



# SEM5951

## Fatores Humanos em Aviação

### Fatores Ambientais parte 2

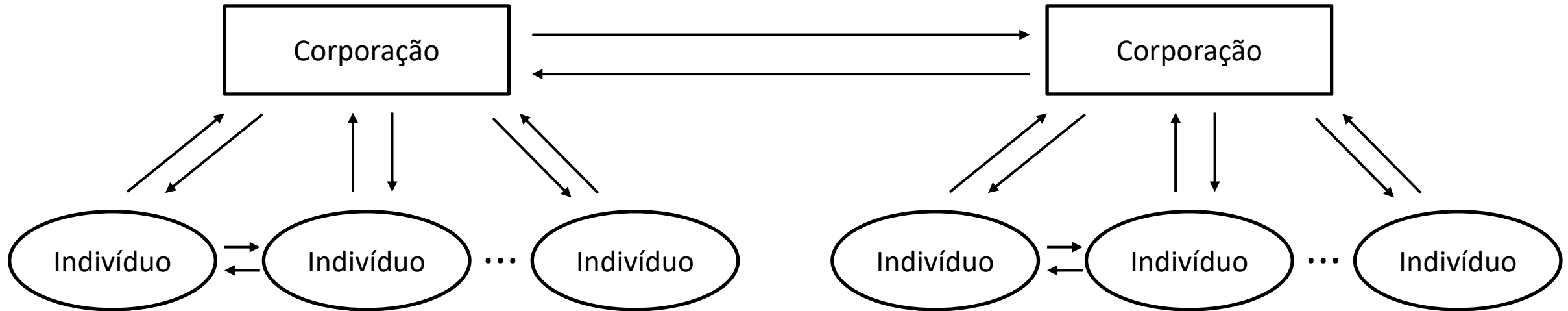
Prof. Dr. Jorge Henrique Bidinotto

[jhbidi@sc.usp.br](mailto:jhbidi@sc.usp.br)

- **Macroergonomia**
  
- **Modelos de engenharia aplicados a fatores humanos**

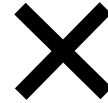
- **Macroergonomia**
- Modelos de engenharia aplicados a fatores humanos

- Estuda a interação entre indivíduos, o indivíduo e uma corporação e entre corporações



- O indivíduo
- Na escolha das tarefas atribuídas ao indivíduo, vale sempre a avaliação

Análise da tarefa de acordo com o indivíduo



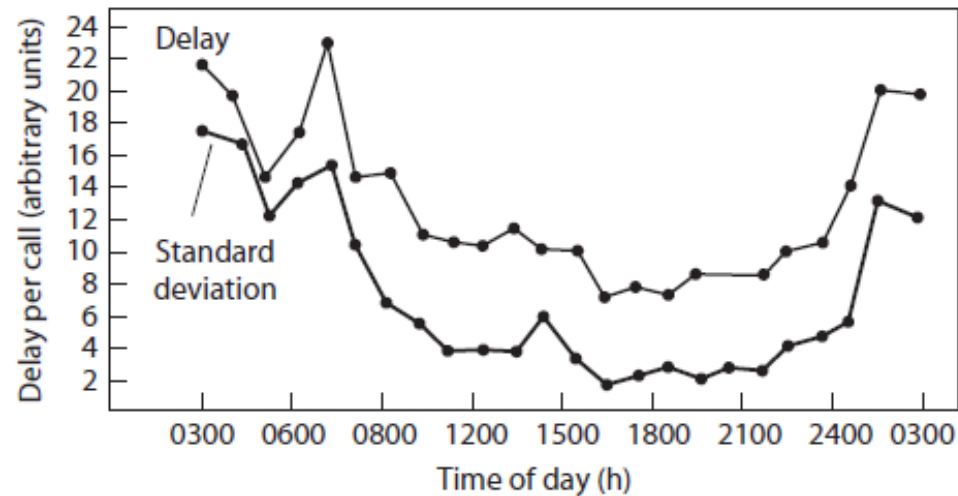
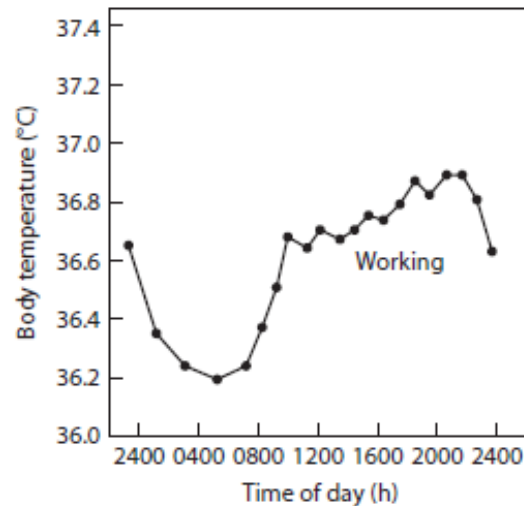
Análise da tarefa de acordo com o trabalho

- Escolher a melhor tarefa para cada indivíduo
- Aconselhado para atividades que requerem grande especialização

- Escolher o melhor indivíduo para cada tarefa
- Aconselhado para atividades que requerem grande quantidade de mão de obra

- O indivíduo
- Ritmo Cicardiano
- Oscilações do corpo humano no período de 24 horas
  
- Dependem de fatores:
  - Endógenos – fatores internos, que dependem do indivíduo  
Exemplo: temperatura corpórea ou nível de atenção, etc.
  
