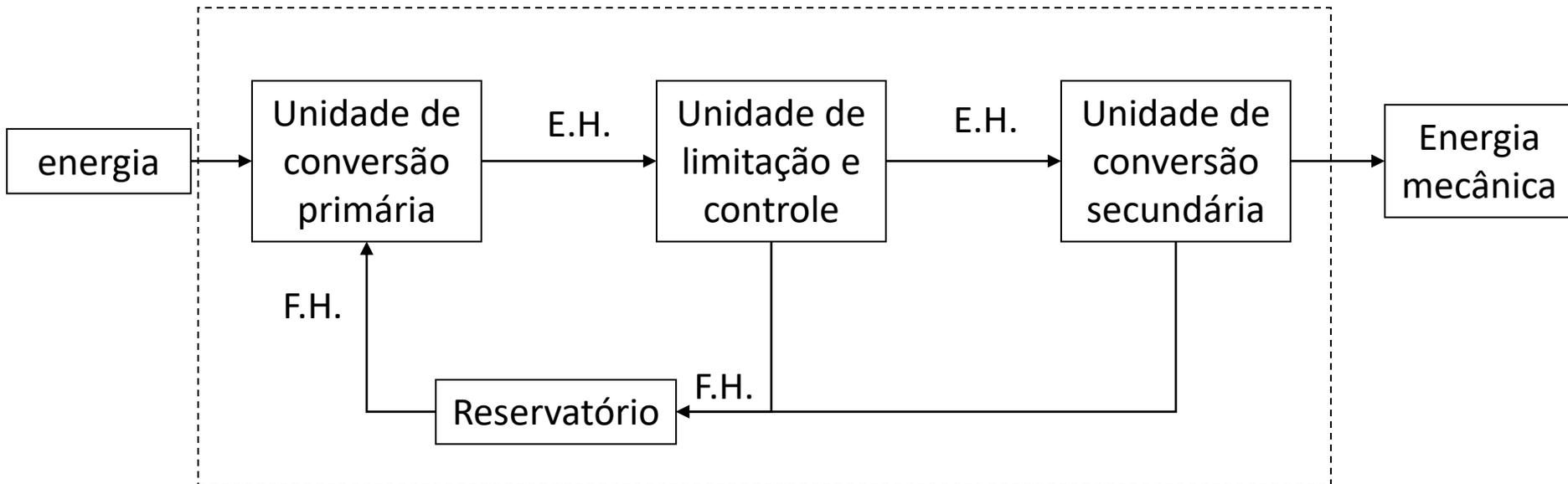
- Introdução
- **Características**
- Funcionamento
- Cargas hidráulicas
- Circuito hidráulico
- Ensaios e certificação
- Exemplos de arquiteturas de sistema

- Baixa relação peso potência
- Capaz de transmitir grandes forças e/ou torques elevados a partir de entradas de baixa amplitude e potência
- Velocidade de resposta, com partidas, paradas e reversão de velocidades rápidas
- Os atuadores hidráulicos podem ser operados sob condições contínuas, intermitentes, de parada e reversão sem sofrer avarias
- Componentes lubrificadas pelo próprio fluido de trabalho
- Possibilidade de combinação com sistemas mecânicos, elétricos e pneumáticos

- Custo elevado
- Risco de explosão e incêndios (dependendo do fluido utilizado)
- Cuidados com vazamentos que podem diminuir a eficiência do sistema
- Contaminação do fluido pode implicar em falhas do sistema
- Presença de ar no circuito hidráulico provocam movimentos pulsantes dos atuadores
- Elevada dependência da temperatura

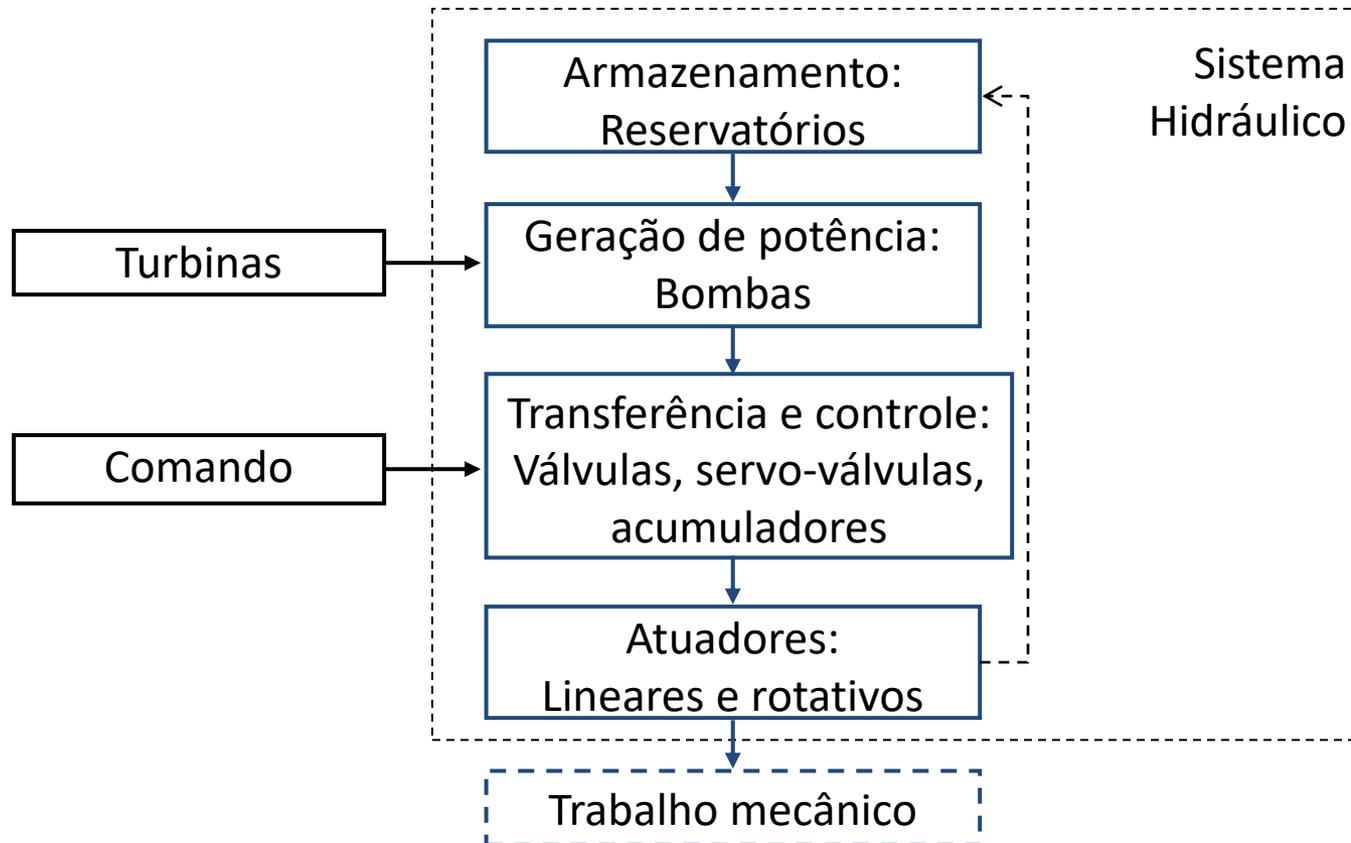
- Introdução
- Características
- **Funcionamento**
- Cargas hidráulicas
- Circuito hidráulico
- Ensaios e certificação
- Exemplos de arquiteturas de sistema

- Pode ser definido como um conjunto de elementos convenientemente associados que, utilizando um fluido como meio de transferência de energia, possibilita a transmissão e controle de forças e movimentos.

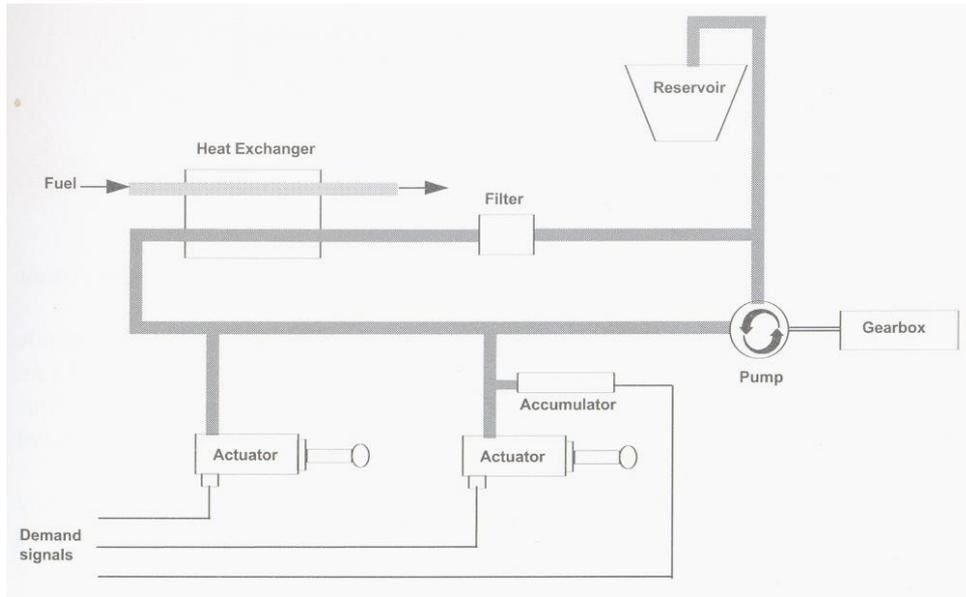


E.H. – energia hidráulica (pressão, vazão)

F.H. – fluido hidráulico



Alguns elementos básicos de um sistema hidráulico



- Aplicação em diversos campos:
 - Máquinas injetoras
 - Prensas
 - Robôs industriais
 - Máquinas de precisão
 - Máquinas agrícolas
 - Veículos de transporte e passeio
 - Navios
 - Superfícies de controle de aeronaves, trens de pouso, etc.
 - Simuladores de voo

- Introdução
- Características
- Funcionamento
- **Cargas hidráulicas**
- Circuito hidráulico
- Ensaios e certificação
- Exemplos de arquiteturas de sistema

- Em geral, os seguintes sistemas são operados hidraulicamente:
- Comandos de voo primários
 - Profundores
 - Lemes
 - Ailerons
 - Canards
- Comandos de voo secundários
 - Flapes
 - Slats
 - Spoilers
 - Freios aerodinâmicos

- Em geral, os seguintes sistemas são operados hidraulicamente:
- Utilitários
 - Trem de pouso (pernas e portas)
 - Freios e anti-skid
 - Freio de estacionamento
 - Esterçamento
 - Probe de abastecimento em voo
 - Portas de carga
 - Rampa de carregamento
 - Escada de passageiros
 - Portas de compartimentos de bomba
 - Acionamento de armamento
 - Atuação do canopi

- Para uma aeronave de passageiros:

