

SEM5951

Fatores Humanos em Aviação

Ação Humana parte 2

Prof. Dr. Jorge Henrique Bidinotto

jhbidi@sc.usp.br

- Recursos de controle
- Legendas em controle
- Controles específicos

- Recursos de controle
- Legendas em controle
- Controles específicos

- Controles
- Muitos dispositivos diferentes (botões, alavancas, interruptores, etc.)
- O que funciona bem para um caso, pode não funcionar para outro
- Devem ser de fácil operação, ergonômicos e apropriados para sua finalidade



- Controles
- Diferentes classificações:

Quanto à informação	Quanto ao movimento	Quanto às dimensões	Quanto ao transdutor
Discretos	Lineares	Unidimensionais	Isotônicos
Contínuos	Rotativos	Multidimensionais	Isométricos
	Giratórios		

- Controles
- Diferentes classificações:
- Quanto à informação:
 - Controles discretos (liga/desliga, botão, cliques, etc.)
 - Controles contínuos (a posição importa): aceleradores, posição do mouse, etc.
- Quanto ao movimento:

rotativos	lineares	giratórios
Lever 	Push button 	Rotary knob 
Joystick 	Slide 	Thumbwheel 
Toggle switch 	Slide 	Rollball 

- **Controles**
- Diferentes classificações:
- Quanto às dimensões:
 - Unidimensionais (controle linear) – exemplo: volume de som
 - Multidimensionais – exemplo: cursor do mouse
- Quanto ao transdutor:
 - Isotônicos: controlam posição
 - Isométricos: controlam força

- Controles
- Uso de Controles Discretos:

Mov.	Tipo	Aplicação
Linear	Botão	Quando um controle ou uma série de controles são necessários para contato momentâneo ou para ativar um circuito
	Legenda	Onde uma legenda é necessária para aplicações de botão de pressão
	Deslizante	Onde duas ou mais posições são necessárias
	Toggle	Onde duas posições são necessárias ou as limitações de espaço são severas. Seletores de três posições usados apenas como tipo centralizado acionado por mola ou onde controles rotativos ou uso de legendas não são viáveis
	Interruptores	No lugar de toggle, onde podem causar problemas de bloqueio ou onde há pouco espaço no painel e impede a rotulagem das diferentes posições. Interruptores de três posições usados apenas como tipo centralizado com mola ou onde controles rotativos ou legenda não são viáveis
	Push-pull	Onde duas posições são necessárias e tal configuração é esperada (por exemplo, faróis de automóveis, etc.) ou onde o espaço do painel é escasso e as funções relacionadas podem ser combinadas (por exemplo, ON-OFF / controle de volume) Push-pulls de três posições usados apenas onde o posicionamento inadvertido não é crítico
Rotativo/ Giratório	Seletor	Onde três ou mais posições são necessárias Em aplicações de duas posições, onde a identificação visual rápida é mais importante do que a velocidade de posicionamento
	Chave	Em aplicações de duas posições para evitar operação não autorizada
	Botão giratório	Onde um dispositivo de entrada de controle digital compacto com leitura é necessário

- Controles
- Uso de Controles Discretos:

Linear					Giratório		
Botão	Deslizante	Toggle	Interruptor	Push-pull	Seletor	Chave	Botão giratório
			 				

- Controles
- Uso de Controles Contínuos:

Mov.	Tipo	Aplicação
Linear	Alavanca	Quando grandes quantidades de força ou deslocamento estão envolvidos ou quando é necessário controle multidimensional
	Joystick isotônico	Quando o controle preciso ou contínuo em duas ou mais dimensões relacionadas é necessário Quando a precisão do posicionamento é mais importante do que a velocidade de posicionamento Coleta de dados em tela ou gráficos desenhados à mão
	Joystick isométrico	Quando um retorno ao centro após cada entrada ou leitura é necessário, o feedback do operador é principalmente visual, em vez de cinestésico, ou quando há pequeno atraso e forte acoplamento entre entrada e resposta do sistema
	Trackball	Coleta de dados de tela; quando pode haver deslocamento cumulativo em uma determinada direção; apenas para controle de ordem zero
	Mouse	Coleta de dados ou entrada de valores de coordenadas em em uma tela; apenas para controle de ordem zero
	Light pen	Dispositivo de leitura orientado por deslocamento; coleta de dados, entrada de dados em tela
Rotativo/ Giratório	Rotativo Contínuo	Quando baixa força e baixa precisão são necessárias
	Multi-função	Usado em aplicações limitadas onde o espaço escasso do painel impede o uso de um único controle rotativo
	Botão giratório	Usado como uma alternativa aos controles rotativos contínuos onde um dispositivo de controle compacto é necessário

- Controles
- Uso de Controles Contínuos:

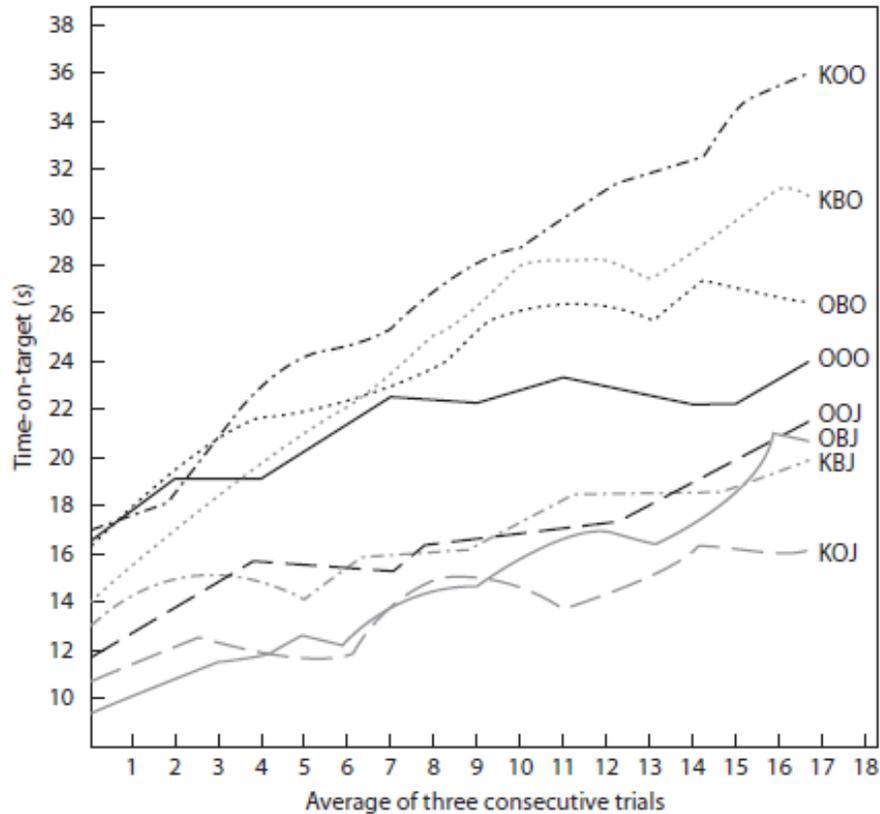
Linear					Giratório		
Alavanca	Joystick	Trackball	Mouse	Light pen	Rotativo contínuo	Multi-função	Botão giratório
							

- **Tipos de resistência ao controle**
- Resistência elástica:
 - A resistência é proporcional ao deslocamento com relação à posição neutra
 - O controle volta para o neutro quando solto
 - Bom para a segurança, mas pode gerar fadiga muscular adicional se usado por muito tempo
- Atrito:
 - A resistência mecânica sempre presente em sistemas com movimento
 - Atrito estático > atrito dinâmico

- **Tipos de resistência ao controle**
- Resistência viscosa:
- Semelhante ao amortecimento viscoso
- A força de resistência é função da velocidade de aplicação do comando

- Resistência inercial:
- Proporcional à aceleração
- Possuem grande impacto em mudanças de direção
- Exemplo: portas giratórias

- Tipos de resistência ao controle
- Exemplos de aplicação de diferentes resistências e seu desempenho:



Resistências aplicadas:

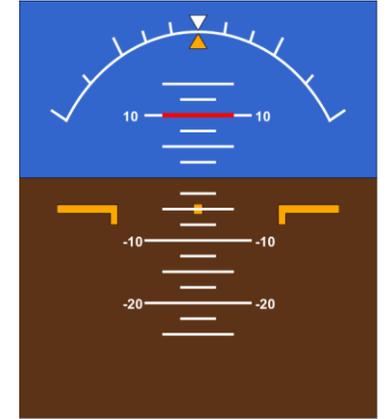
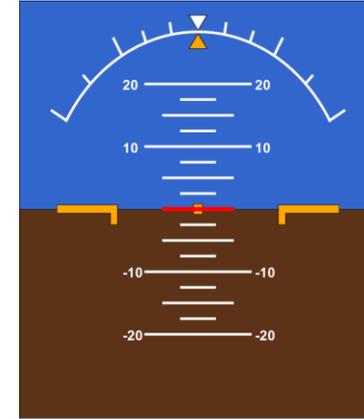
K – elástica