  - Exógenos – fatores externos, que dependem do ambiente  
Exemplo: luz solar, temperatura ambiente, etc.

- O indivíduo
- Ritmo Cicardiano
- Uma forma eficiente de medição do ciclo cicardiano é pela temperatura corpórea ao longo do dia
- Temperaturas altas significam mais sistemas “atentos” (metabolismo alto), o que implica em atividades melhor realizadas



Maior temperatura corpórea:

- Menos atraso
- Menor desvio padrão

- O indivíduo
- Ritmo Cicardiano
- Diferentes pessoas tem variações do ciclo cicardiano

Pessoas “da manhã”

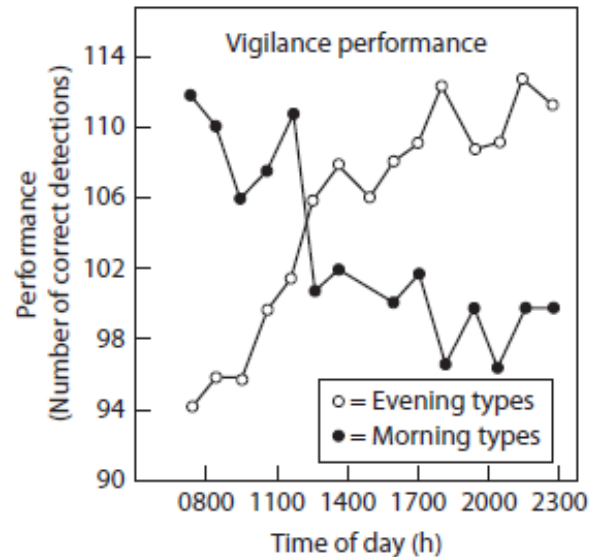
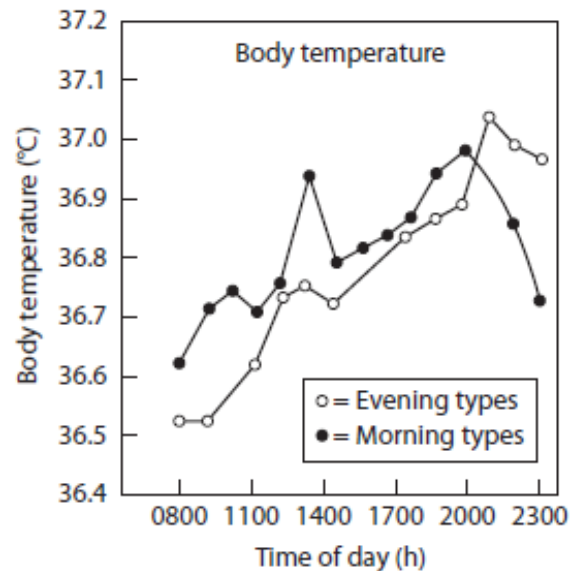


Pessoas “da noite”

- Em geral, a memória de longo prazo acompanha o ritmo cicardiano (sendo mais eficiente com ritmo mais acelerado)
- A memória de curto prazo segue o oposto (mais eficiente com ritmo mais lento)



- O indivíduo
- Ritmo Cicardiano
- Jet-lag e mudanças nos horários de trabalho atrapalham a pessoa e a tiram do ciclo cicardiano
- Ajustes no ciclo cicardiano são possíveis, mas acostumar com um novo ciclo leva em média 1 dia por diferença de hora ajustada

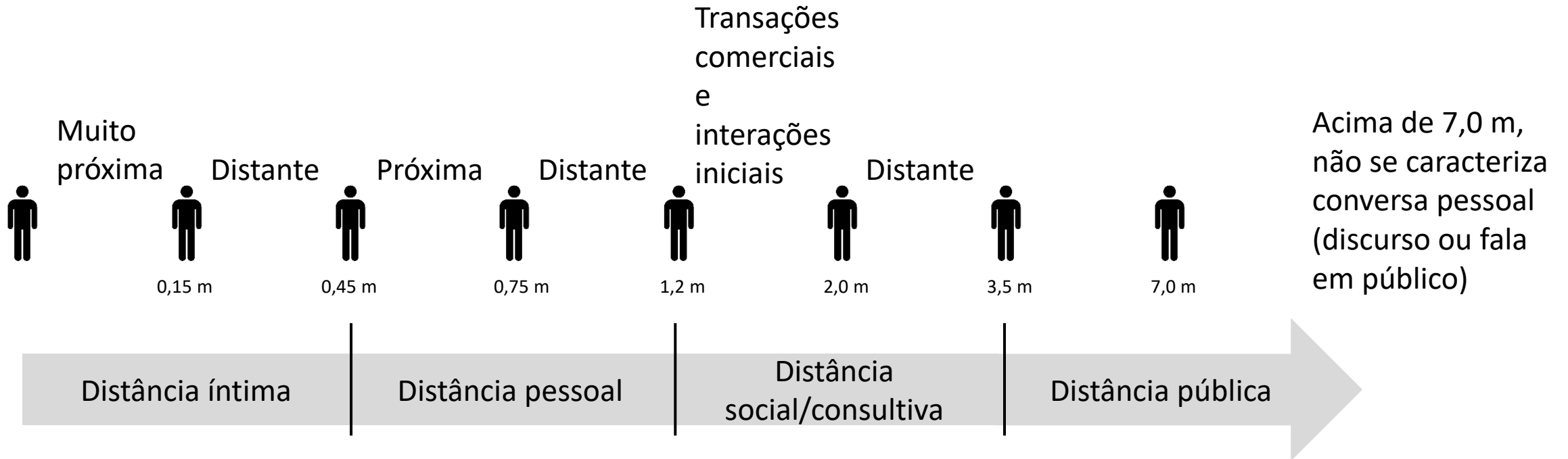


Pessoas da manhã  
X  
Pessoas da noite

- O indivíduo
- Ritmo Cicardiano
- Pessoas “da noite” se adaptam melhor a mudanças no ciclo cicardiano
- Com o tempo (envelhecimento), as pessoas passam a ter tendência a serem pessoas “da manhã”

