



# ANÁLISE DE FATORES HUMANOS NO TRABALHO E DE NEUROERGONOMIA COGNITIVA NOS OPERADORES DOS CENTROS DE OPERAÇÃO DE TRÁFEGO AÉREO:

## Estudos de Multicaso Brasil-Portugal-Espanha

Adriana S Nascimento (Dra.)

Ana L Almeida (Dra.)

Miguel O B C de Melo (Dr.)



(CIMCYC) CENTRO DE INVESTIGACIÓN MENTE, CEREBRO Y COMPORTAMIENTO - UGR

## INTRODUÇÃO

- ✓ As atividades dos operadores dos Centros de Operação e Controle de Tráfego Aéreo são executadas através de tarefas cognitivas que são altamente complexas e especializadas;
- ✓ O objetivo permanente é a prevenção de incidentes que perturbam o sistema de controle de espaço aéreo, ou quando já não é possível, o processo de tentar voltar à normalidade;
- ✓ Fadiga ou falta de concentração devido ao tipo de atividade  
Operador x Computador



## INTRODUÇÃO

- ✓ Aumento significativo de carga neurocognitiva
- ✓ Ambiente mais propício ao erro
- ✓ Perdas econômicas significativas



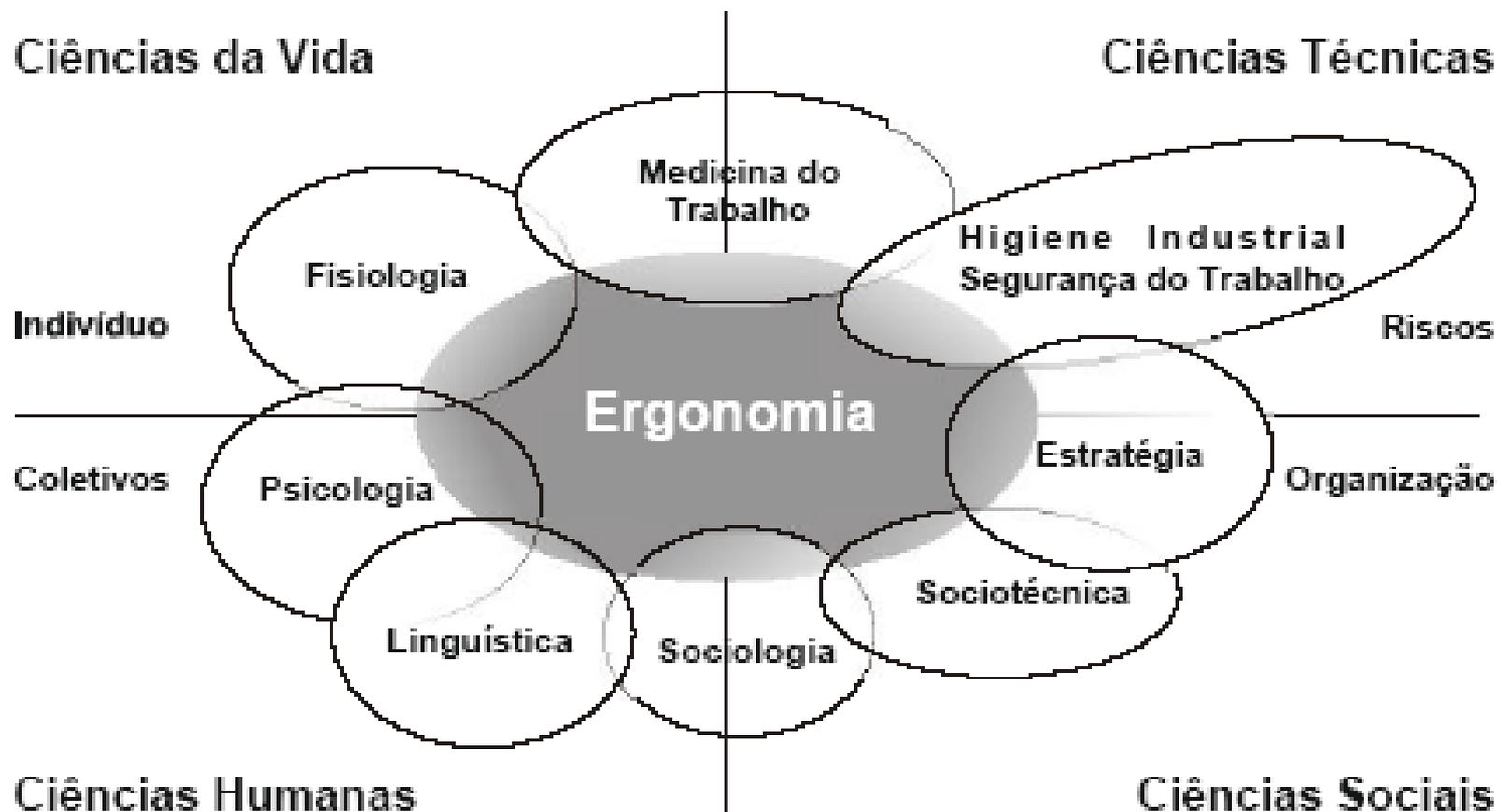
# INTRODUÇÃO

- ✓ **Saúde e bem estar dos trabalhadores nos Centros de Operação e Controle**



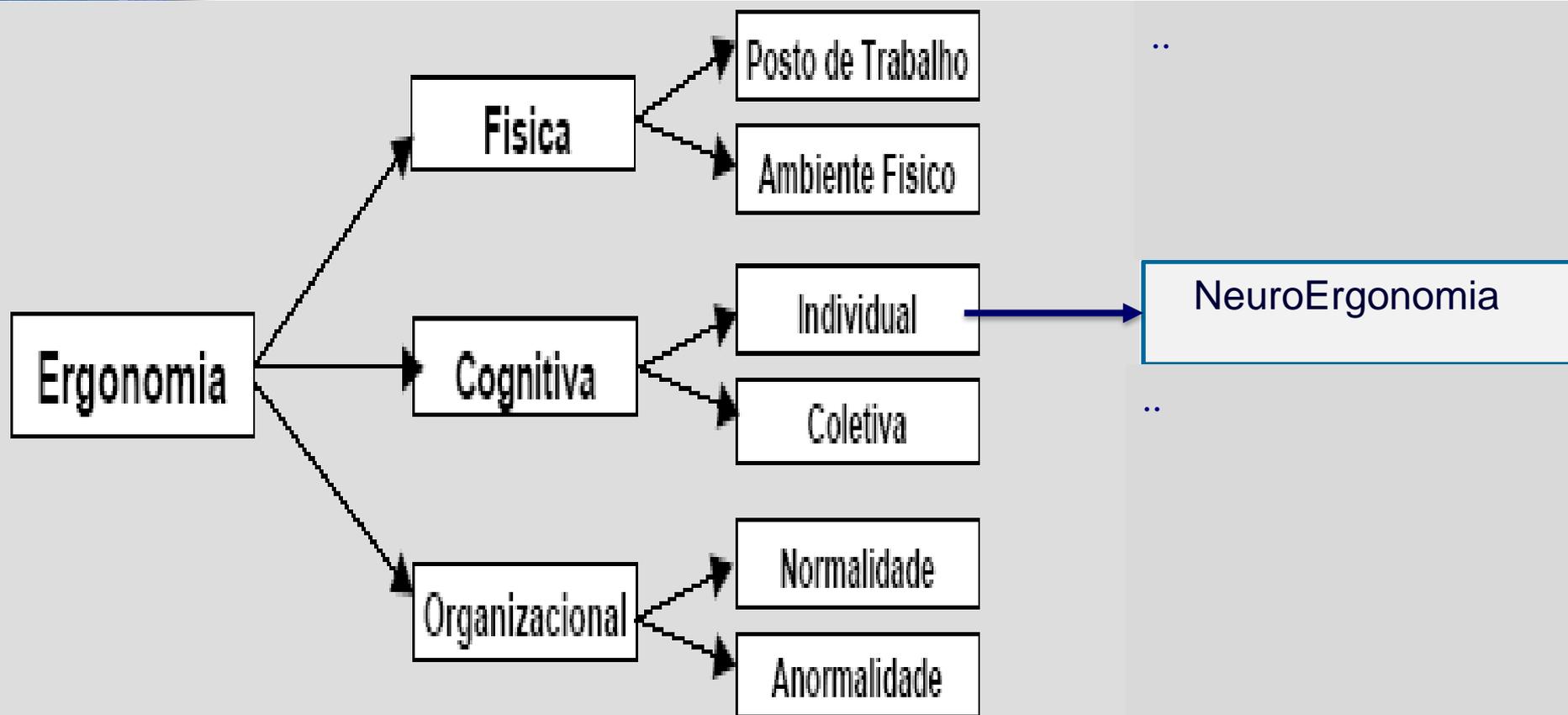
- ✓ Muita atenção, memória e raciocínio
- ✓ A dificuldade na interpretação dos dados Interação Homem Máquina (IHM)
- ✓ Estresse no Trabalho
- ✓ Neuroergonomia Cognitiva

# Interdisciplinaridade da Ergonomia

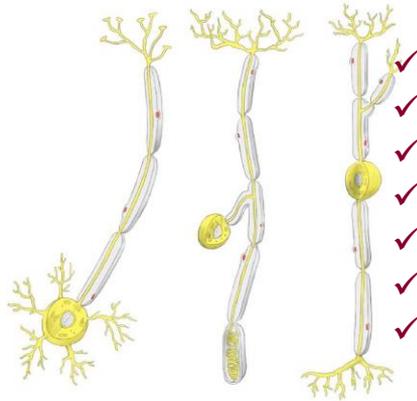


(VIDAL, M.)