Primary Flight Controls:

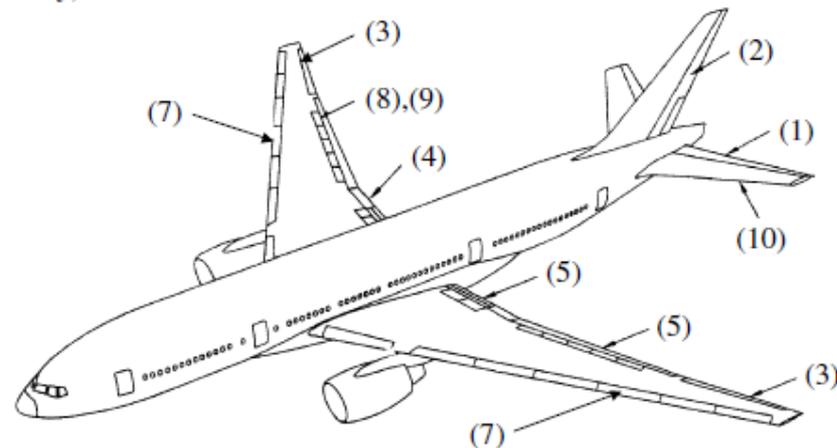
- -Elevators – (1)
- -All-moving tail surfaces (military)
- -Rudders – (2)
- -Ailerons – (3)
- -Flaperons – (4)
- -Canards

Secondary Flight Controls

- -Flaps – (5)
- -Slats – (7)
- -Spoilers – (8)
- -Airbrakes – (9)
- -Stabilizer trim – (10)

Utilities

- -Landing gear
- -Brakes
- -Gear steering
- -Aerial refueling probes (military)
- -Cargo doors
- -Loading ramp (military)
- -Passenger stairs

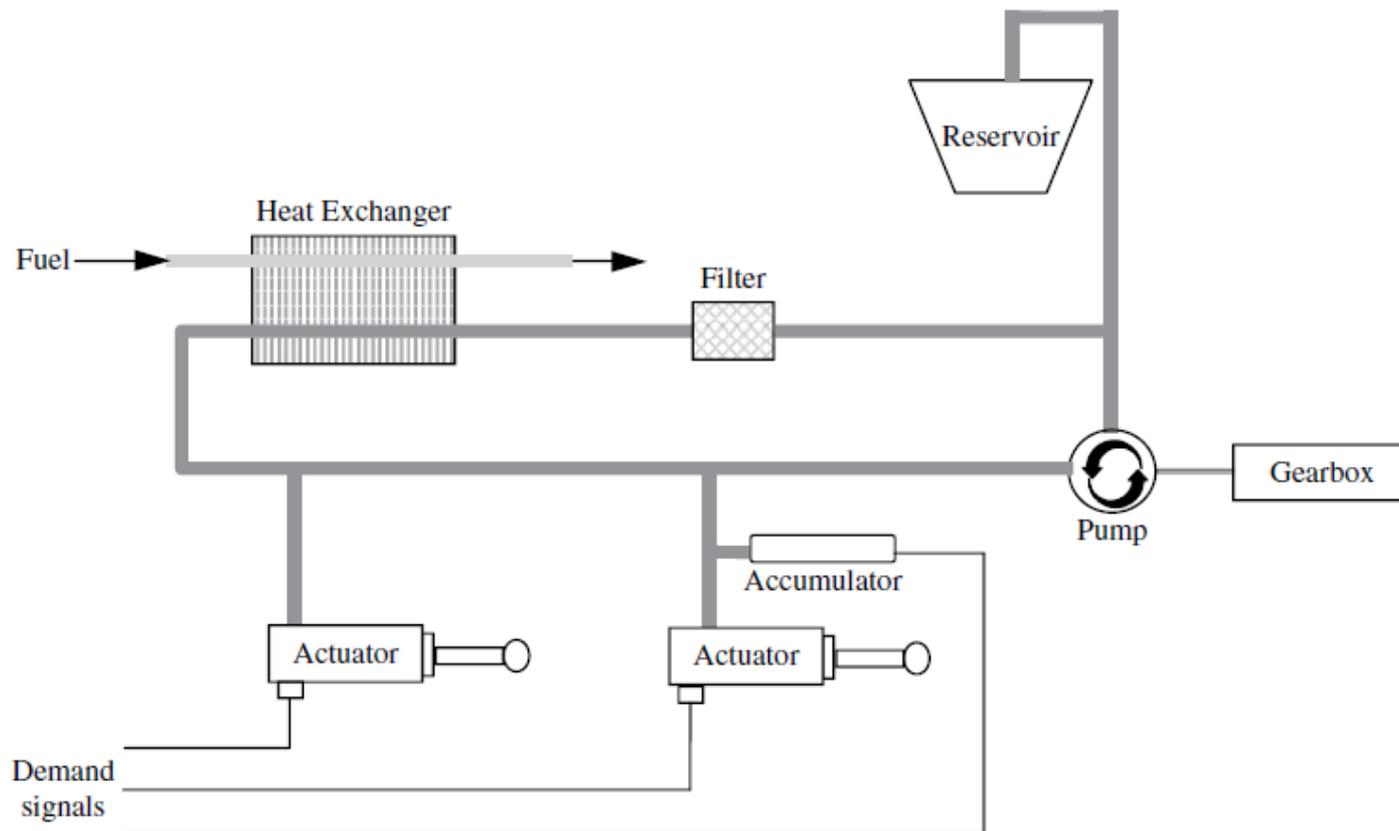


- Introdução
- Características
- Funcionamento
- Cargas hidráulicas
- **Circuito hidráulico**
- Ensaios e certificação
- Exemplos de arquiteturas de sistema

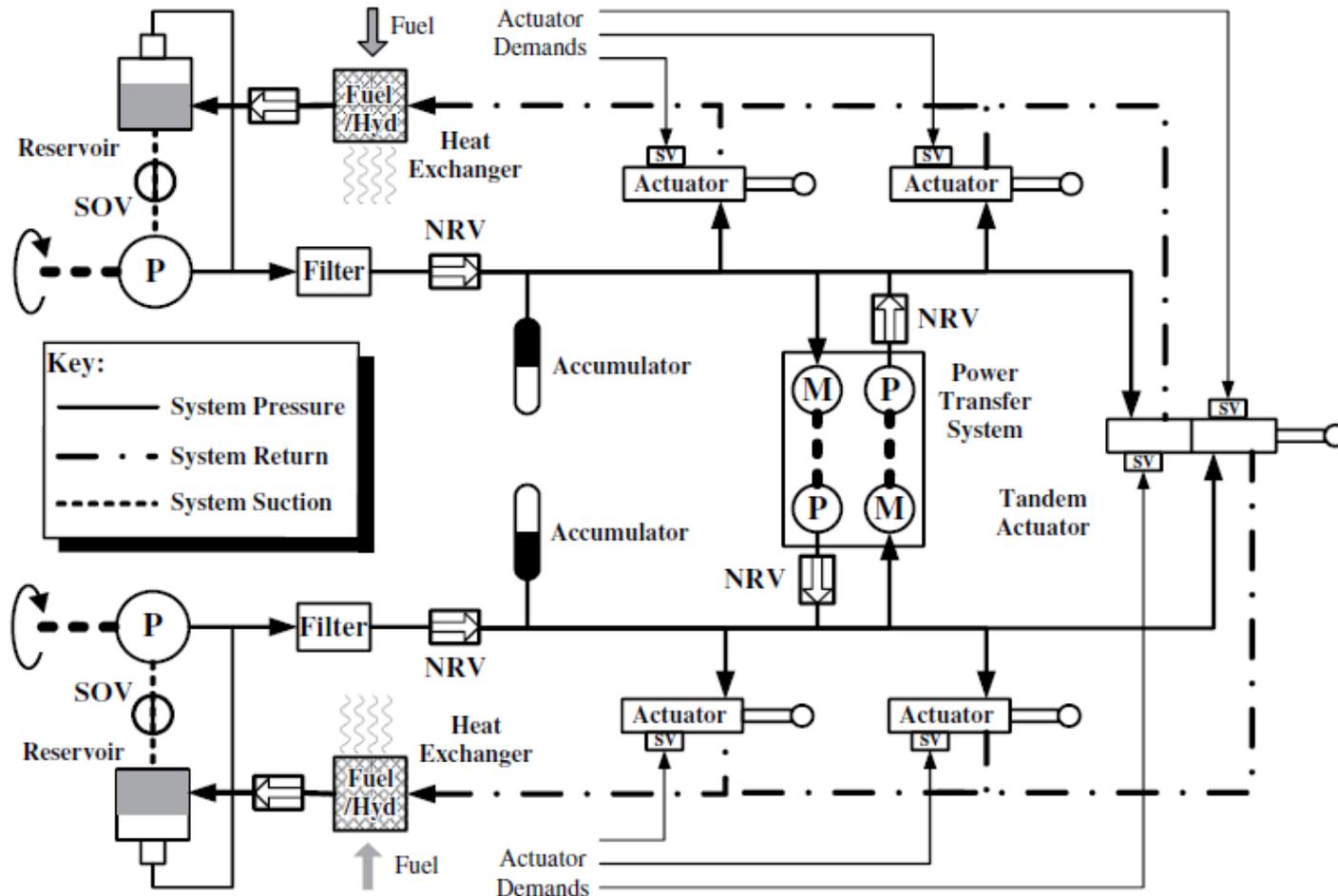
- Normalmente aeronaves militares possuem no mínimo dois sistemas atuando em paralelo, enquanto aeronaves civis possuem ao menos três sistemas, para redundância na atuação
- Para funcionamento, algumas grandezas devem ser levadas em consideração no sistema:
 - Pressão
 - Integridade
 - Vazão
 - Ciclos de atuação
 - Emergência ou uso em condição degradada
 - Geração e dissipação de calor

- Em um circuito hidráulico, os seguintes componentes estão presentes:
 - Fonte de energia (motor, APU, RAT, etc.)
 - Reservatório
 - Filtro para limpeza do fluido
 - Um sistema de distribuição com múltiplas redundâncias (tubulação, válvulas, etc.)
 - Sensores de temperatura e pressão
 - Mecanismo para resfriamento do fluido
 - Uma aplicação para a demanda hidráulica (atuadores, motores, bombas, etc.)
 - Uma forma de armazenar energia (acumulador)