B – viscosa

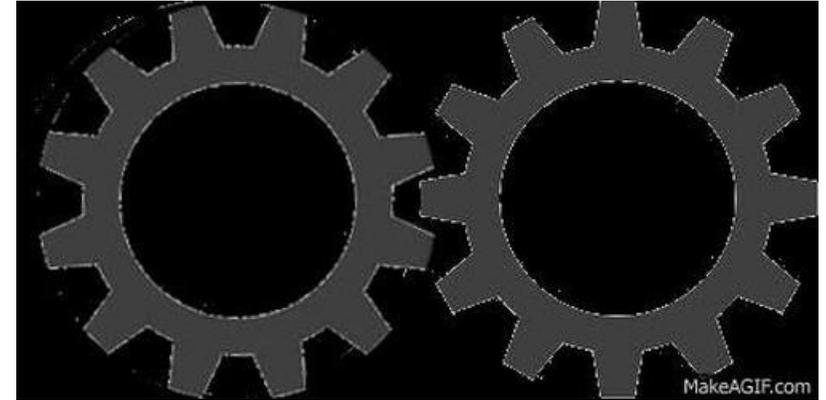
J – inercial

O – nenhuma

- **Relação comando-resposta**
- Definições importantes a serem consideradas:
- Tarefa de rastreamento:
 - tarefas contínuas que buscam controle de trajetória
 - Exemplo: dirigir ou Tarefas sintéticas em simulador
- Espaço morto (deadbit):
 - Folga em torno do ponto neutro que não afeta o sistema



- **Relação comando-resposta**
- Definições importantes a serem consideradas:
- Backlash:
 - Folga mecânica no sistema, em qualquer posição de atuação
 - Afeta principalmente mudanças de direção
- Razão controle-display (controle-resposta):
 - Relação entre deslocamento do comando e o deslocamento do cursor
 - Em certos casos é conhecido como Ganho
 - Razões baixas melhoram ajuste fino; razões altas melhoram comando de alto deslocamento



- **Relação comando-resposta**
- Ordem dos sistemas de controle:
- Ordem zero:
 - Comanda deslocamento
- Ordem um:
 - Comanda velocidade
- Ordem dois:
 - Comanda aceleração

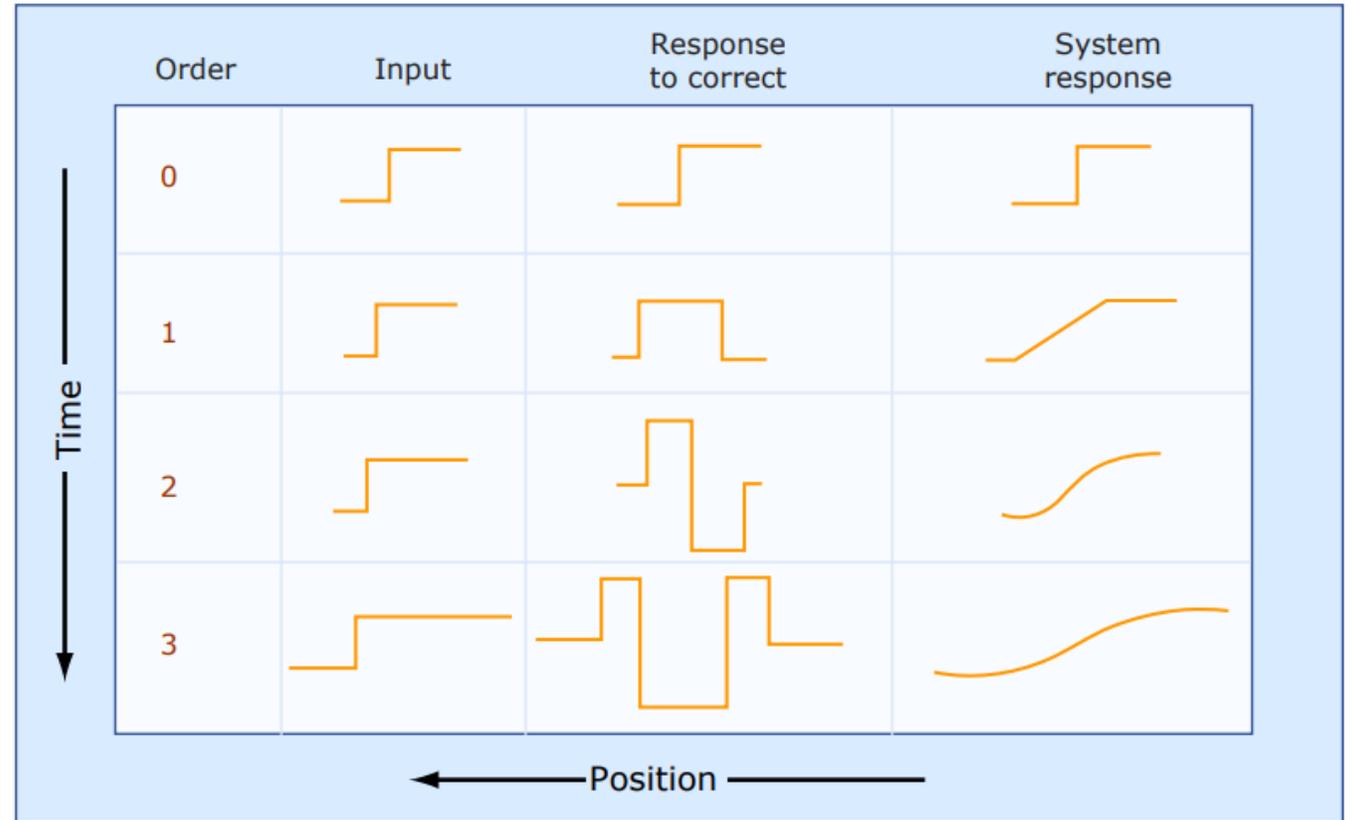


Image by MIT OpenCourseWare.