# Áreas da Ergonomia Contemporânea

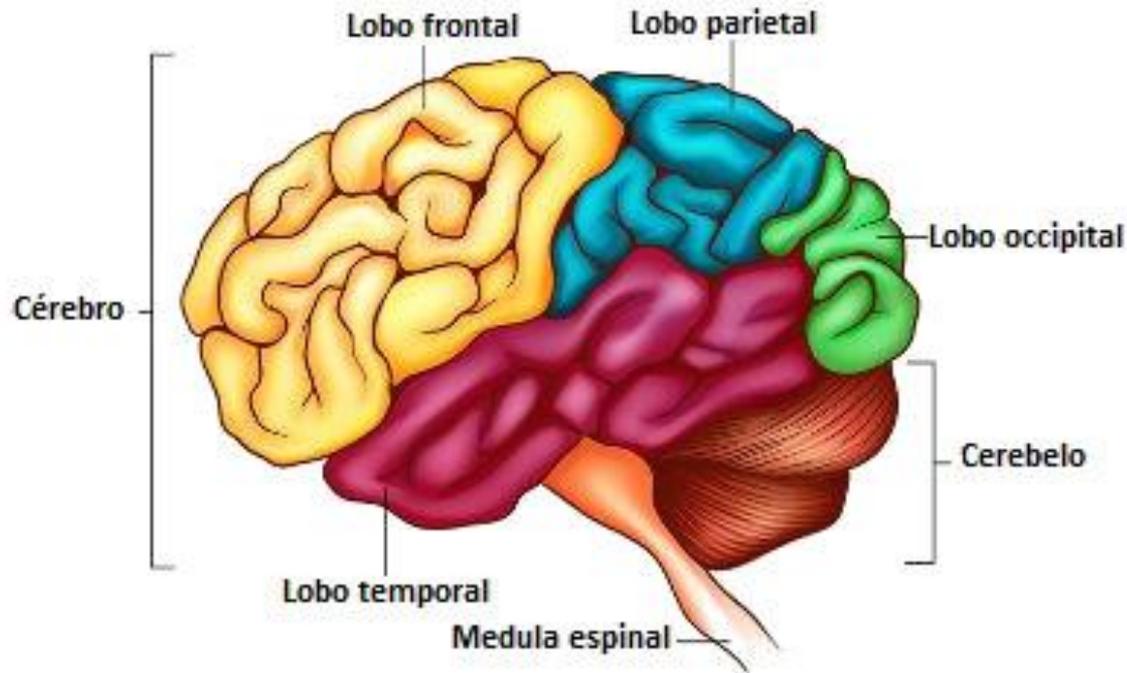
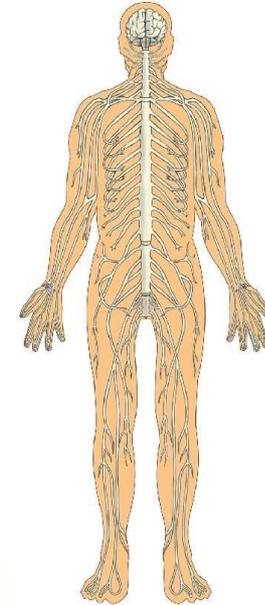


# SISTEMA NERVOSO CENTRAL



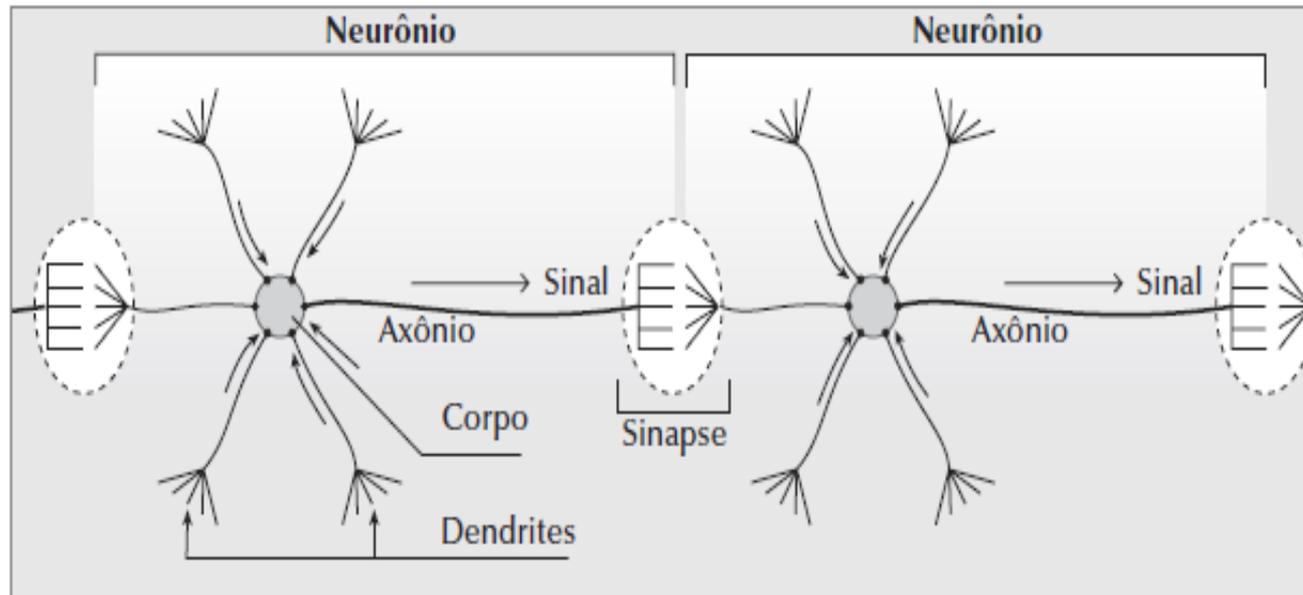
- ✓ Neurônios
- ✓ Não se dividem
- ✓ Raramente morrem
- ✓ 85 bilhões
- ✓ 99 % cérebro
- ✓ 0,5 % segundo cérebro
- ✓ 0,5% resto do corpo