- **Interação entre indivíduos**
- A forma de interação é dependente da proximidade e de como se gerencia o espaço ao redor
- Este tipo de gerenciamento é denominado “proxêmica”
- Hoje em dia existe estudos em:
  - Proxêmica humano-humano
  - Proxêmica humano-máquina

- Interação entre indivíduos
- Espaço pessoal
- Existem diferentes regiões de proximidade:



- **Interação entre indivíduos**
- Territorialidade
- O território é o ambiente onde um indivíduo interage com outros indivíduos ou sistemas. Existem diferentes classificações de territorialidade:
  - Territorialidade primária: área sob controle do indivíduo (lar, por exemplo)
  - Territorialidade secundária: ambiente sujeito a pequenos compartilhamentos (ambiente de trabalho, por exemplo)
  - Público: ambiente sujeito a grande compartilhamento
- O projeto de um ambiente de trabalho (cockpit, por exemplo) pode fazer o indivíduo se sentir “dono”, efetuando tarefas melhor e com mais zelo

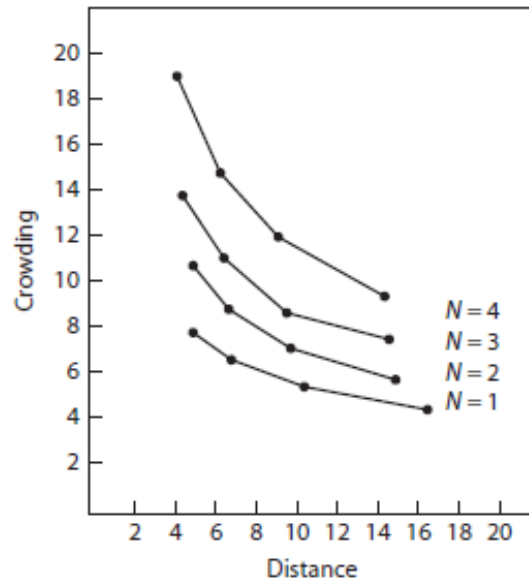
- Interação entre indivíduos
- Territorialidade
- O território pode ser infringido de diferentes formas:
  - Território invadido: o território passa a ser controlado por outra pessoa
  - Território violado: o território sofre uma invasão temporária
  - Território contaminado: o território sofre uma violação e deixa algo para trás
- O território pode ser defendido de diferentes formas:
  - Prevenção: evitar que seja infringido (exemplo: uso de placa “proibido invadir”)
  - Reação: ação contra uma infração (exemplo: expulsar o invasor)

- **Interação entre indivíduos**
- Aglomeração e privacidade
- Definições importantes:
  - Densidade: quantidade de pessoas por área do espaço
  - Aglomeração: percepção da densidade das pessoas em uma área

A percepção de aglomeração pode variar de uma pessoa a outra em diferentes culturas, idades, etc.

- A densidade pode ser variada de duas formas:
  - Densidade social: aumenta o número de pessoas em um mesmo espaço
  - Densidade espacial: diminui o espaço para um mesmo número de pessoas

- Interação entre indivíduos
- Aglomerção e privacidade
- A percepção de aglomeração não é diretamente dependente da densidade, já que essa percepção varia com o tamanho do espaço



$$E_i = k \sqrt{\frac{N}{D}}$$

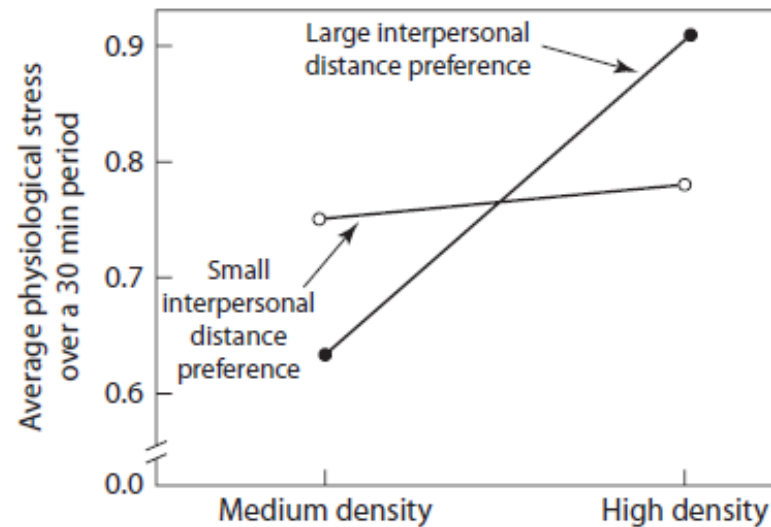
$E_i$  – energia de interação em um ponto  $i$  (ou impressão de aglomeração)

$N$  – tamanho do grupo

$D$  – distância de cada pessoa até o ponto  $i$



- Interação entre indivíduos
- Aglomeração e privacidade
- O tempo capaz de suportar diferentes aglomerações também varia entre diferentes pessoas