- Movimentos humanos são mais precisos quando mais baixa for a ordem

- Recursos de controle
- Legendas em controle
- Controles específicos

- Painéis ou legendas devem ser colocados nos controles (em aeronáutica isso é requisito)
- O operador deve ser capaz de:
 - Alcançar,
 - Identificar
 - Selecionar
 - Operar

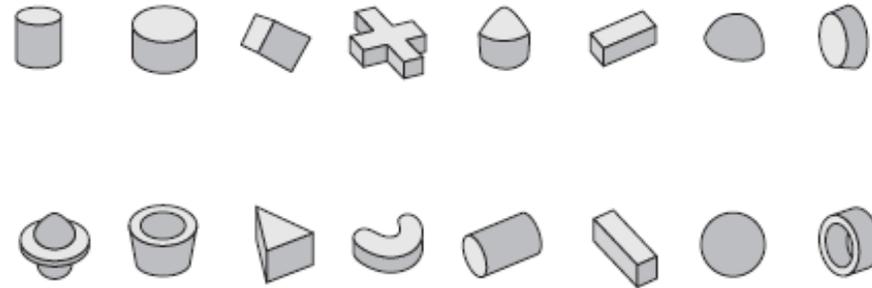
- **Codificação das legendas**
- As legendas deve ser escolhidas com base em:
 - Demanda do operador
 - Métodos de codificação já usados
 - Nível de iluminação
 - Velocidade e precisão da identificação
 - Espaço disponível
 - Número de controles codificados

- **Codificação das legendas**
- Codificação por localização:
 - A própria localização já indica o que é cada controle
 - Pedais de freio e acelerador, por exemplo
 - Devem ter distância suficiente (a distância é diferente para cada aplicação e tipo de comando)
 - Na segunda Guerra, a má codificação por localização em comandos de aeronaves foi uma grande fonte de acidentes (alavanca de flape e trem de pouso eram confundidas)
 - Serem humanos distinguem melhor a localização vertical do que horizontal

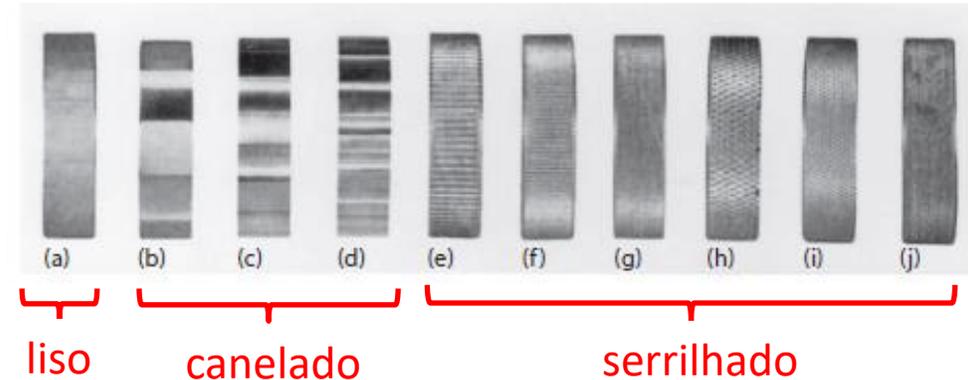
- **Codificação das legendas**
- Rótulos:
 - Tipo mais comum
 - Muito eficiente, mas possui desvantagens:
 - Depende de iluminação
 - Depende de tipo de fonte ou símbolo conhecido
 - Depende de idiomas (se for em palavras)
 - Ocupam espaço
 - Muitos comandos com rótulos no mesmo painel diminui o desempenho do operador

- **Codificação das legendas**
- Codificação por cores:
 - Muito eficiente para distinção, mas possui desvantagens:
 - Depende de iluminação
 - Deve usar no máximo 5 cores para desempenho adequado
 - Levar em consideração que uma alta parcela da população é daltônica

- Codificação das legendas
- Codificação por formato:
 - Eficiente em condições de pouca iluminação
 - Pode se usar de 8 a 10 formas diferentes com desempenho adequado do operador