## Sistema nervoso periférico

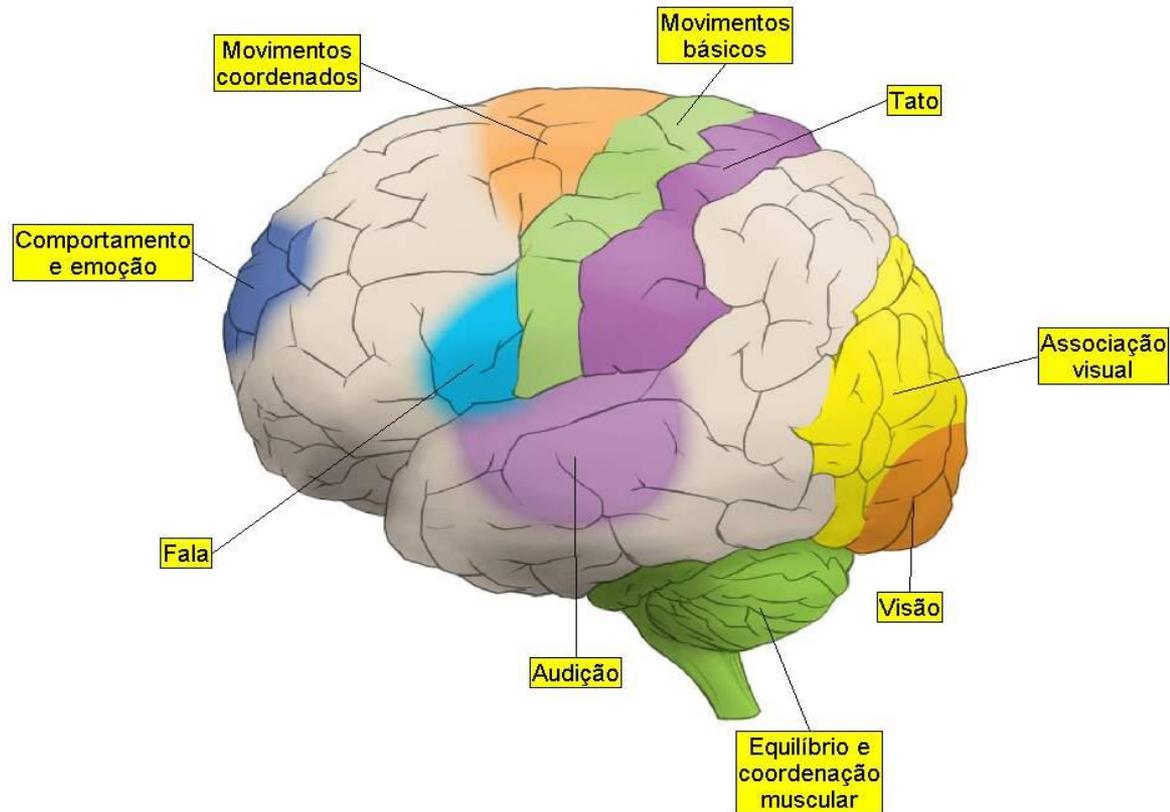


**Córtex cerebral**  
**Massa cinzenta**  
**Massa branca**

# NEURÔNIOS SINAPSES

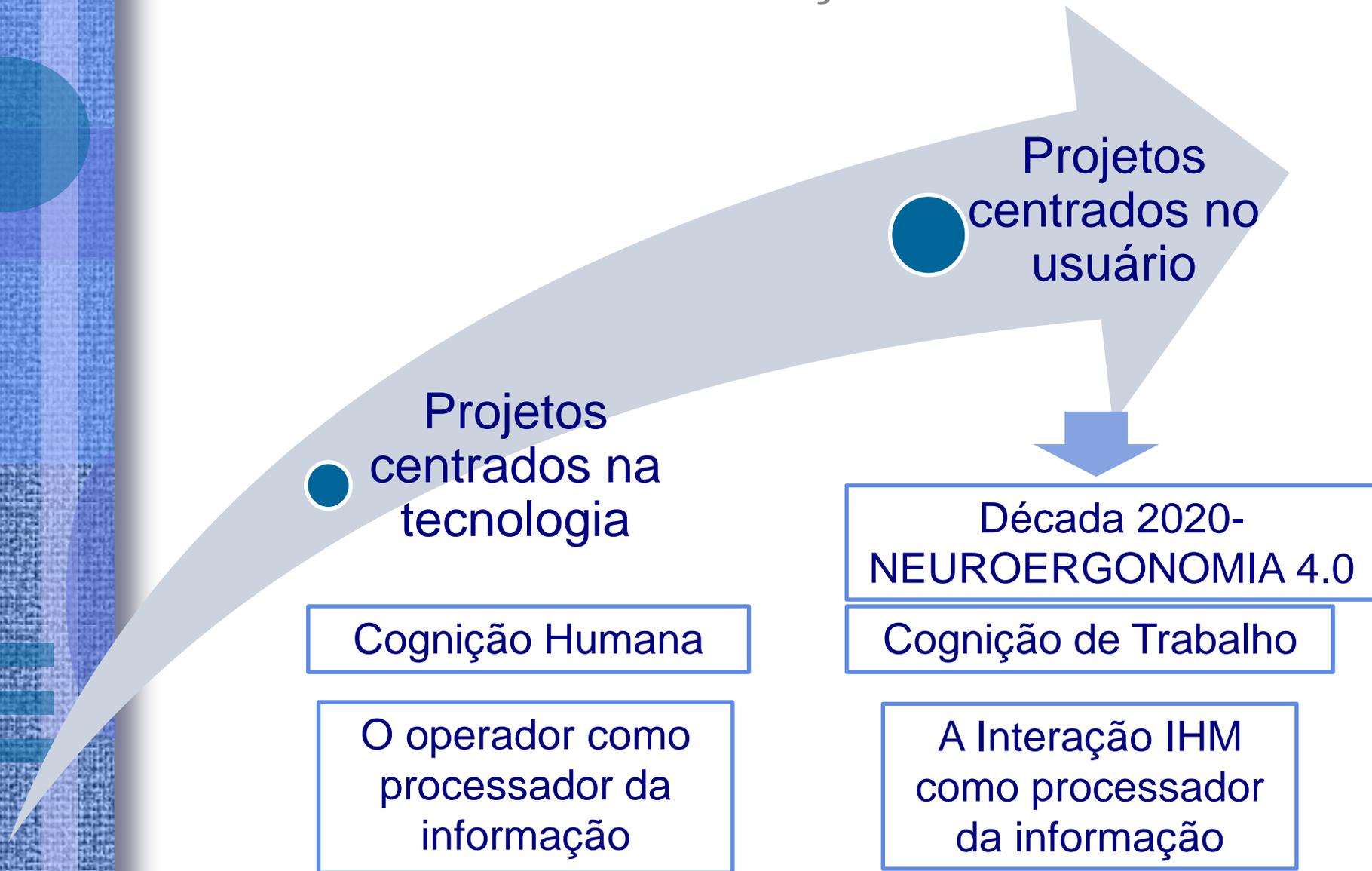


# ÁREAS DO CÉREBRO



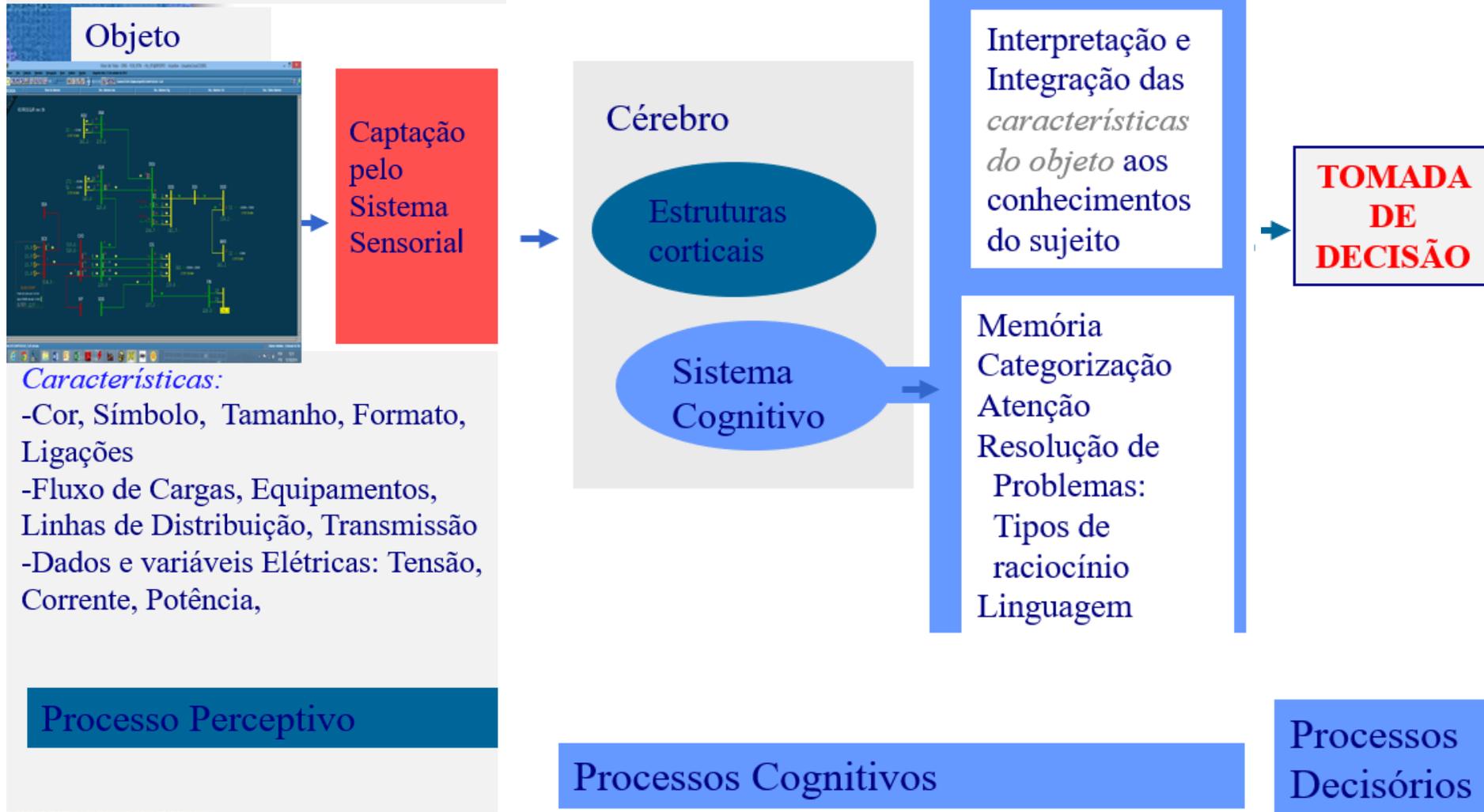
- ✓ **Neurônios: Homem tem 20% mais neurônios que a Mulher**
- ✓ **Hipocampo (Memória e Aprendizado): Mulher tem mais neurônios**
- ✓ **Fluxo de Atividade Cerebral: Mulher é maior que o Homem**
- ✓ **Tamanho: Homem 10% maior**