- Representação simplificada de um circuito hidráulico



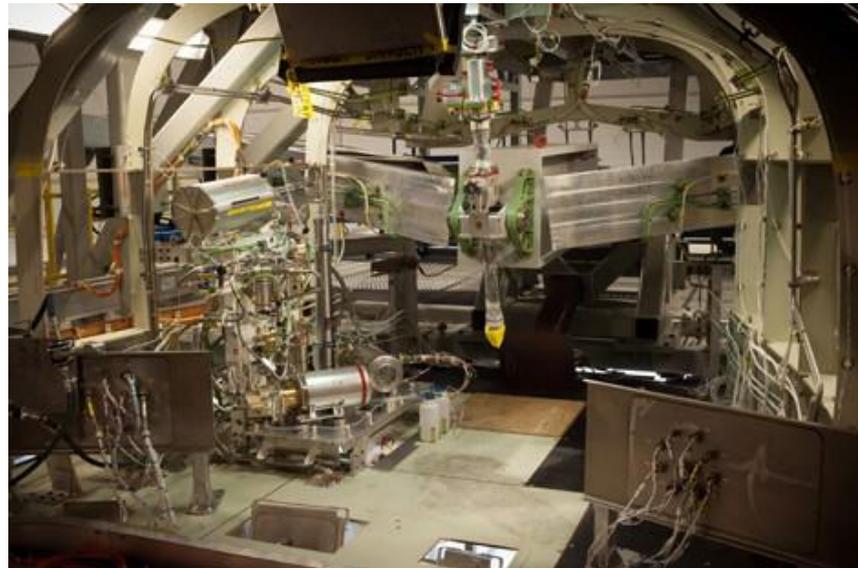
- Representação típica de um circuito hidráulico de duplo canal



- Considerações para o projeto de um sistema hidráulico:
 1. Fundamental determinar e se conhecer as características dos sistemas que serão atendidos e operação normal e em emergência
 2. Garantir acesso aos componentes do sistema que precisam de inspeção ou manutenção periódica
 3. Tentar separar linhas dos diferentes sistemas que acionam controles:
 - falha de estrutura
 - Desintegração de componentes do motor
 4. Realmente garantir a independência dos diversos sistemas hidráulicos de um avião

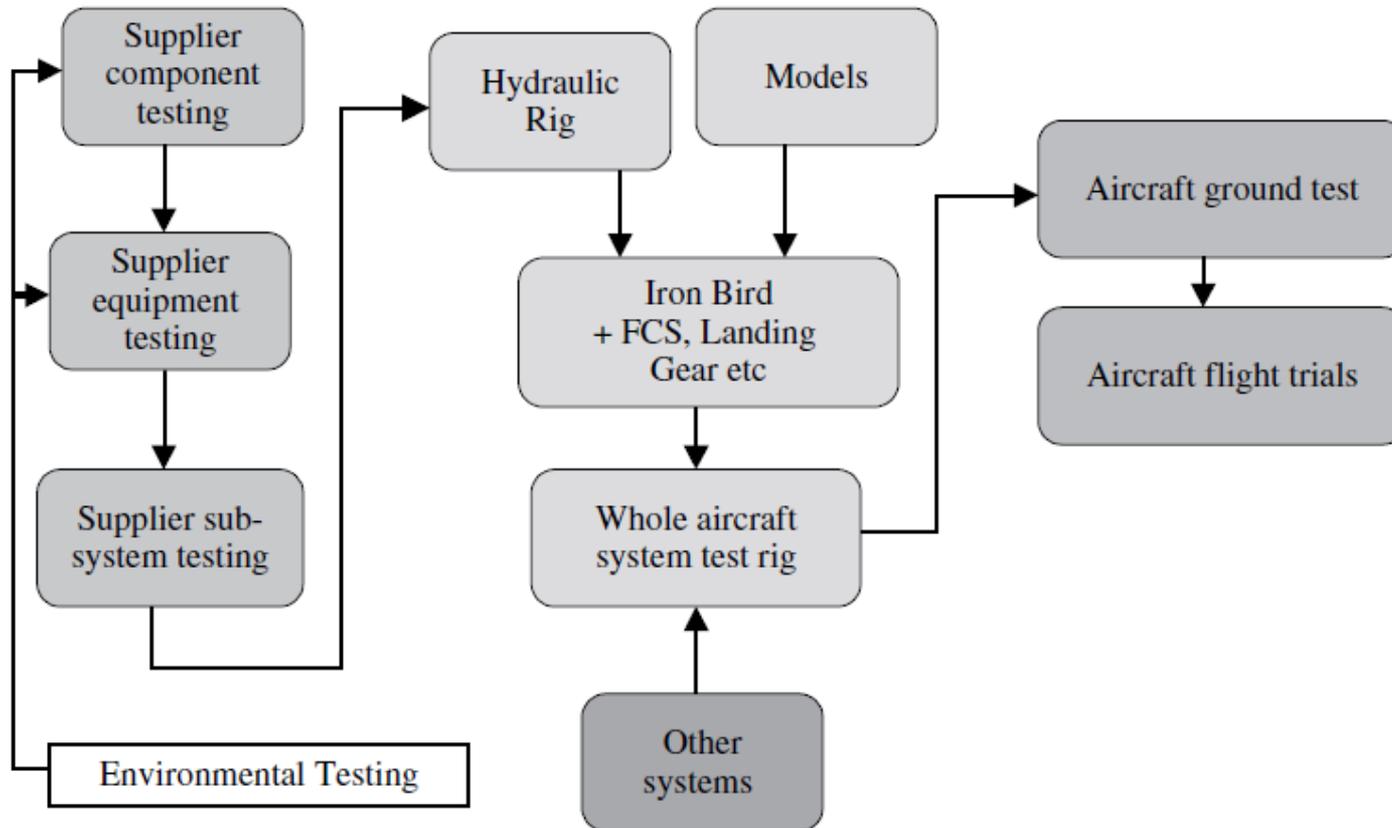
- Introdução
- Características
- Funcionamento
- Cargas hidráulicas
- Circuito hidráulico
- Ensaios e certificação
- Exemplos de arquiteturas de sistema

- Para certificação de uma aeronave, seu sistema hidráulico deve passar por uma grande bateria de testes
- Antes dos testes em voo, é previsto que o sistema passe por centenas de horas de teste em bancadas chamadas “rig”



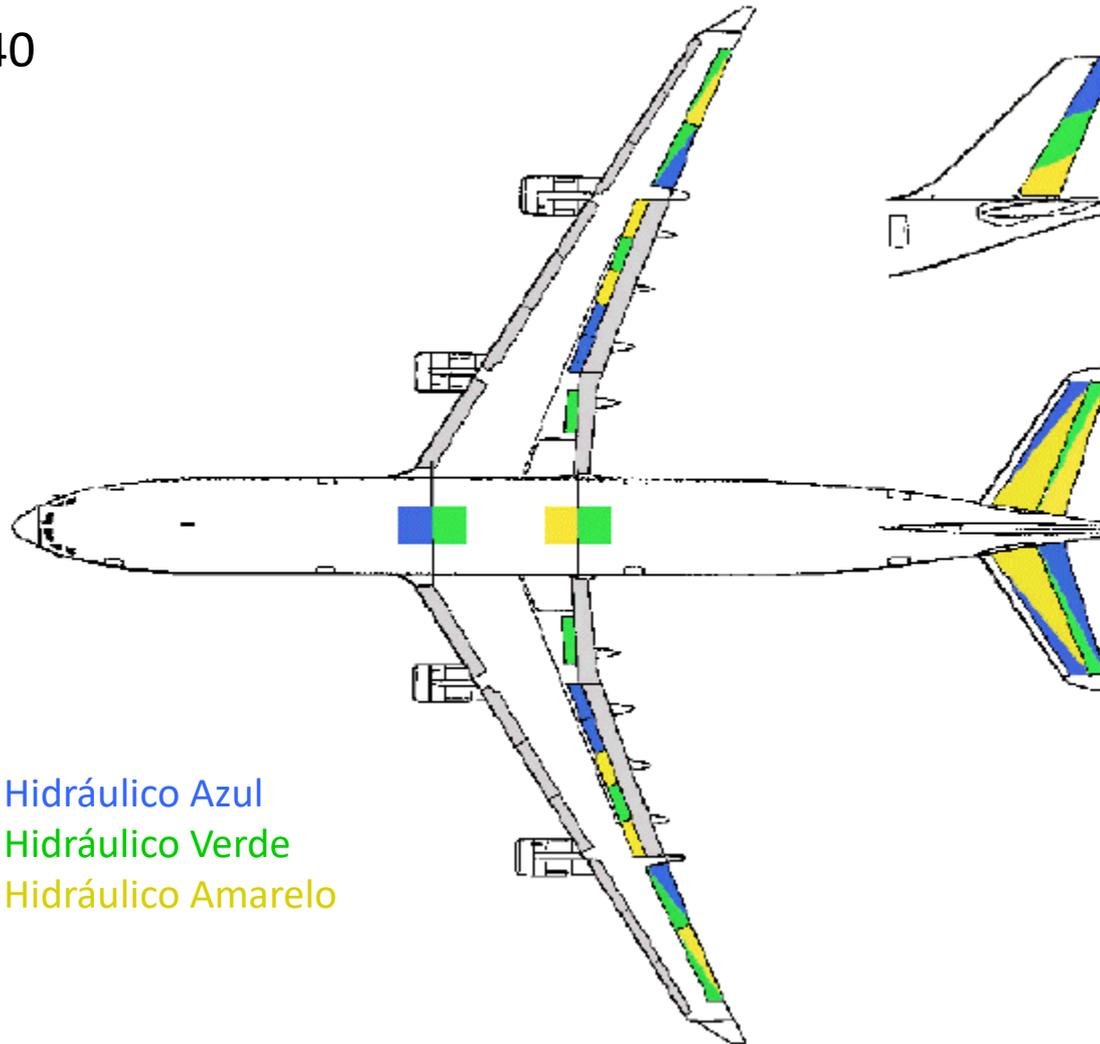
- Após testados os sistemas hidráulicos, eles são combinados com os comandos de voo, trem de pouso e outros sistemas para um rig mais completo, chamado “iron Bird”, antes de serem levados à aeronave