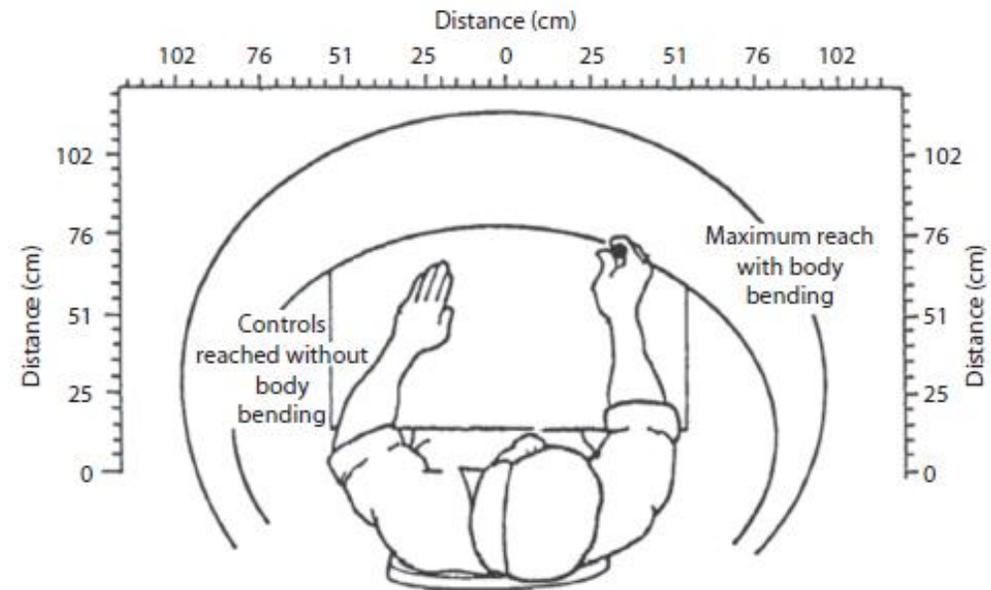


- **Codificação das legendas**
- Codificação por tamanho:
 - Semelhante ao caso da formato
 - Atentar à diferença mínima de tamanho distinguível (1,27 cm de diâmetro; 0,93 cm de espessura)
 - Não deve ser usado junto com codificação por formato
- Codificação por textura:
 - Em geral se distingue 3 categorias: lisos, canelados e serrilhados
 - Dentro de cada categoria, não é possível distinção adequada



- **Codificação das legendas**
- Considerações finais sobre codificação:
 - Alguns tipos de códigos são mais aplicados a certas situações (aula de percepção)
 - O uso de redundância de codificações é eficiente e altamente recomendado

- Disposição dos controles no ambiente
- Disposição em cockpit, por exemplo
- Deve considerar fatores antropométricos (serão estudados em aula posterior)
- Deve considerar quantidade de utilização
- Deve considerar estereótipos populacionais
- Deve considerar legislação



- Prevenção de operação acidental
- Utilizado em comandos críticos
- Opções para prevenção:
 - Manter longe
 - Uso de guardas, barras ou outros dispositivos
 - Acionamento de dois estágios
- O uso destes dispositivos exige, além da ação, uma carga cognitiva

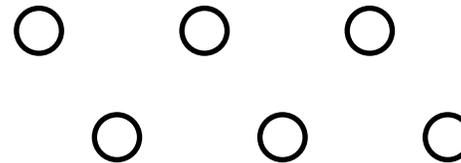


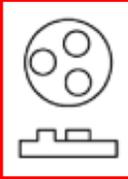
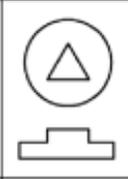
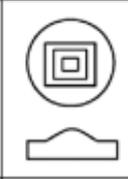
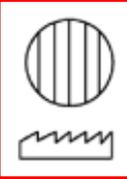
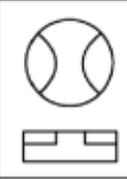
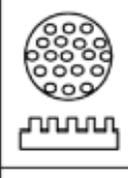
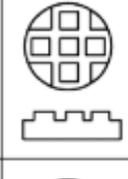
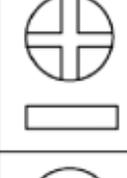
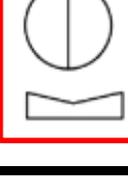
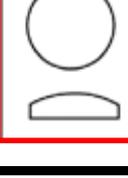
- Recursos de controle
- Legendas em controle
- Controles específicos

- Controles manuais
- Botões e interruptores:
- Devem ser considerados no projeto
 - Formato
 - Tamanho
 - Distância entre eles
 - Disposição
 - Força para acionamento
 - Feedback sobre pressão
 - Lei de Fitts

Estudo de Moore sobre formato de botões (1974)
 (mais facilmente reconhecíveis)

Melhor disposição:



- Controles manuais
- Vários tipos, com diferentes aplicações e especificações ideais de projeto

Comparison of Common Control Types

Characteristic	Push Button	Toggle Switch	Rotary Selector Switch	Continuous Knob
Time required to make control setting	Very quick	Very quick	Medium to quick	—
Recommended number of control positions (settings)	2	2–3	3–24	—
Likelihood of accidental activation	Medium	Medium	Low	Medium
Effectiveness of coding	Fair	Fair	Good	Good
Effectiveness of visually identifying control position	Poor	Good	Fair	Fair
Effectiveness of check reading to determine control position when part of a group of like controls	Poor	Good	Good	Good