# SISTEMAS DE APOIO – EVOLUÇÃO TEMPORAL



# CONSCIÊNCIA SITUACIONAL

## Sensação-Percepção-Cognição-Tomada de Decisão





**“Deixa que a vida faça contigo o que  
a primavera faz com as flores!”  
(Pablo Neruda).**

# Ferramentas de Avaliação Neuroergonômica Cognitiva

- ✓ Testes de Percepção (Modelo NASA-TLX)
- ✓ Software **OCRA**, **OWAS** e **NIOSH**
- ✓ Questionários e Entrevistas
- ✓ Testes Psicométricos

## ✓ **NEUROERGONOMIA 4.0**

- ✓ Modelo 4.0 (Realidade Virtual, Internet das Coisas)
- ✓ Medições de Dados Fisiológicos
  - Aparelhos de (EEG) Eletroencefalograma Modelo 4.0
  - Medições Complementares

# APARELHOS DE ELETROENCEFALOGRAMA 4.0

- Eletroencefalograma (**EEG**) móvel compacto de 14 canais modelo EMOTIV PRO e o de Emotiv Insigh 5 Canais
- O único dispositivo EEG do consumidor que *mede a atividade de todos os lobos corticais do cérebro*, fornecendo informações detalhadas que geralmente são encontradas apenas nos dispositivos complexos e sofisticado de pesquisa.
- Transforma as ondas cerebrais dos canais analisados através de **Inteligência Artificial e Algoritmos em 7 variáveis de cognição:**



- ✓ Excitação
- ✓ Interesse
- ✓ Estresse
- ✓ Concentração
- ✓ Atenção
- ✓ Relaxamento
- ✓ Foco

# SETE VARIÁVEIS DE COGNIÇÃO

A definição das sete métricas cognitivas são:

- **Interesse:** Mede o quanto você gosta ou não de algo;
- **Concentração (Engajamento):** Mede o quanto você está imerso no que está fazendo ou experimentando;
- **Estimulo:** Medida da sua estimulação mental;
- **Estresse:** quão confortável você está com o desafio atual que está enfrentando;
- **Relaxamento:** É a sua capacidade de desligar e alcançar um estado mental calmo;
- **Atenção:** É a sua capacidade de se concentrar em uma tarefa e ignorar distrações.
- **Foco:** É a sua capacidade de focar em uma tarefa

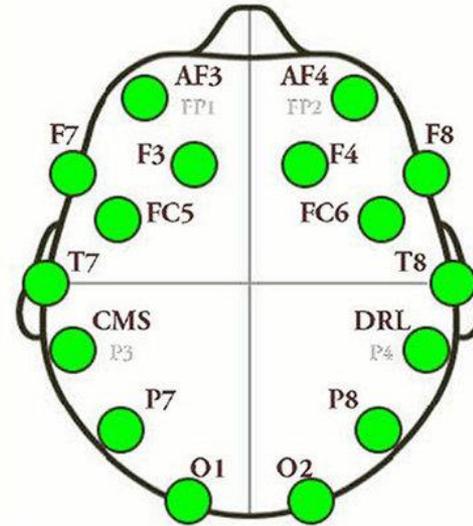
# APARELHO EEG EMOTIV INSIGHT 5 CANAIS



# APARELHO EEG EMOTIV PRO 14 CANAIS



(a)