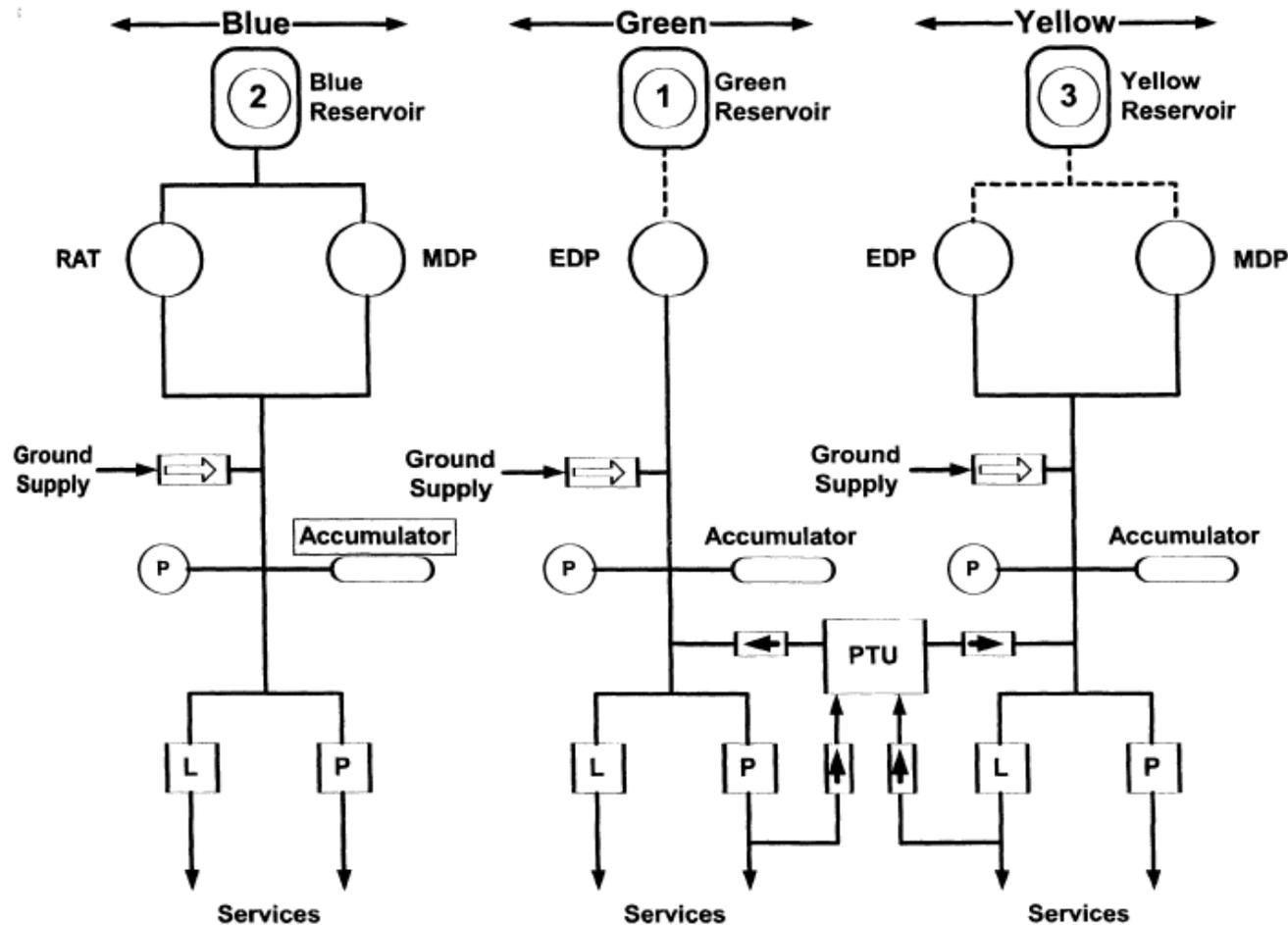
- Introdução
- Características
- Funcionamento
- Cargas hidráulicas
- Circuito hidráulico
- Ensaios e certificação
- Exemplos de arquiteturas de sistema

- Airbus A340



- Sistema Hidráulico Azul
- Sistema Hidráulico Verde
- Sistema Hidráulico Amarelo

- Airbus A340
 - Esquema simplificado



- Boeing 737

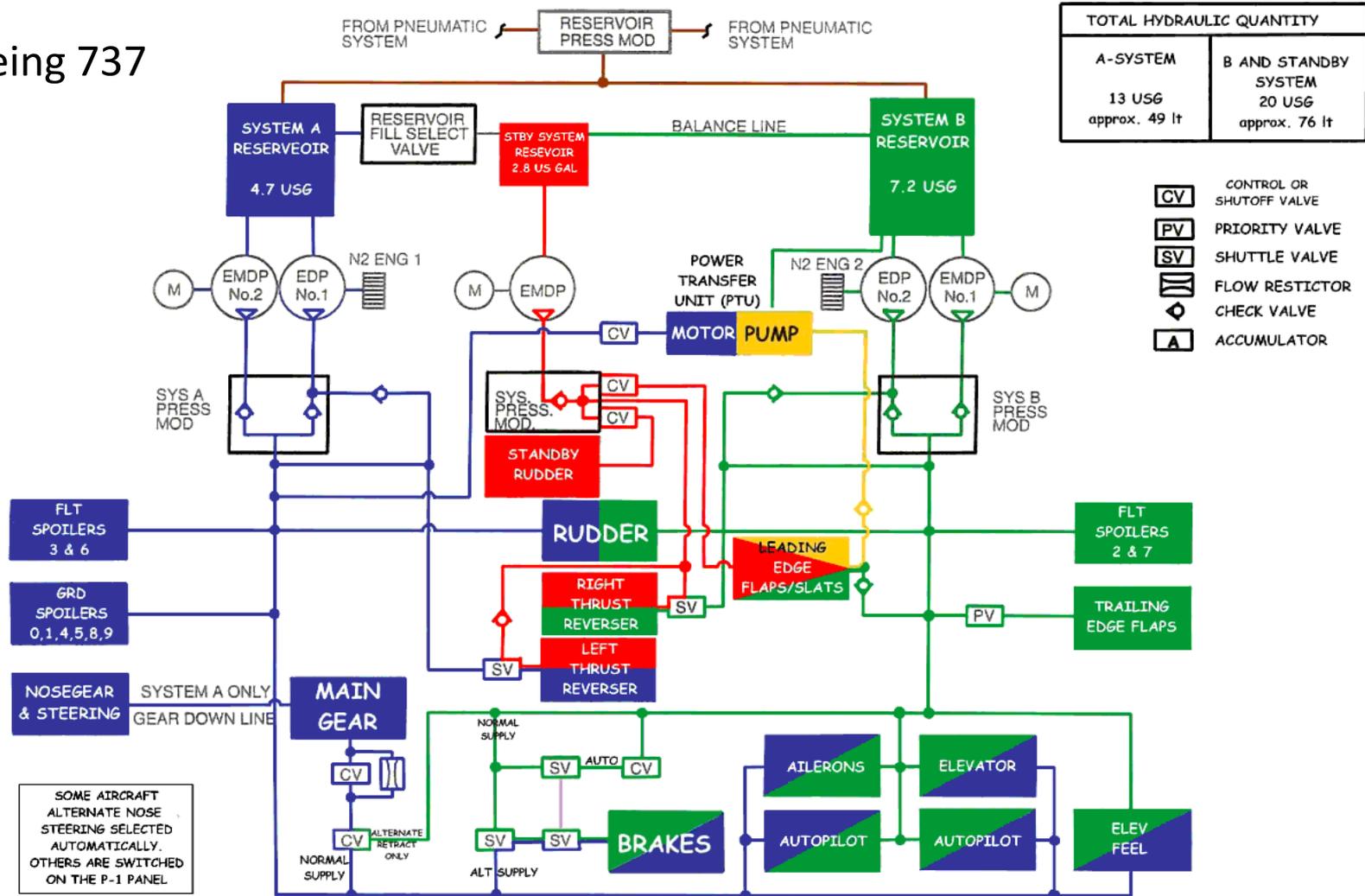
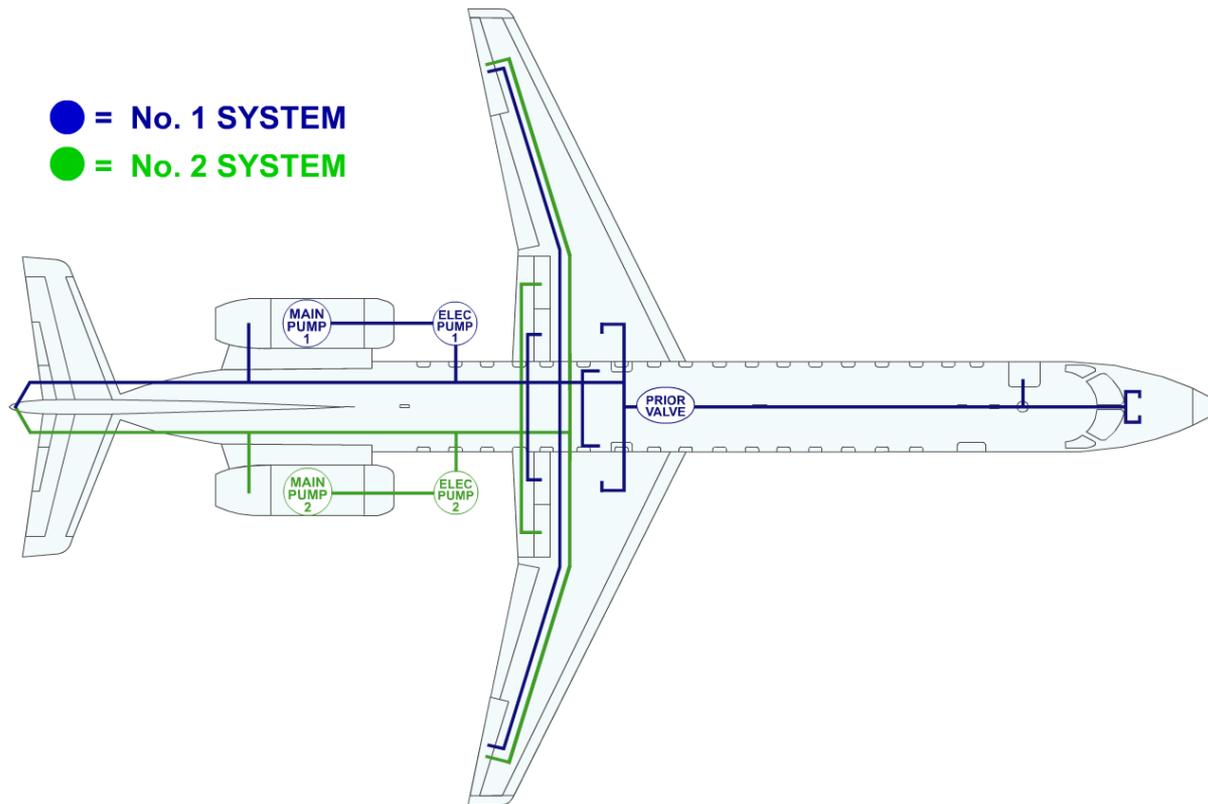
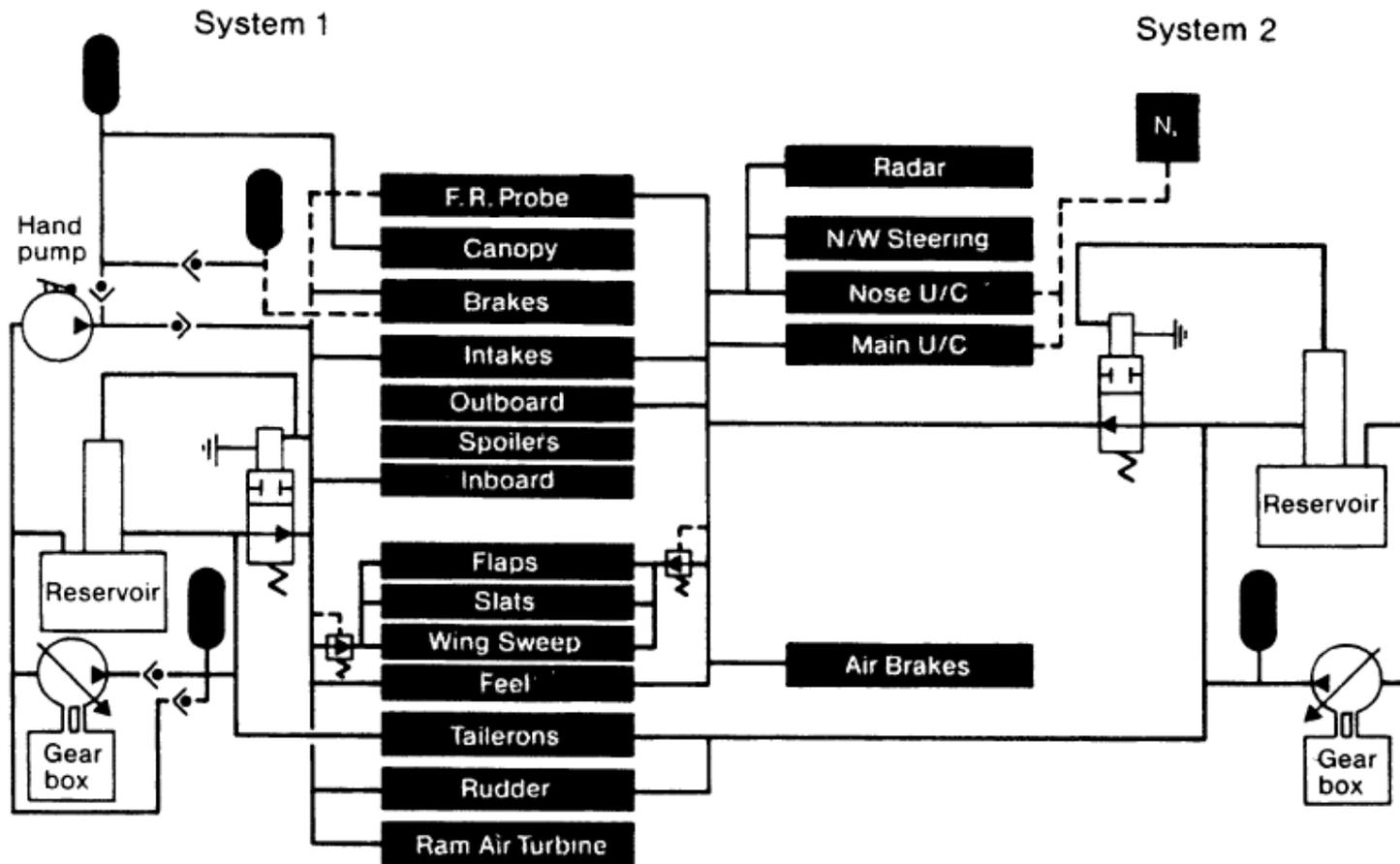