- **Interação entre indivíduos**
- Aglomerção e privacidade
- Ao passar do tempo em que a pessoa pode suportar a aglomeração, diferentes reações podem surgir:
  - Retraimento: a pessoa “desliga” e possui baixo nível de atitude
  - Agressão: a pessoa ataca aqueles que julga como sendo causadores de seu estresse
- Passado um tempo, o indivíduo conclui que não tem controle sobre o ambiente, e aceita passivamente. Este processo se denomina “desamparo aprendido”

- Interação entre indivíduos
- Interação entre indivíduos
- Territorialidade, aglomeração, privacidade, entre outros fatores, são conceitos que influenciam na interação entre indivíduos
- Uma forma de se modelar esse tipo de interação é pelo uso da chamada Teoria dos Jogos, utilizada em diversas áreas do conhecimento

- Interação entre indivíduos
- Interação entre indivíduos
- Exemplo de aplicação de Teoria dos Jogos: o dilema do prisioneiro

The prisoner's dilemma  
Prisoner B choices

		Remain silent	Confess
Prisoner A choices	Remain silent	Both jailed for petty theft—4 months	B goes free A gets 10 years for armed robbery
	Confess	B gets 10 years for armed robbery A goes free	Both get reduced sentences for armed robbery—6 years

Example: prisoner's dilemma game  
Player B choices

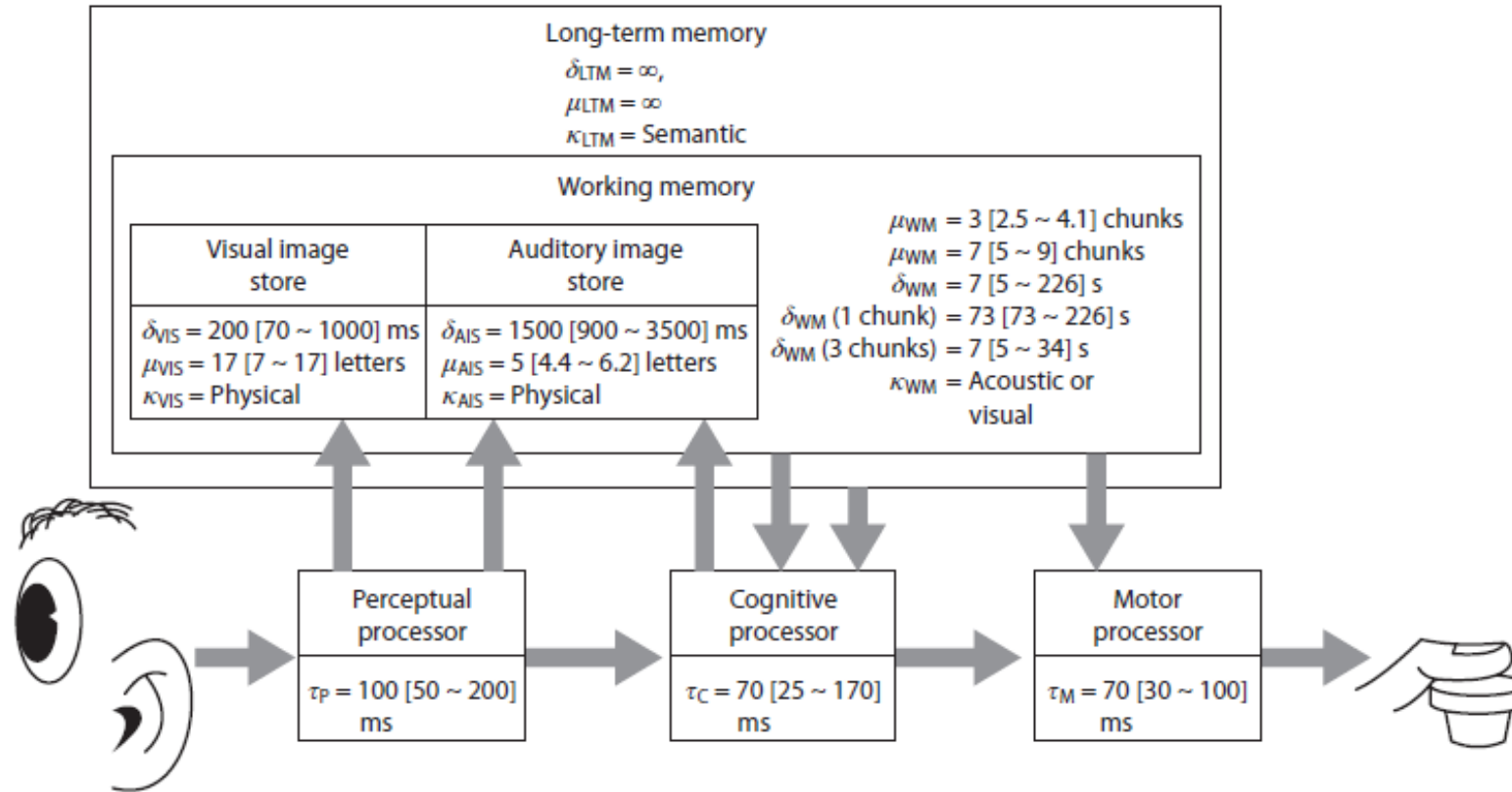
		Choice 1	Choice 2
Player A choices	Choice 1	Each wins \$1	A wins \$2 A loses \$2
	Choice 2	B loses \$2 A wins \$2	Each loses \$1