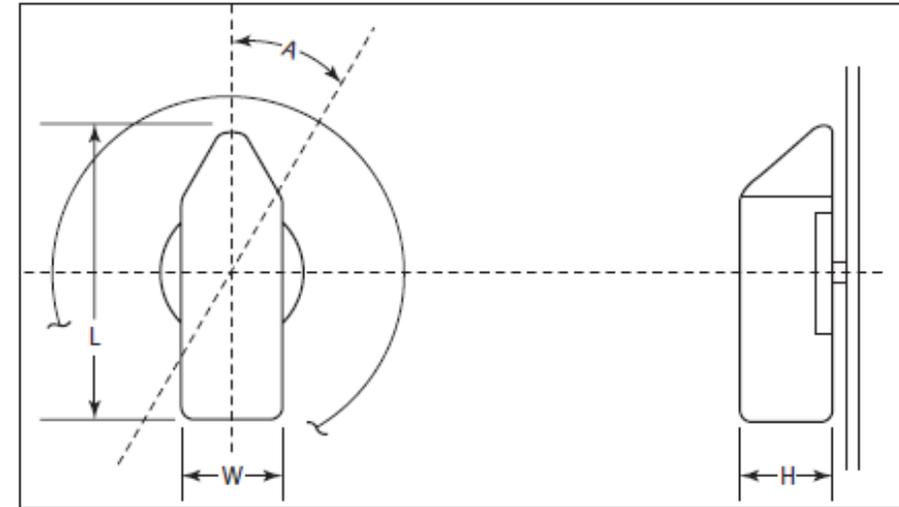
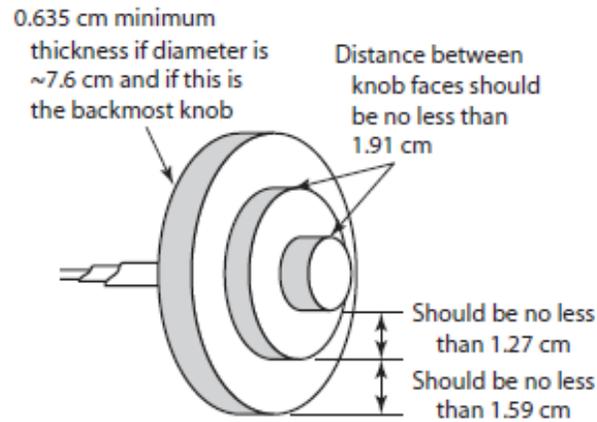
- Controles manuais
- Botões e interruptores:

Recommended Minimum (Min), Maximum (Max), and Preferred Physical Dimensions of Pushbuttons for Operations by Finger or Thumb

	Diameter (mm)		Displacement (mm)		Resistance (g)		Control Separation (mm)	
	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Preferred
Type of operations fingertip								
One finger—randomly	13		3	6	283	1133	13	50
One finger—sequentially	13		3	6	283	1133	6	13
Different fingers—randomly or sequentially	13		3	6	140	560	6	13
Thumb (or palm)	19		3	38	283	2272	25	150
Applications								
Heavy industrial pushbutton	19		6	38	283	2272	25	50
Car dashboard switch	13		6	13	283	1133	13	25
Calculating machine keys	13		3		100	200	3	
Typewriter	13		0.75	4.75	26	152	6	6

- **Controles manuais**
- Chaves seletoras e botões giratórios:
- Usar até 24 posições discrimináveis
- Acionamento mais lento
- Usar ponteiro próximo à escala
- “Clique” em cada posição
- Separação de ao menos 1 polegada entre as bordas
- Quanto maior o botão, melhor
- Botões codificados por tamanho precisam ter grande diferença entre si
- Prejudicial para pessoas com problema de mobilidade (artrite, por exemplo)

- Controles manuais
- Chaves seletoras e botões giratórios:
- Possibilidade de controle concêntricos