Figure 3 Hydraulic System Power Distribution

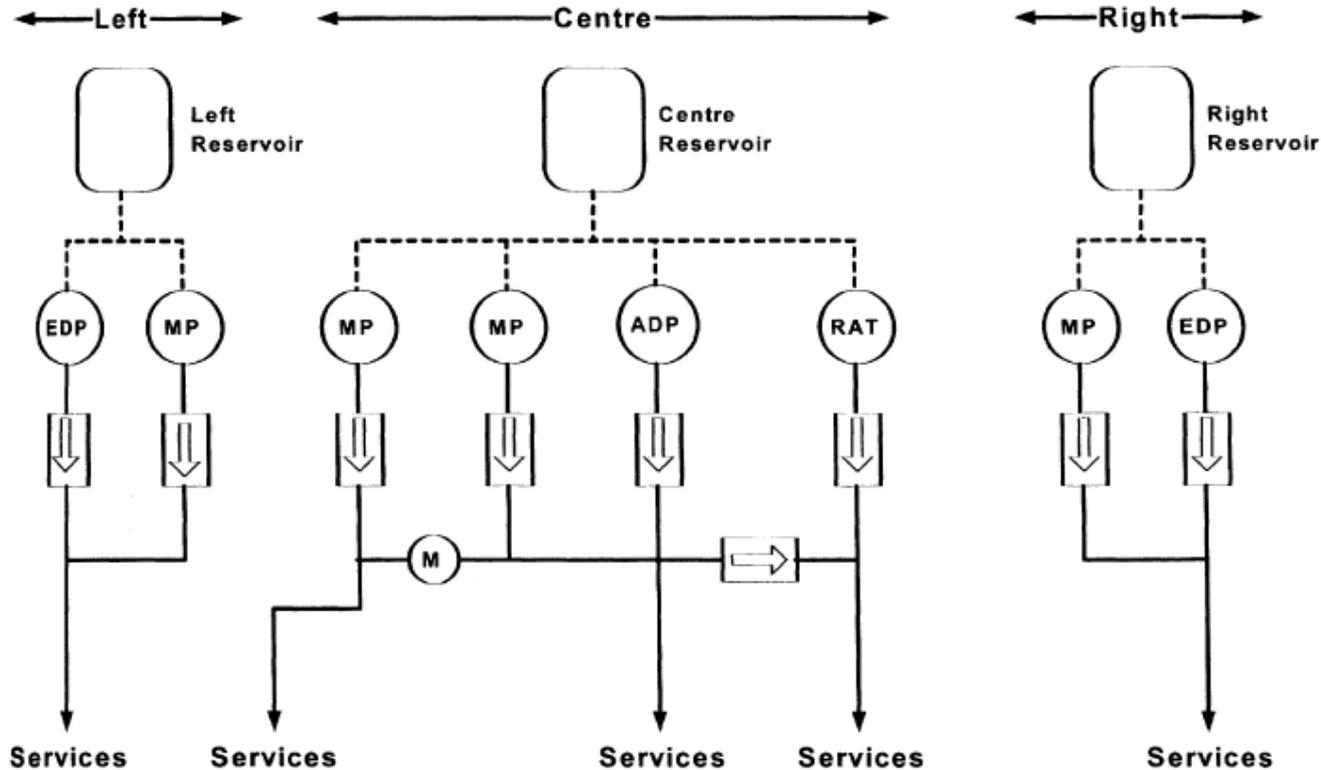
- Embraer 145



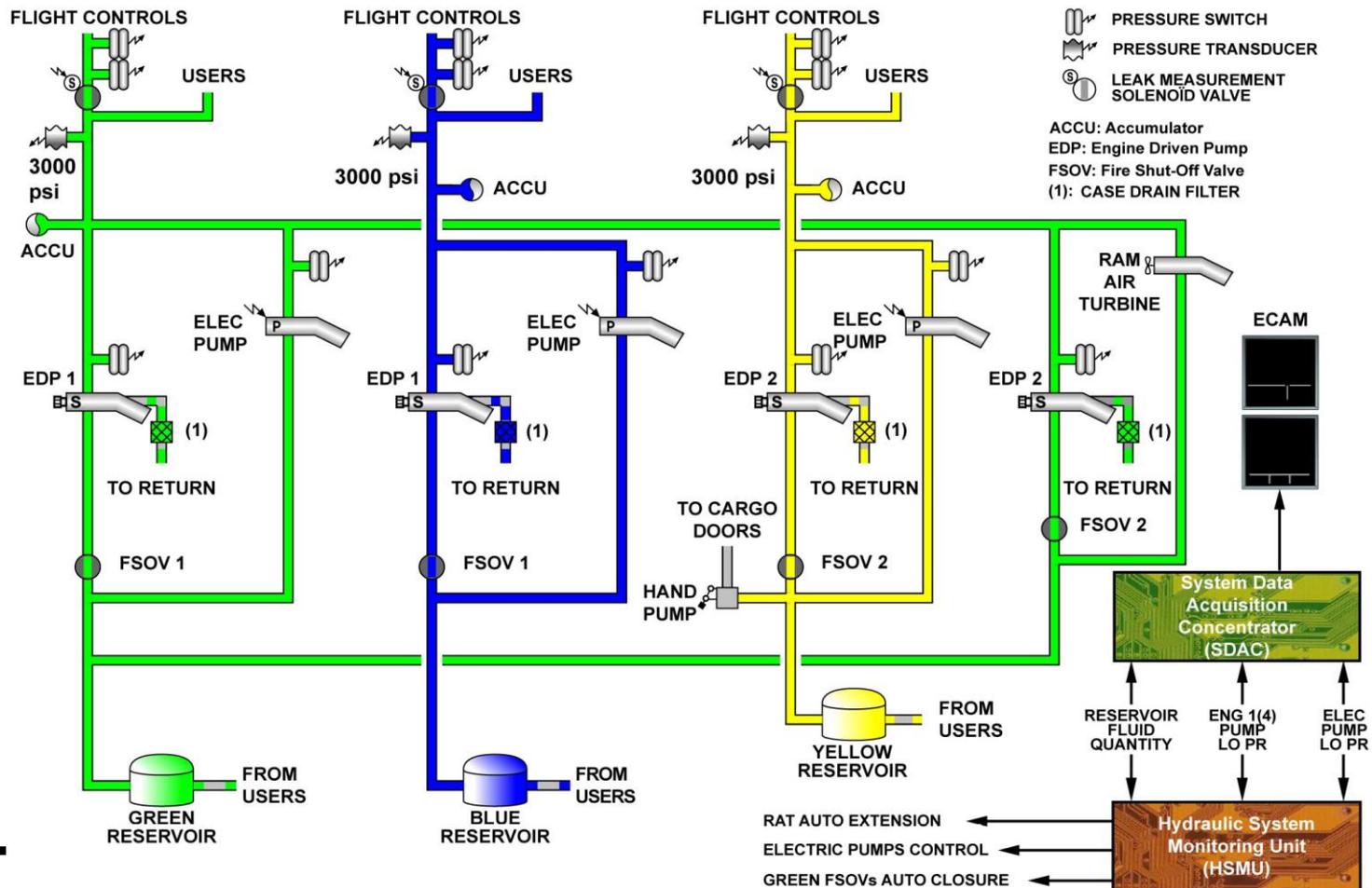
- Tornado
 - Esquema simplificado



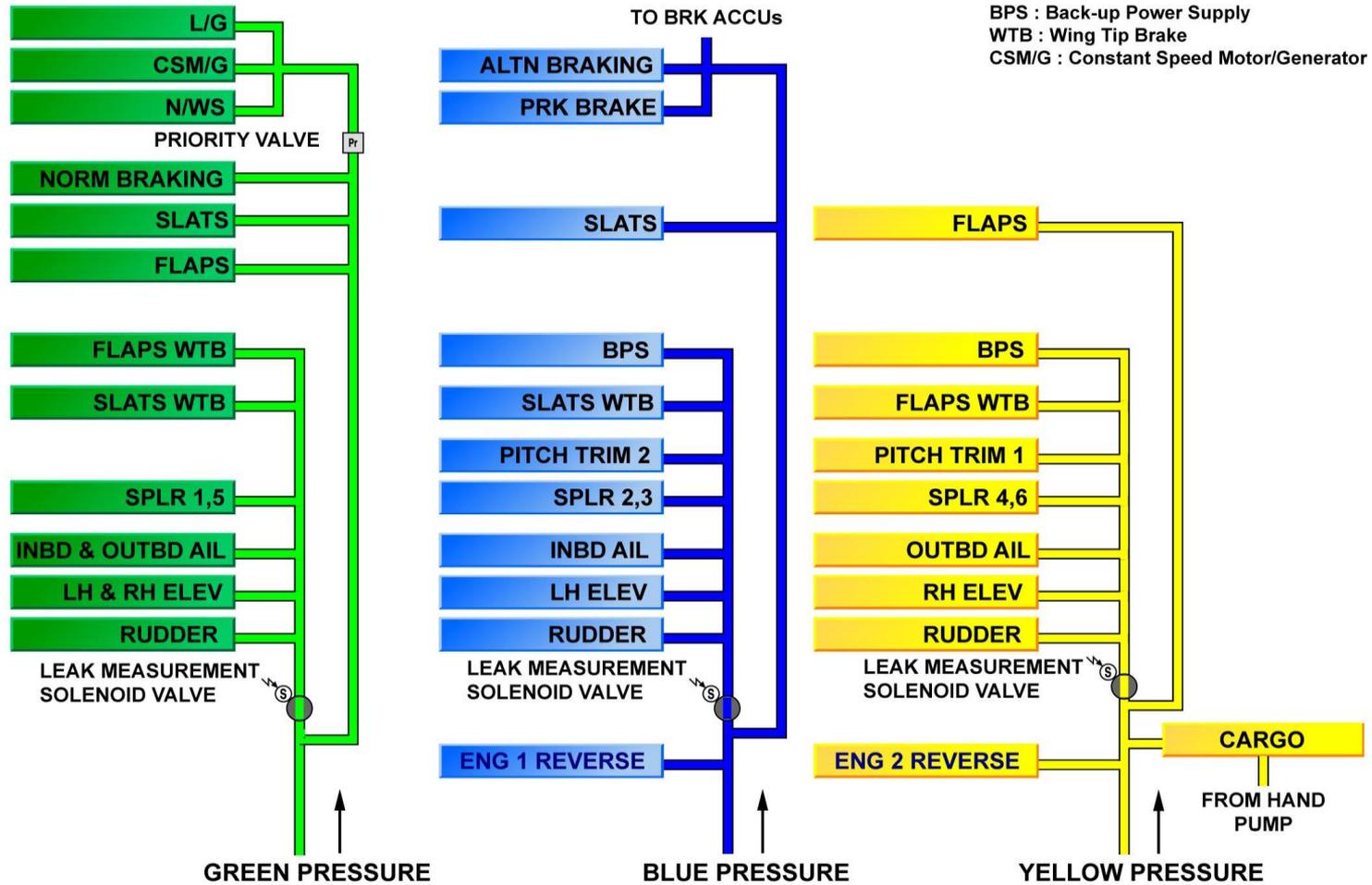
- Boeing 767
 - Esquema simplificado