- Macroergonomia
- **Modelos de engenharia aplicados a fatores humanos**

- **Modelos de desempenho humano**
- Modelos que descrevem desempenho humano devem:
  - Ser baseados no princípio de ter o indivíduo como processador de informações
  - Enfatizar cálculos aproximados com base em uma análise da tarefa
  - Permitir previsões de desempenho para sistemas enquanto ainda estão na fase de projeto
- Se dividem em:
  - Modelos cognitivos
  - Modelos humanos digitais

- Modelos de desempenho humano
- Modelos Cognitivos
- Modelo do Processador Humano: segue o princípio GOMS para análise de tarefa
- GOMS – Goals, Operators, Methods, and Selection (Metas, Operadores, Métodos e regras de Seleção)

- Modelos de desempenho humano
- Modelos Cognitivos





- Modelos de desempenho humano
- Modelos Cognitivos
- De acordo com esse modelo, os princípios de operação seguidos são descritos na tabela

## The Model Human Processor—Principles of Operation

P0. **Recognize-Act Cycle of the Cognitive Processor.** On each side of the Cognitive Processor, the contents of Working Memory initiate actions associatively linked to them in Long-Term Memory; these actions in turn modify the contents of Working Memory.

P1. **Variable Perceptual Processor Rate Principle.** The Perceptual Processor cycle time  $\tau_p$  varies inversely with stimulus intensity.

P2. **Encoding Specificity Principle.** Specific encoding operations performed on what is perceived determine what is stored, and what is stored determines what retrieval cues are effective in providing access to what is stored.

P3. **Discrimination Principle.** The difficulty of memory retrieval is determined by the candidates that exist in the memory, relative to the retrieval cues.

P4. **Variable Cognitive Processor Rate Principle.** The Cognitive Processor cycle time  $\tau_c$  is shorter when greater effort is induced by increased task demands or information loads; it also diminishes with practice.

P5. **Fitts's Law.** The time  $T_{pos}$  to move the hand to a target of size  $S$  which lies a distance  $D$  away is given by:

$$T_{pos} = I_M \log_2 \left( \frac{2D}{S+0.5} \right),$$

where  $70 < I_M < 120$  (approximately), and we may fix  $I_M = 100$  in most circumstances.

P6. **Power Law of Practice.** The time  $T_n$  to perform a task on the  $n$ th trial follows a power law:

$$T_n = T_1 n^{-\alpha},$$

where  $0.2 < -\alpha < 0.6$  (approximately), and we may fix  $-\alpha = 0.4$  in most circumstances.

P7. **Uncertainty Principle.** Decision time  $T$  increases with uncertainty about the judgment or decision to be made:

$$T = I_C H,$$

where  $H$  is decision uncertainty (in bits), and  $0 < I_C < 157$  (approximately), and we may fix  $I_C = 150$  in most circumstances.

For  $n$  alternatives with different probabilities,  $p_i$ , of occurrence,

$$H = \sum_{i=1}^n p_i \log_2 \left( \frac{1}{p_i + 1} \right).$$

P8. **Rationality Principle.** A person acts so as to attain his goals through rational action, given the structure of the task and his inputs of information and bounded by limitations on his knowledge and processing ability:

$$\text{Goals} + \text{Task} + \text{Operators} + \text{Inputs} + \text{Knowledge} + \text{Process} - \text{limits} \rightarrow \text{Behavior}.$$

P9. **Problem Space Principle.** The rational activity in which people engage to solve a problem can be described in terms of (1) a set of states of knowledge, (2) operators for changing one state into another, (3) constraints on applying operators, and (4) control knowledge for deciding which operator to apply next.

- Modelos de desempenho humano
- Modelos Cognitivos
- **P0. Ciclo Reconhecer-Agir do Processador Cognitivo:** Em cada lado do Processador Cognitivo, o conteúdo da Memória de Trabalho inicia ações associadas a eles na Memória de Longo Prazo; essas ações, por sua vez, modificam o conteúdo de Memória de Trabalho.
- **P1. Princípio da Taxa de Processador de Percepção Variável:** . O tempo de ciclo do processador de percepção  $\tau_p$  varia inversamente com a intensidade do estímulo
- **P2. Princípio da especificidade da codificação:** Operações de codificação específicas realizadas sobre o que é percebido determinam o que é armazenado, e o que é armazenado determina quais sinais recuperados serão eficazes para fornecer acesso ao que está armazenado

- Modelos de desempenho humano
- Modelos Cognitivos
- P3. **Princípio da discriminação:** A dificuldade de recuperação da memória é determinada pelos candidatos que existem na memória, em relação aos sinais de recuperação
- P4. **Princípio da taxa do processador cognitivo variável:** O tempo de ciclo do processador cognitivo  $\tau_c$  é menor quando maior o esforço induzido pelo aumento da demanda de tarefas ou cargas de informações; também diminui com a prática

- Modelos de desempenho humano
- Modelos Cognitivos
- P5. **Lei de Fitts:** O tempo  $T_{pos}$  para mover a mão para um alvo de tamanho  $S$  que está a uma distância  $D$  é dado por:

$$T_{pos} = I_M \log_2 \left( \frac{2D}{S + 0,5} \right)$$

onde  $70 < I_M < 120$  (aproximadamente), e em boa parte das vezes pode-se fixar  $I_M = 100$