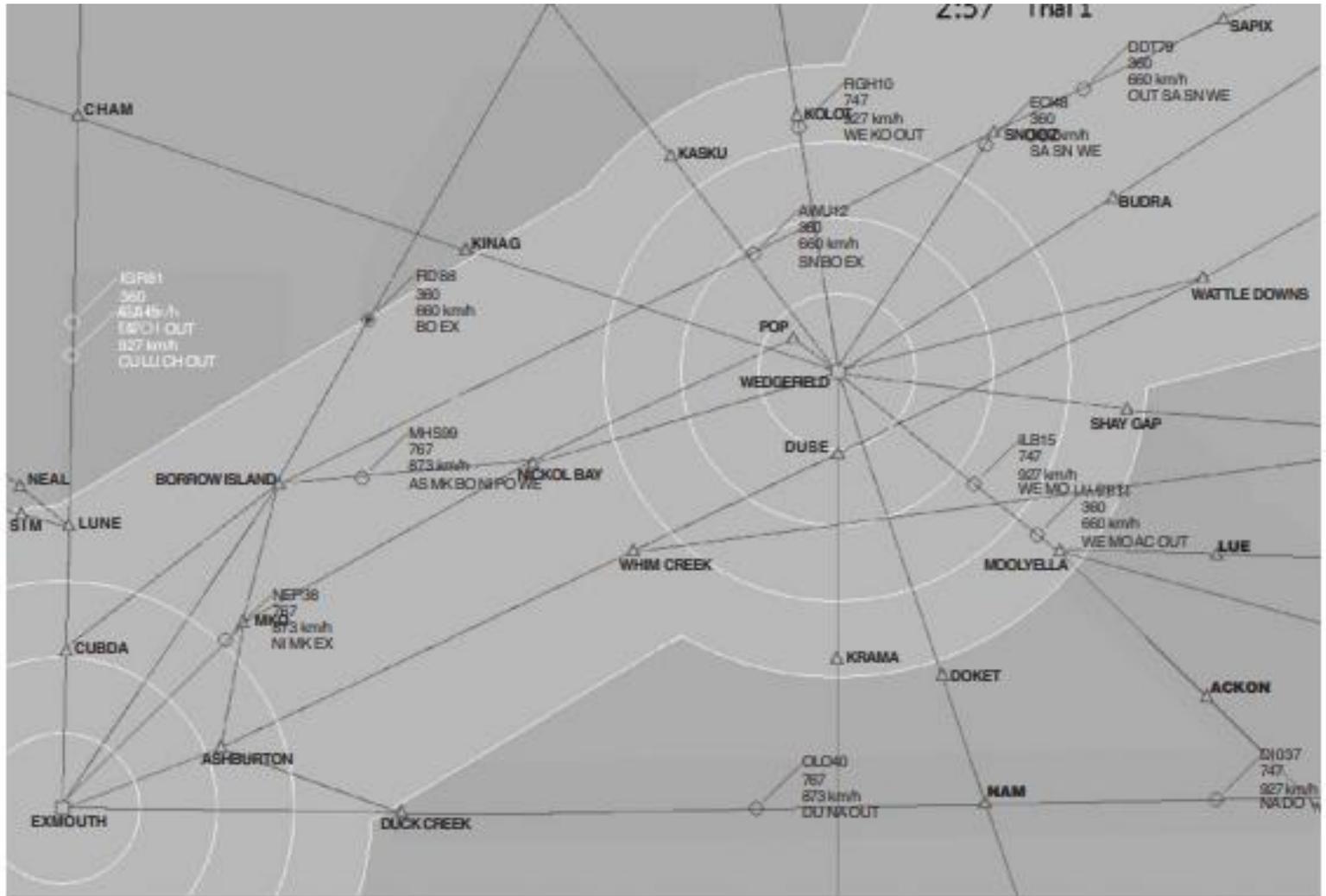
(b)

Canal Localizador	Função
AF3	Atenção
F7	Expressão verbal
F3	Planejamento motor
FC5	Controlador de corpo direito
FC6	Controlador de corpo esquerdo
T7	Memória verbal
P7	Compreensão verbal
O1	Processamento visual
O2	Processamento visual
AF4	Julgamento
T8	Memória emocional
F4	Planejamento motor para parte superior esquerda
P8	Emocional: compreensão, motivação
F8	Expressão emocional: raiva, felicidade

# **ANÁLISE DE FATORES HUMANOS NO TRABALHO E DE NEUROERGONOMIA COGNITIVA NOS OPERADORES DOS CENTROS DE OPERAÇÃO DE TRÁFEGO AÉREO:**

Estudos de Multicaso Brasil-Portugal-Espanha

# SIMULADORES PARA CONTROLADORES DE APROXIMAÇÃO E PARTIDA DE UM AEROPORTO



# TIPOS DE CONTROLADORES DE TRÁFEGO AÉREO

- **Controladores de Torre do Aeroporto:**

1. Trabalham nas torres de controle dos aeroportos.
2. Gerenciam decolagens e pousos, além do tráfego de solo no aeroporto.

- ***Controladores de Aproximação e Partida de um Aeroporto:***

1. *Coordenam o tráfego de aeronaves que entram e saem do espaço aéreo de um aeroporto.*
2. *Garantem que as aeronaves mantenham uma trajetória segura durante as fases de aproximação e partida.*

- **Controladores de Áreas fora do espaço aéreo do Aeroporto:**

1. Supervisionam o tráfego aéreo em altitudes de cruzeiro e em rotas aéreas de longa distância.
2. Gerenciam o tráfego em áreas amplas, normalmente fora do espaço aéreo terminal dos aeroportos.

# ATIVIDADES

## •Monitoramento de Aeronaves:

1. Utilizam radares e outros sistemas de vigilância para rastrear a posição, velocidade e altitude das aeronaves.
2. Garantem que as aeronaves mantenham uma separação segura para evitar colisões.