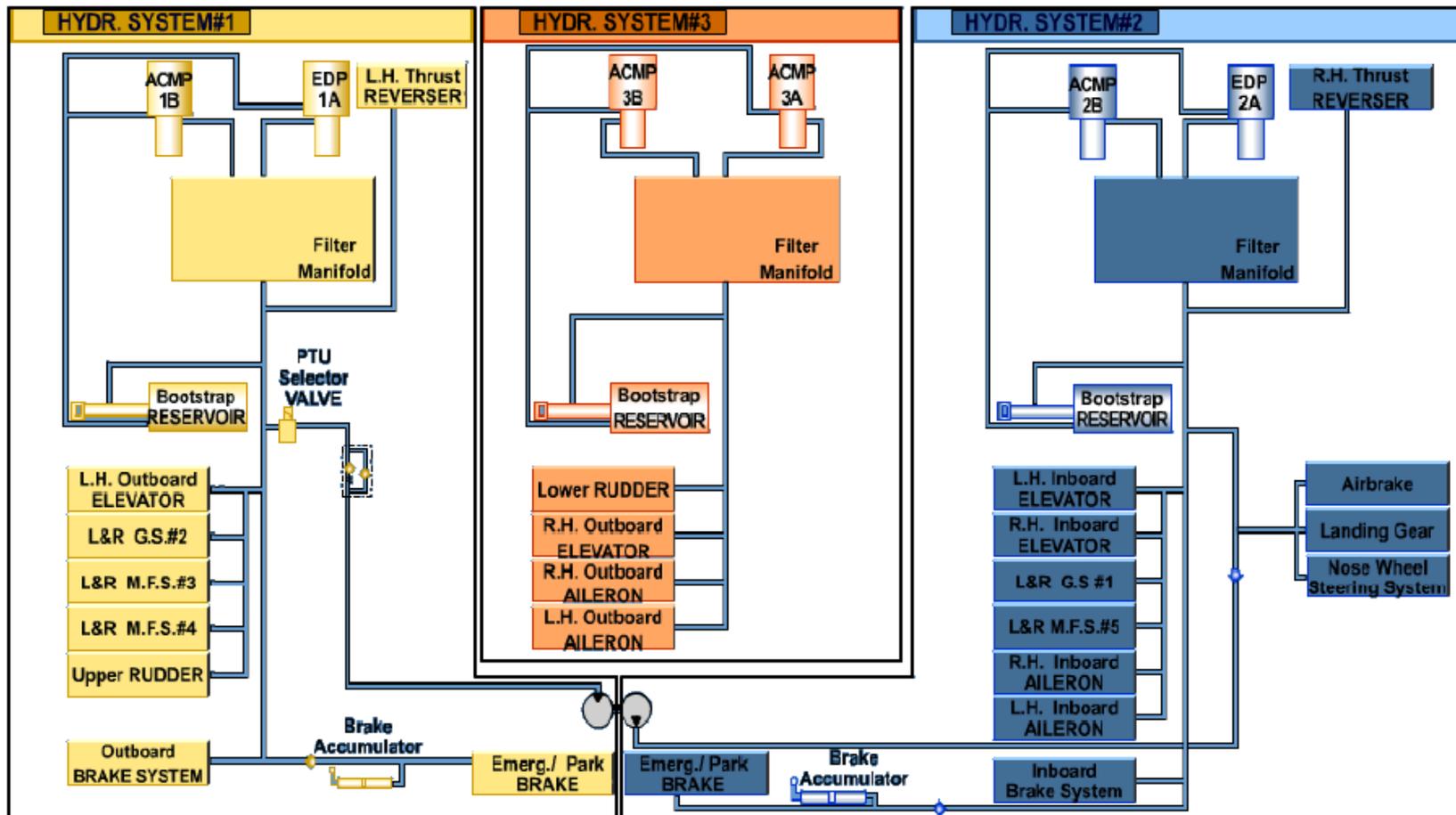
- Airbus A330
 - Esquema simplificado



- Airbus A330
 - Esquema simplificado



- Embraer 170
 - Esquema simplificado

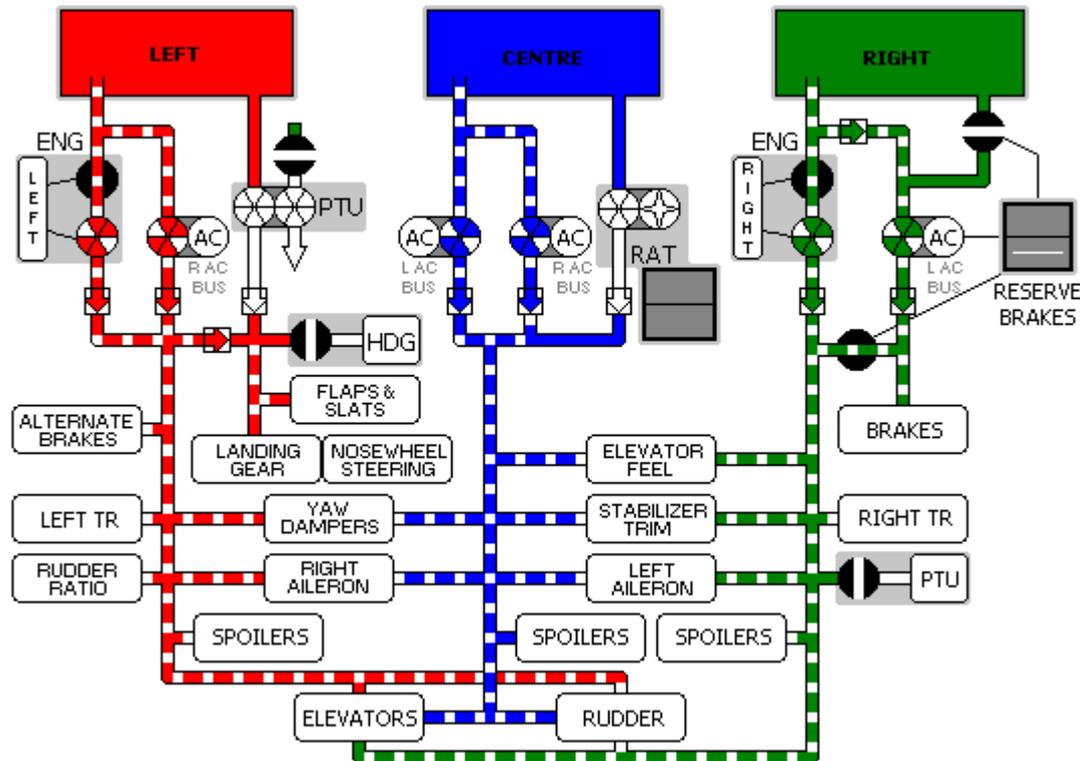


- Embraer 170
 - Esquema simplificado

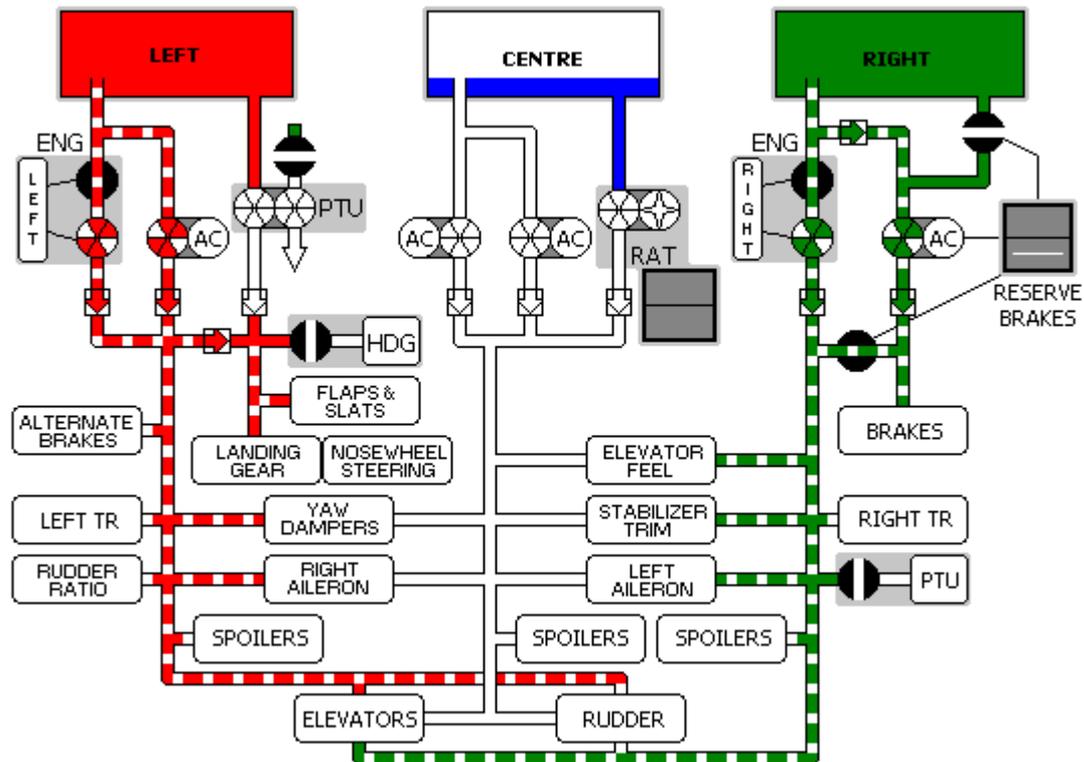