- P6. **Lei do Poder da Prática:** O tempo  $T_n$  para executar uma tarefa na  $n$ -ésima tentativa segue uma lei:

$$T_n = T_1 n^{-\alpha}$$

onde  $0,2 < -\alpha < 0,6$  (aproximadamente), e em boa parte das vezes pode-se fixar  $-\alpha = 0,4$

- Modelos de desempenho humano
- Modelos Cognitivos
- P7. **Princípio da incerteza:** O tempo de decisão  $T$  aumenta com a incerteza sobre o julgamento ou decisão a ser feita

$$T = I_c H$$

Onde  $H$  é o fator de incerteza (abaixo), e  $0 < I_c < 157$  (aproximadamente), e em boa parte das vezes pode-se fixar  $I_c = 150$

- Para  $n$  alternativas com diferentes probabilidades  $p_i$  de ocorrência:

$$H = \sum_{i=1}^n p_i \log_2 \left( \frac{1}{p_i + 1} \right)$$

- Modelos de desempenho humano
- Modelos Cognitivos
- **P8. Princípio da Racionalidade:** Um agente atua de forma a atingir seus objetivos por meio de uma ação racional, dada a estrutura da tarefa e suas entradas de informações, delimitado por limitações em seu conhecimento e capacidade de processamento:

*Metas + Tarefas + Operadores + Entradas + Conhecimento + Processo – Limites → Comportamento*

- **P9. Princípio do Espaço do Problema:** A atividade racional em que agentes se envolvem para resolver um problema pode ser descrita em termos de (1) um conjunto de estados de conhecimento, (2) operadores para mudar um estado para outro, (3) restrições na aplicação das operações, e (4) conhecimento de controle para decidir qual operador aplicar a seguir

- Modelos de desempenho humano
- Modelos Cognitivos
- Exemplo de algoritmo mental para aplicação dos princípios GOMS em uma tarefa simples (excluir vogais de abreviações)

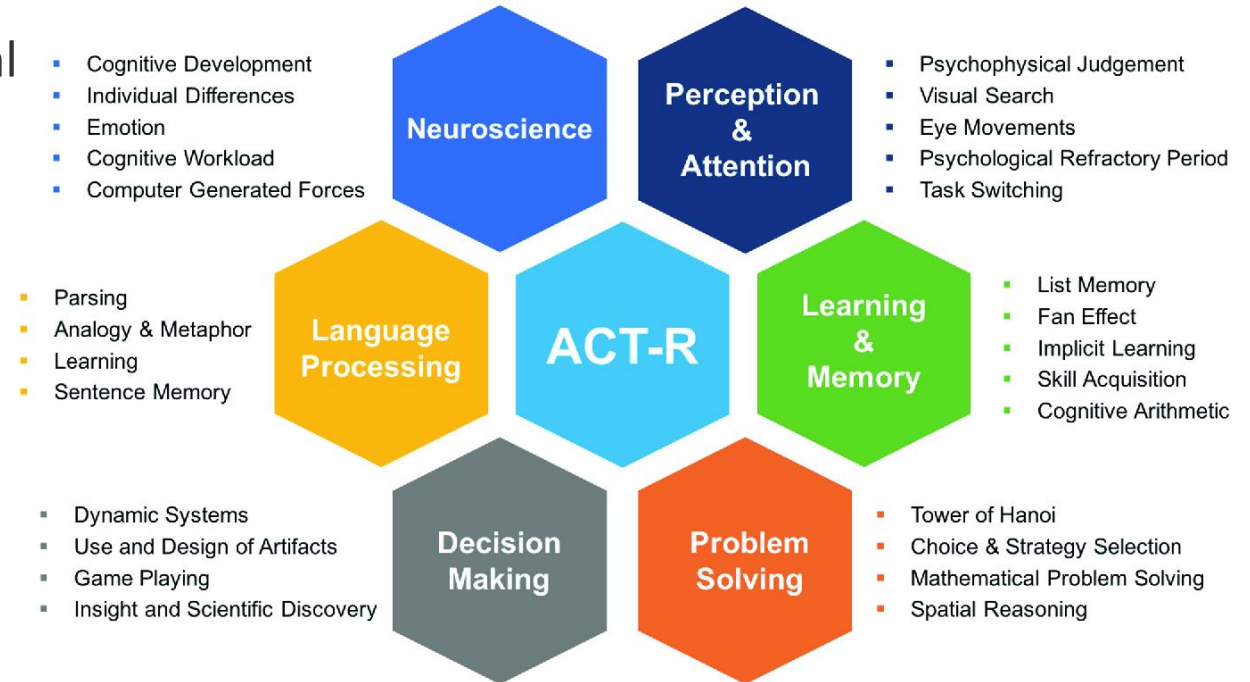
## GOMS Algorithm for Figuring out Vowel-Deletion Abbreviations

Algorithm	Operator Type
BEGIN	
Stimulus ← Get-Stimulus(“Command”)	Perceptual
Spelling ← Get-Spelling(Stimulus)	Cognitive
Initiate-Response(Spelling[First-Letter])	Cognitive
Execute-Response(Spelling[First-Letter])	Motor
Next-Letter ← Get-Next-Letter(Spelling)	Cognitive
REPEAT BEGIN	
IF-SUCCEEDED Is-Consonant?(Next-Letter)	Cognitive
THEN BEGIN	
Initiate-Response(Next-Letter)	Cognitive
Execute-Response(Next-Letter)	Motor
Next-Letter ← Get-Next-Letter(Spelling)	Cognitive
END	
ELSE IF-SUCCEEDED Is-Vowel?(Next-Letter)	Cognitive
THEN Next-Letter ← Get-Next-Letter(Spelling)	Cognitive
END	
UNTIL Null?(Next-Letter)	
IF-SUCCEEDED Null?(Next-Letter)	Cognitive
THEN BEGIN	
Initiate-Response(“Return”)	Cognitive
Execute-Response(“Return”)	Motor
END	
END	