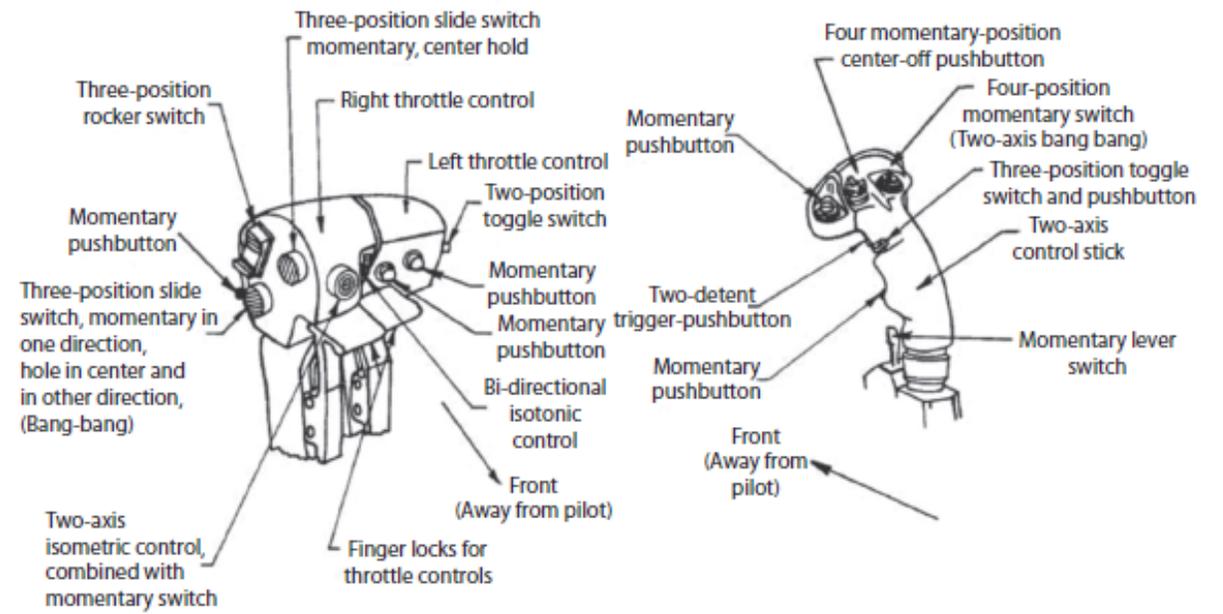


	Dimensions			Resistance
	Length L	Width W	Depth H	
Minimum	25 mm (1 in.)		16 mm (0.625 in.)	113 mN-m (1 in.-lb)
Maximum	100 mm (4 in.)	25 mm (7 in.)	75 mm (3 in.)	678 mN-m (6 in.-lb)
	Displacement A		Separation	
	Regular*	Large**	One-hand random	Two-hand operation
Minimum	15°	30°	25 mm (1 in.)	75 mm (3 in.)
Maximum	40°	90°		
Preferred	—	—	50 mm (2 in.)	125 mm (5 in.)

* For facilitating performance.

** When special engineering requirements demand large separation.

- Controles manuais
- Controles multifuncionais:
- Permitem que um mesmo sistema faça várias funções
- Evita a presença de muitos dispositivos e/ou que as mãos sejam removidas dos comandos
- Exemplo: comando de aeronaves de caça