Localização dos Sistemas Hidráulicos

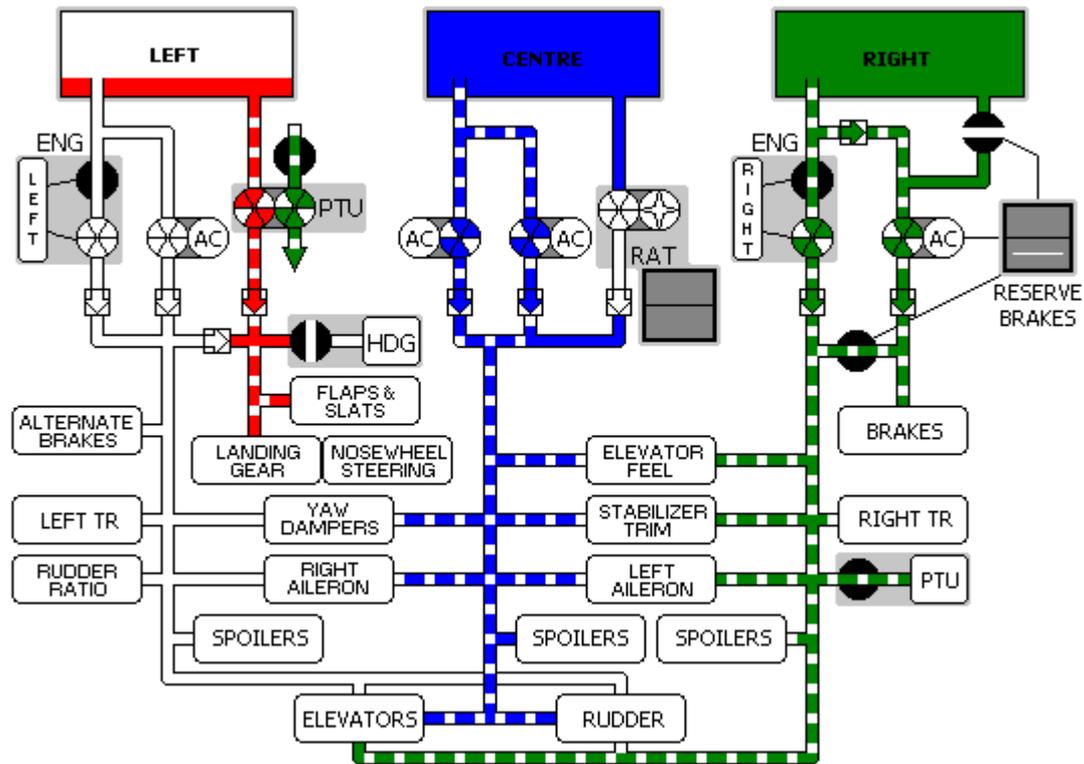
- Boeing 757
 - Funcionamento normal



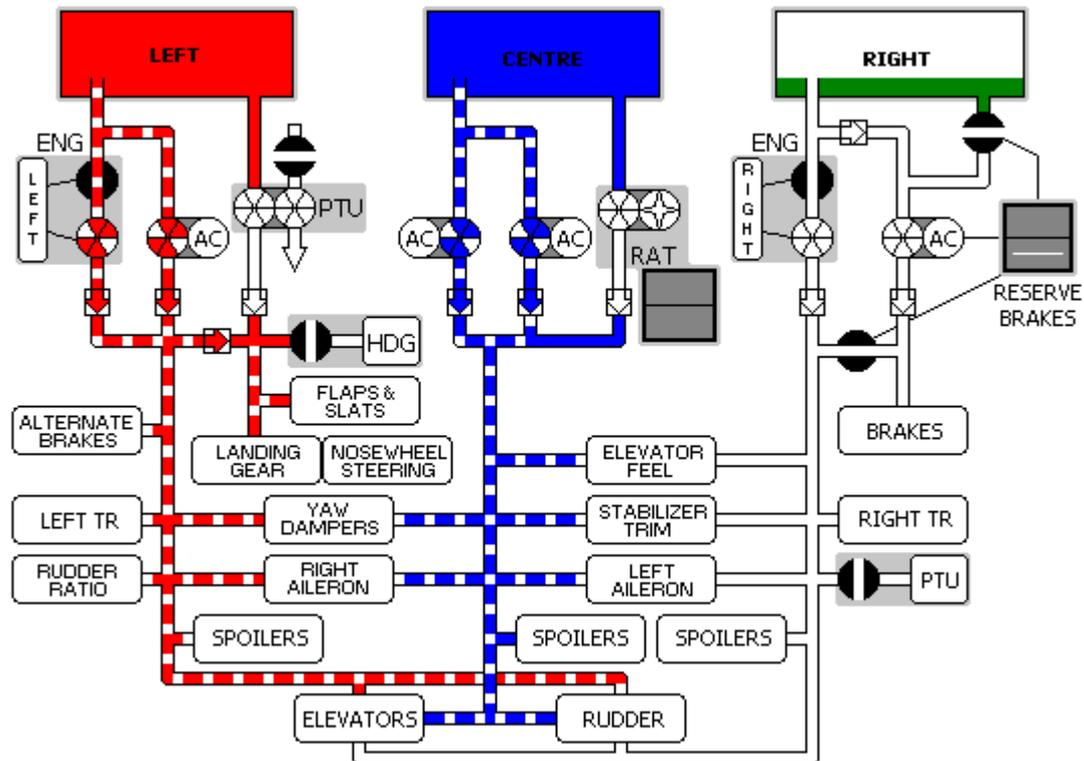
- Boeing 757
 - Vazamento do sistema central



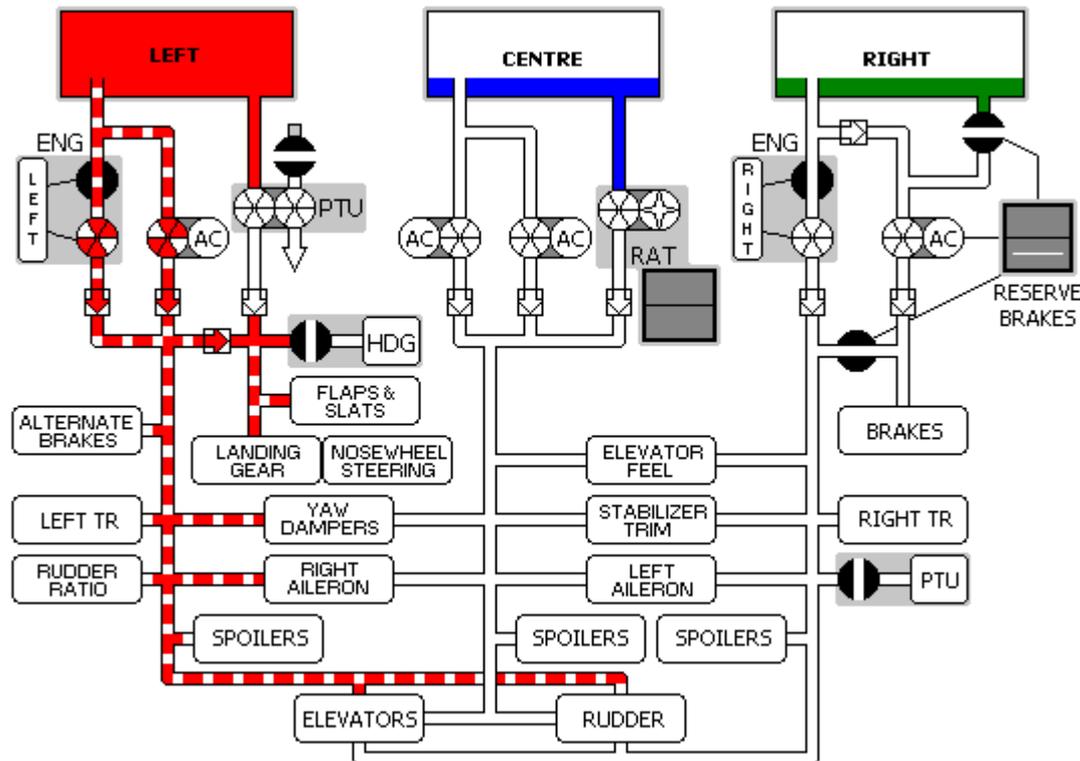
- Boeing 757
 - Vazamento do sistema esquerdo