- Modelos de desempenho humano
- Modelos Digitais
- Serve para que o designer crie um “ser humano virtual” com atribuições físicas específicas. Deve seguir cinco princípios importantes:
  - O design do ser humano digital deve levar em consideração o número e a mobilidade das articulações e representar roupas com precisão
  - O software deve integrar bancos de dados antropométricos para auxiliar na geração de humanos digitais com características antropométricas específicas
  - O software deve simular postura e movimento
  - O software deve incluir uma forma de analisar atributos relevantes para o produto ou sistema que está sendo desenvolvido
  - Deve ser possível integrar o modelo digital humano em um mundo virtual que representa o ambiente de design



- **Arquiteturas Cognitivas Integrativas**
- Modelos mais completos e abrangentes de comportamento. Em aviação, são chamados de Modelos Estruturais (serão tratados em aula dedicada)
- Exemplos (não-aeronáuticos) já citados em aulas anteriores:
  - ACT-R (Adaptive Control of Thought–Rational

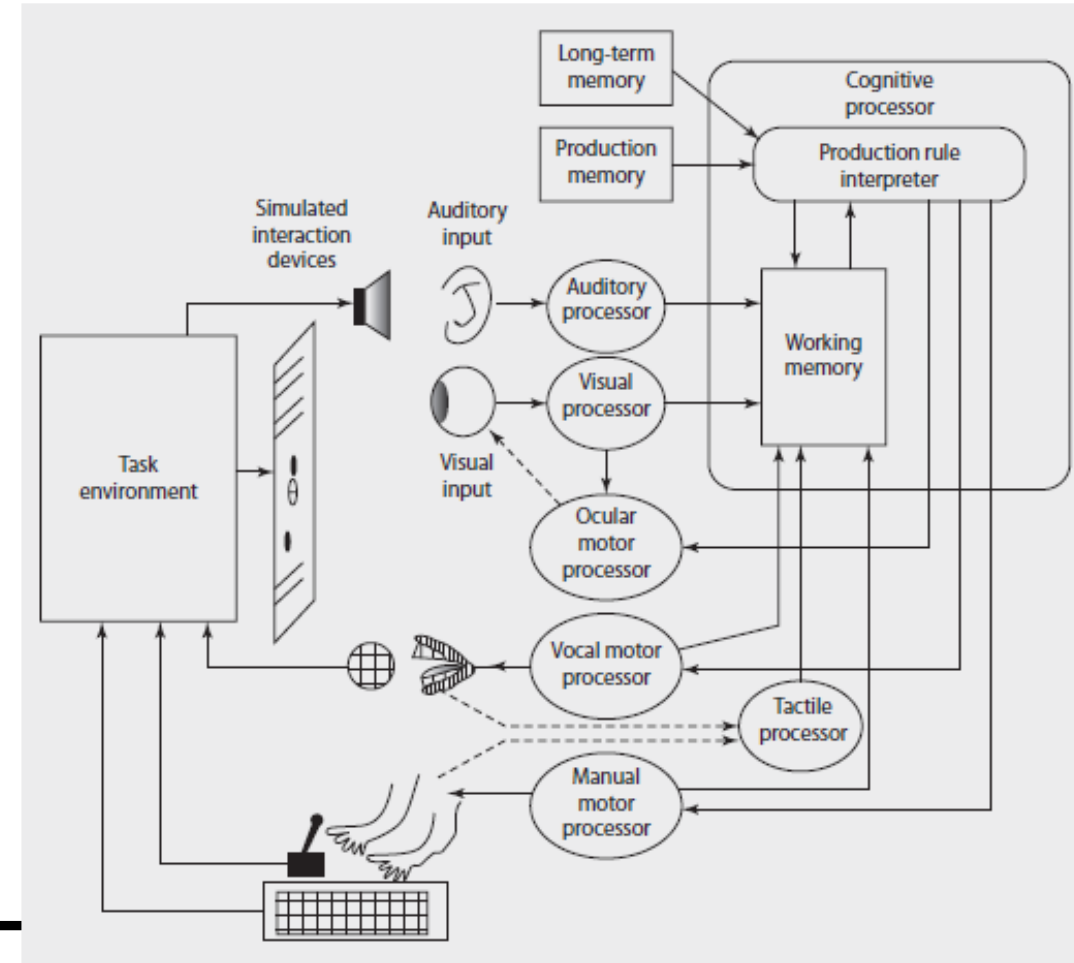


- Arquiteturas Cognitivas Integrativas
- Modelos mais completos e abrangentes de comportamento
- Exemplos já citados em aulas anteriores:
  - Soar (States, Operators, and Results)