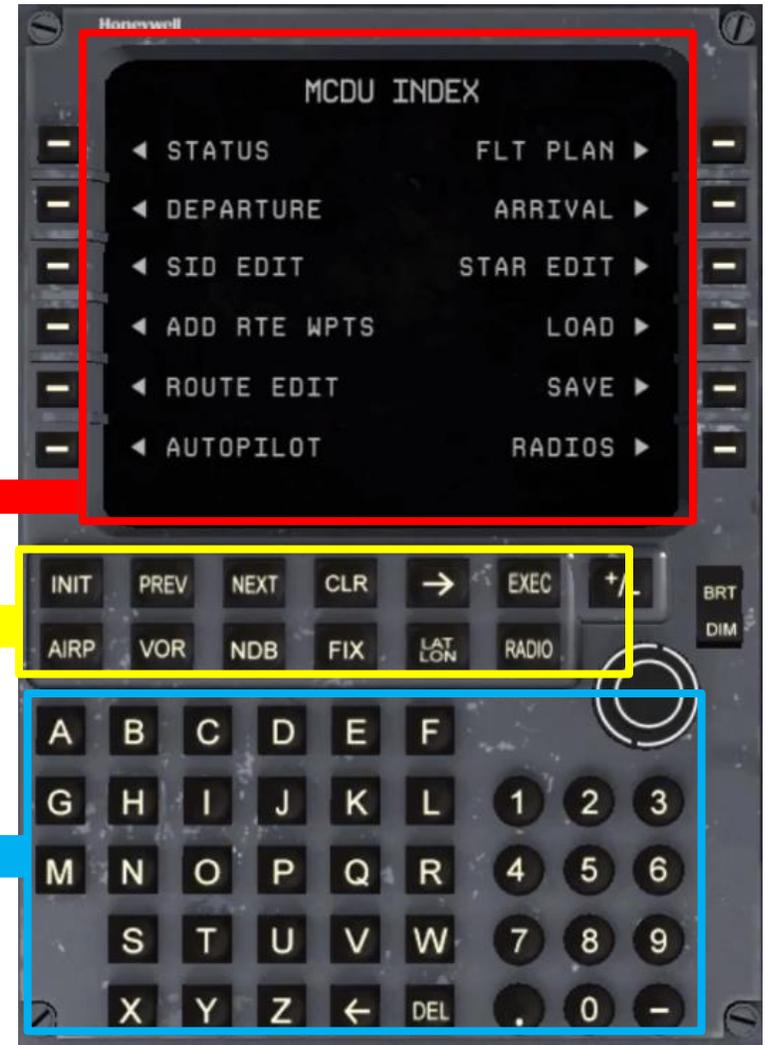


- Controles manuais
- Controles multifuncionais:
- Exemplo: FMS/MCDU

Tela de visualização e seleção de opções

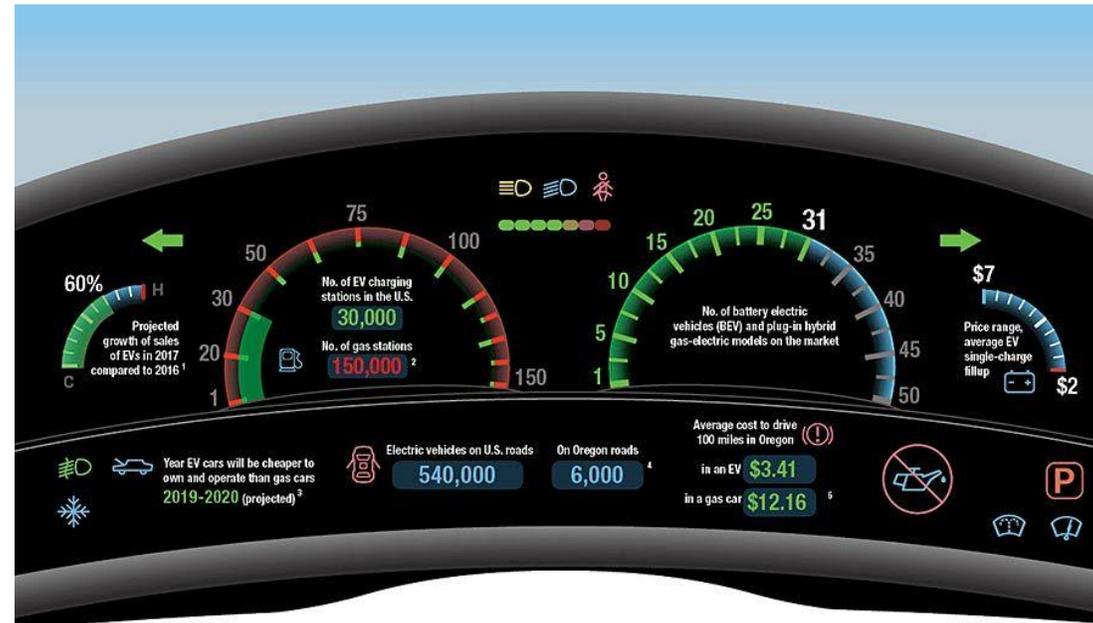
Botões seletores

Teclado para digitação



FONTE: code7700.com

- Controles manuais
- Controles multifuncionais:
- Exemplo: Sistemas integrados em carros modernos



- **Controles com os pés**
- Usados quando as mãos devem fazer outra função, ou quando necessita de força elevada para o acionamento
- Para o acionamento com os pés também vale a Lei de Fitts, mas o tipo e o tamanho do sapato deve ser levado em consideração

Índice de
dificuldade
(modificado para
uso dos pés)

$$I = \log_2 \left(\frac{D}{W + S} + 0,5 \right)$$

D – distância dos alvos
W – tamanho do alvo
S – tamanho da sola do sapato

- **Controles com os pés**
- Exemplo de caso: Pedais de acelerador e freio
- Pedais de freio mais altos que acelerador
 - Mais preciso, mas frenagem mais lenta
- Pedais de freio na mesma altura que acelerador
 - Frenagem mais rápida, mas risco de aceleração inadvertida
- Acelerador ativo: fornece feedback de força para o pé do motorista (proporcional ao deslocamento) – aumenta consideravelmente a precisão

- **Controles especializados**
- Para pessoas com mobilidade reduzida, e/ou braços/pernas ocupados

- Controle por fala:
- Alta aceitação para pessoas com mobilidade reduzida
- Tem se tornado muito comum com a computação e uso de smartphones
- Antigamente o sistema necessitava de treinamento e só aceitava a voz do dono. Hoje o sistema aprende conforme vai sendo usado, e possui banco de dados na web

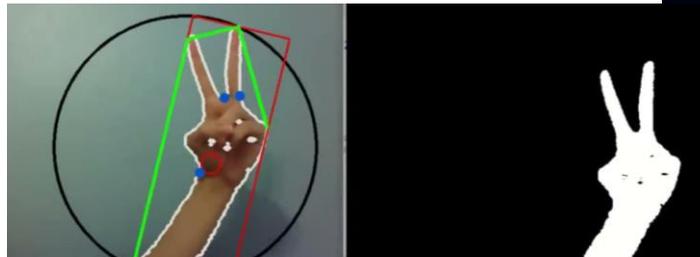
- **Controles especializados**
- Controle baseado em olhar e movimento de cabeça:
- Utilizado com pessoas com limitações em movimentos
- Controle com movimento de cabeça: bastão preso à testa para que se use um touchscreen
- Baseado em olhar: eye-tracking



- Controles especializados
- Controle baseado em gestos:
- Com contato
 - Tela touchscreen
 - Luvas para games



- Sem contato
 - Reconhecimento de face
 - Reconhecimento de gestos



- **Controles especializados**
- Teleoperação:
- Movimentos para operações remotas
- Exemplo: cirurgias a distância
- Possui atrasos
- Faz muita diferença ser de ordem 0, 1 ou 2