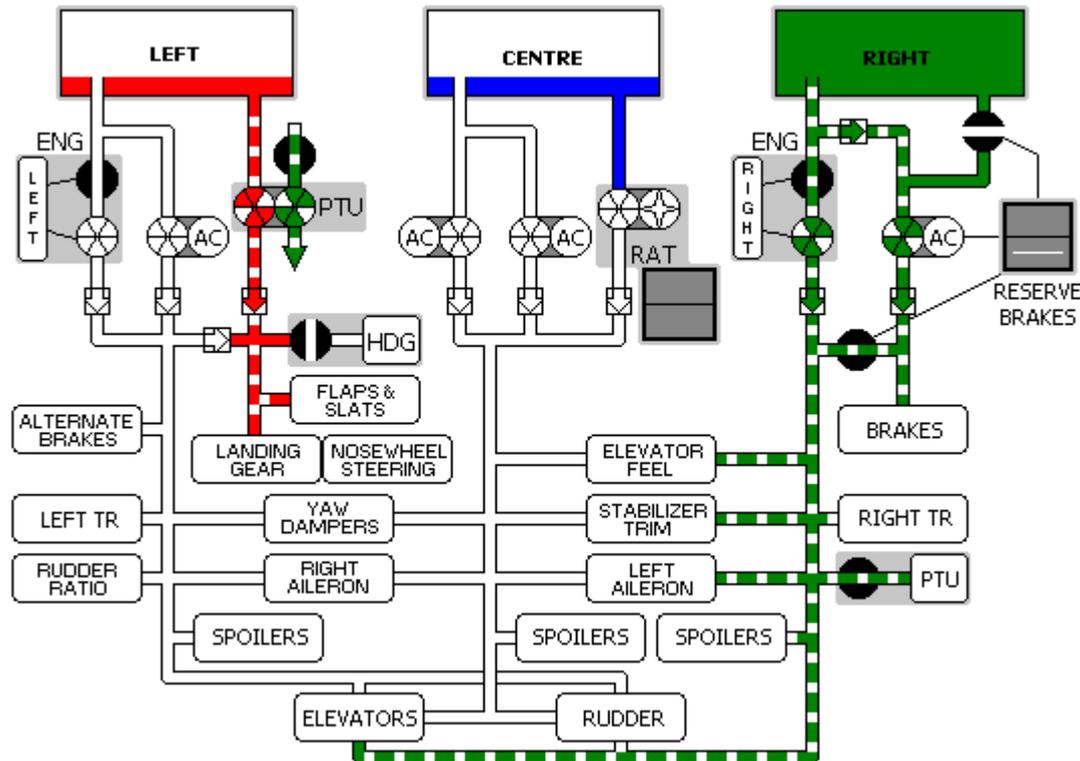
- Boeing 757
 - Vazamento do sistema direito



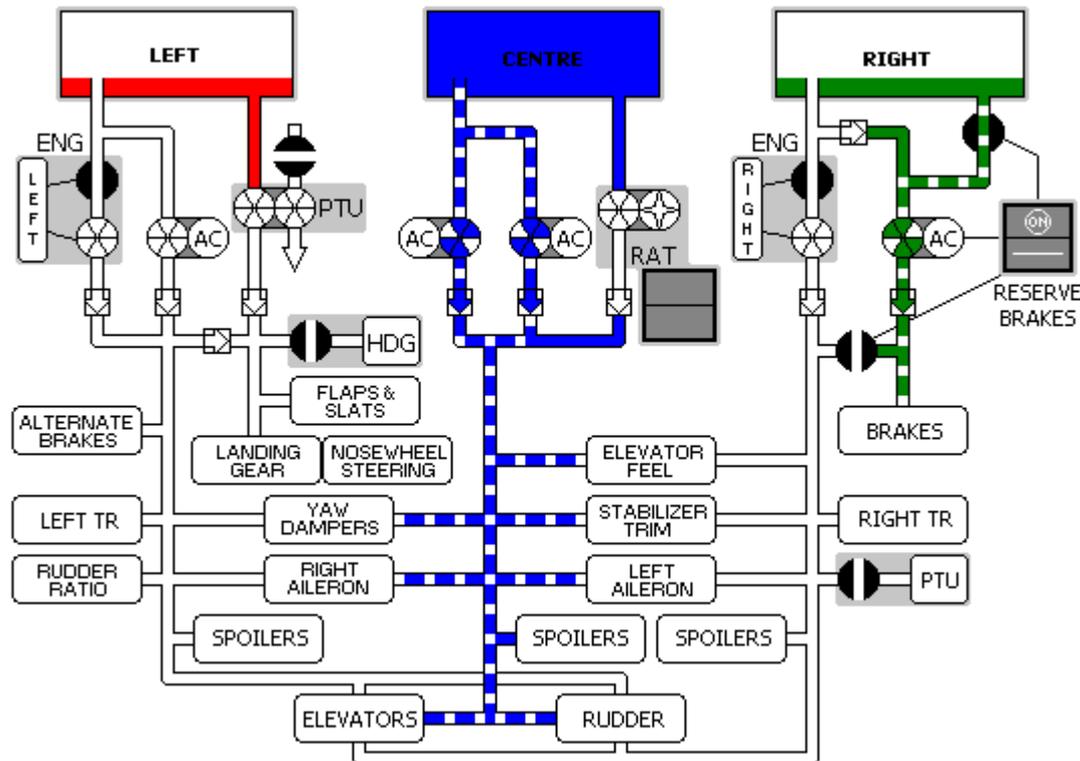
- Boeing 757
 - Vazamento dos sistemas direito e central



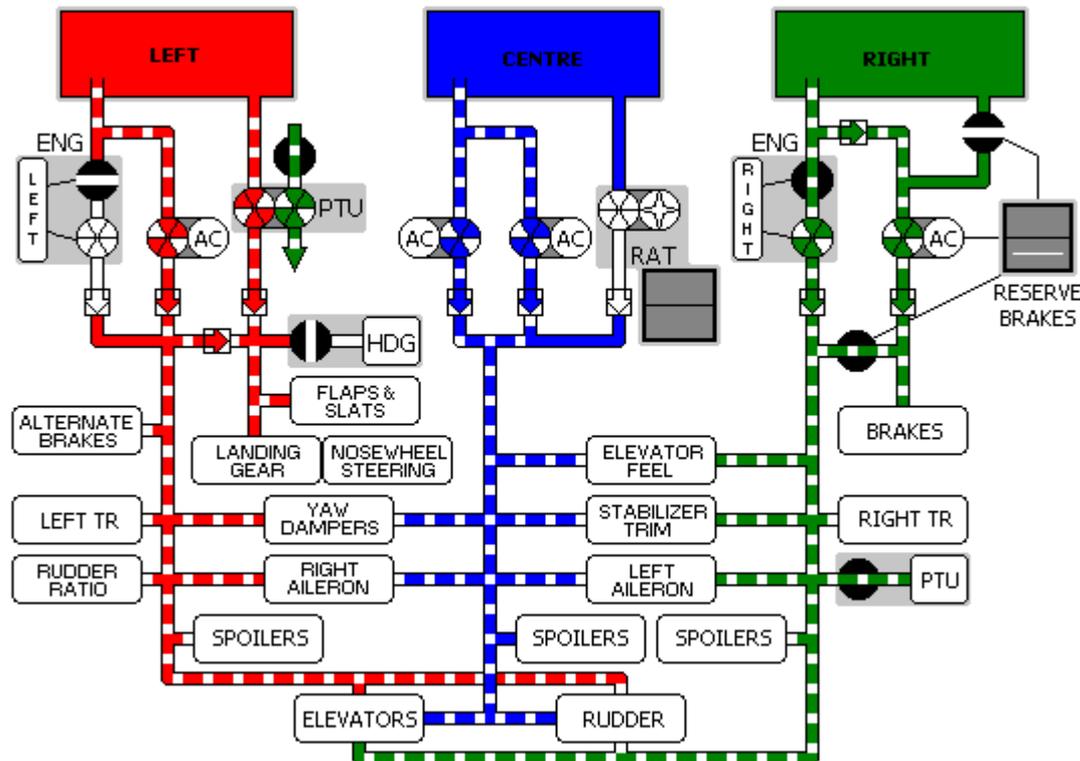
- Boeing 757
 - Vazamento dos sistemas esquerdo e central



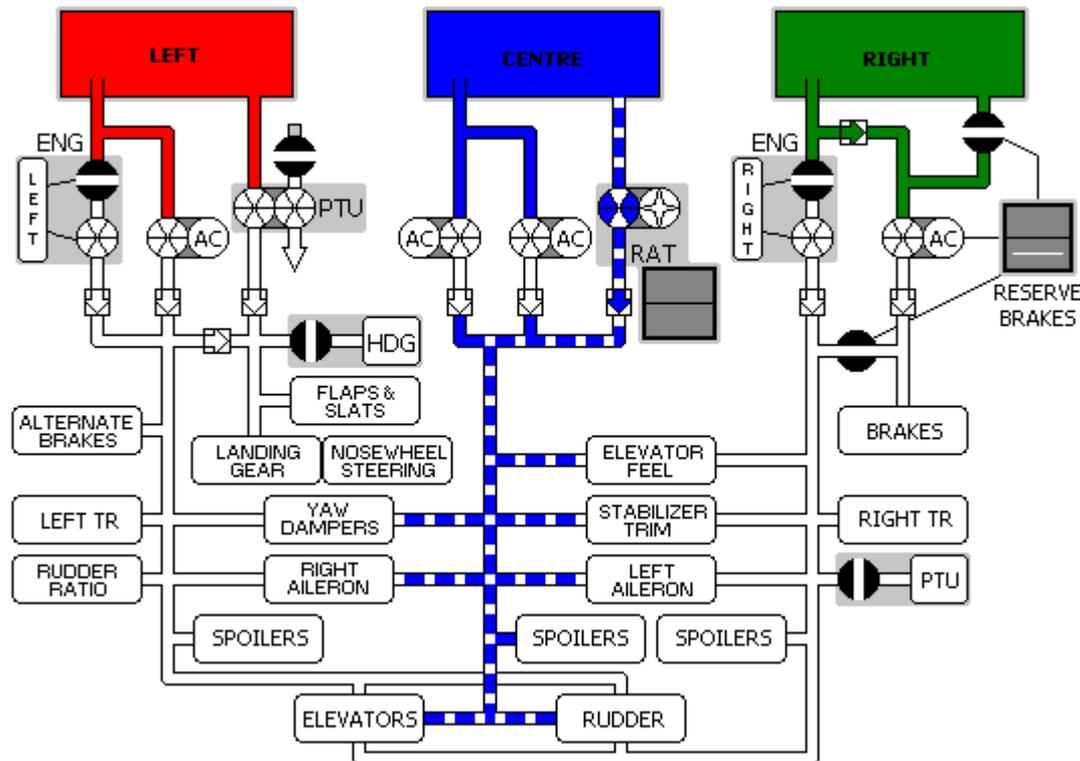
- Boeing 757
 - Vazamento dos sistemas esquerdo e direito



- Boeing 757
 - Falha do motor esquerdo



- Boeing 757
 - Falha dos dois motores



- Stinton, D., The anatomy of the aeroplane
- Stinton, D., The design of the aeroplane
- Etkin, Bernard, Dynamics of flight
- Moir, I. Aircraft systems : mechanical, electrical, and avionics subsystems integration
- Roskam, J, Airplane Design – Part IV

FIM