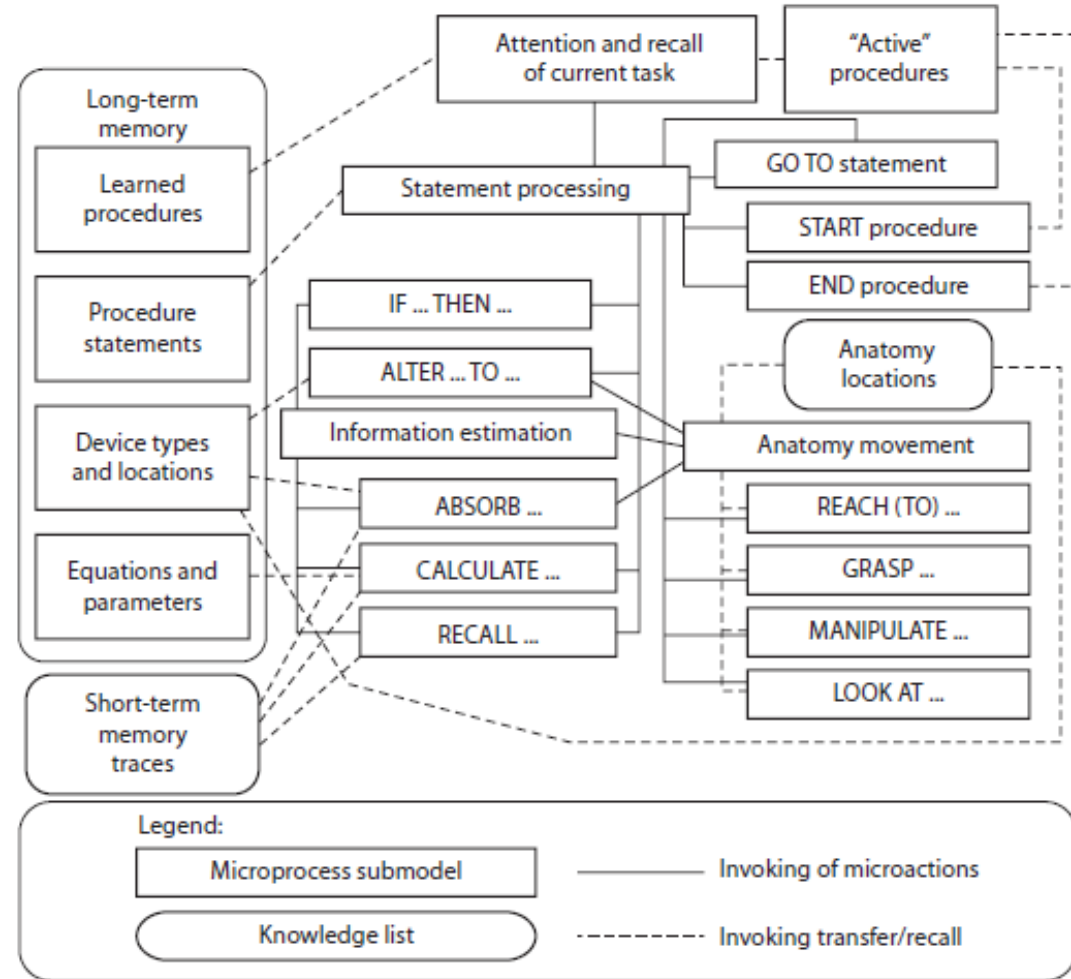
Já abordado anteriormente em aula sobre cognição

- EPIC (Executive Process Interactive Control)

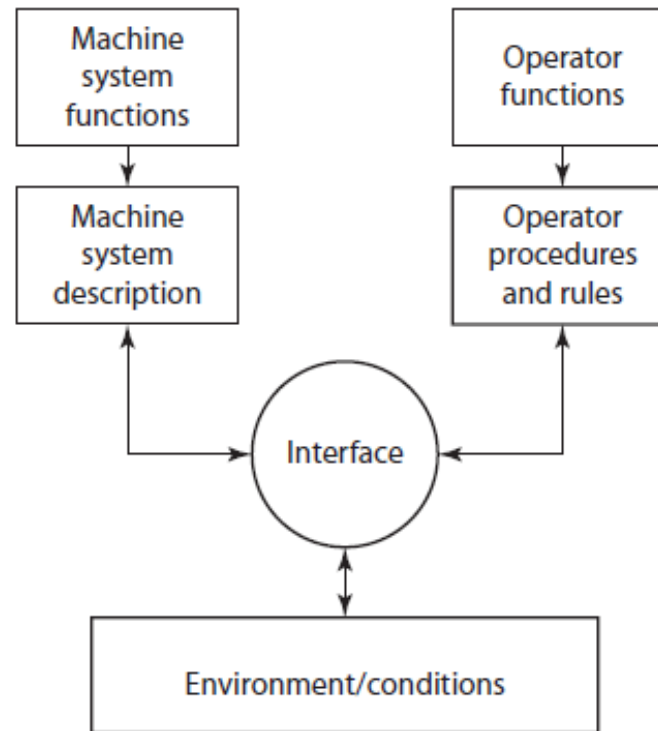
Esquema ao lado



- **Arquiteturas Cognitivas Integrativas**
- Existem ainda outros modelos de escala maior, para comportamento humano relacionado a interação com estímulos ambientais



- **Arquiteturas Cognitivas Integrativas**
- Existem modelos mais simples, ilustrando a interação entre humano e máquina de forma sucinta



- Modelos de Teoria de Controle
- Tem por objetivo modelar o agente como um sistema de controle sobre um equipamento ou ambiente
- Exemplo: Modelo PROCRU – Procedure-Oriented Crew Model (Modelo de Tripulação Orientado a Procedimento)
- Modela a interação entre tripulação de uma aeronave e o controle de tráfego