## •Comunicação com Pilotos:

1. Transmitem instruções de decolagem, pouso e navegação.
2. Fornecem informações sobre condições meteorológicas, altitudes, mudanças de rota e outras instruções de voo.
3. Respondem a emergências e situações imprevistas, orientando os pilotos sobre como proceder.

## •Gestão do Tráfego no Solo:

1. Controlam o movimento das aeronaves no solo, incluindo taxiamento, decolagens e pousos.
2. Coordenam o tráfego de veículos e aeronaves nos pátios e pistas dos aeroportos.

## ATIVIDADES

- **Coordenação de Rotas de Voo:**

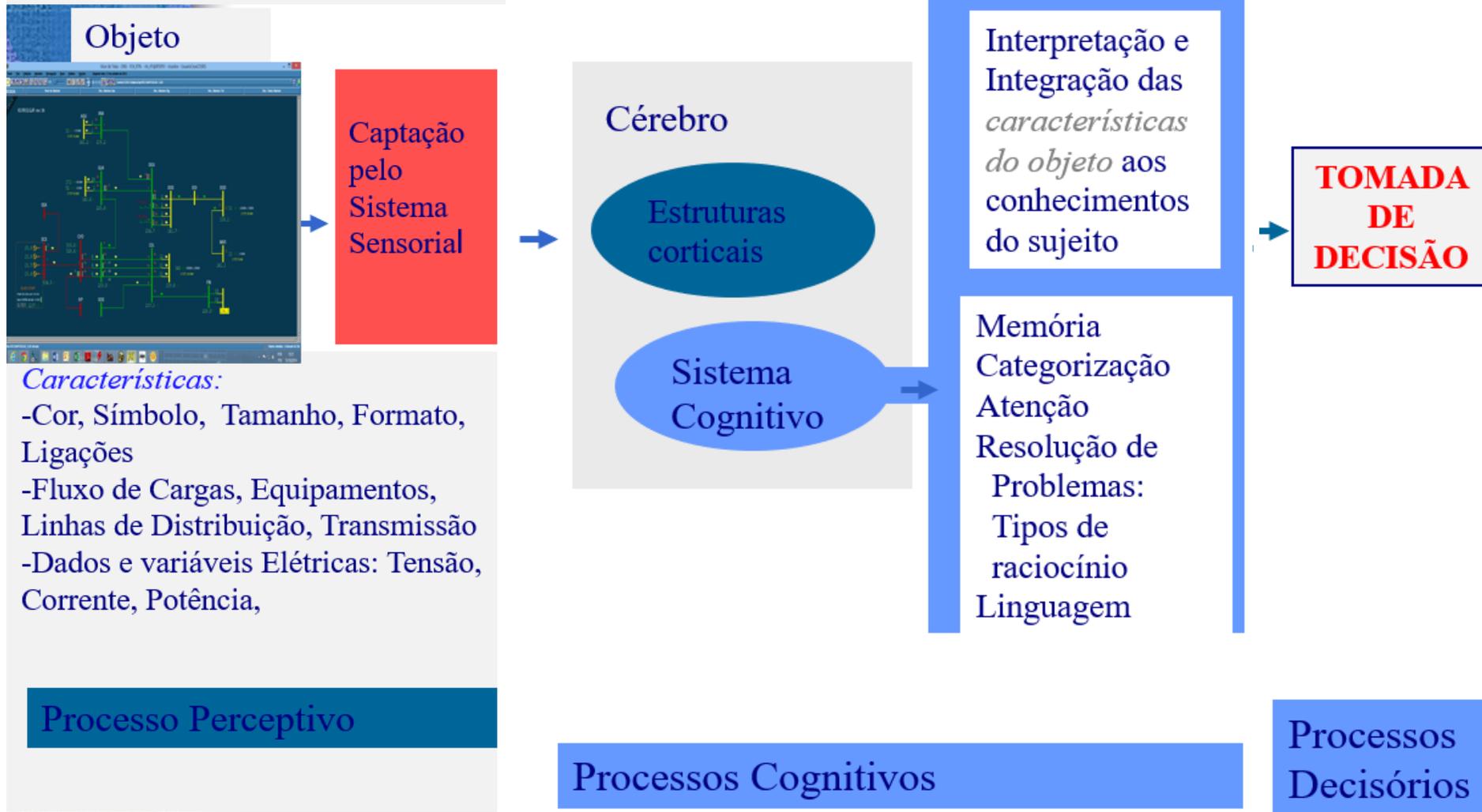
1. Planejam e gerenciam as rotas de voo para garantir a eficiência e evitar congestionamentos no espaço aéreo.
2. Ajustam rotas e altitudes conforme necessário para otimizar o fluxo do tráfego.

- **Prevenção de Conflitos:**

1. Identificam e resolvem possíveis conflitos entre aeronaves.
2. Emitem instruções para ajustar altitude, velocidade ou rota das aeronaves para evitar proximidades perigosas.

# CONSCIÊNCIA SITUACIONAL

## Sensação-Percepção-Cognição-Tomada de Decisão





**(CIMCYC) CENTRO DE INESTIGACIÓN  
MENTE, CEREBRO Y COMPORTAMIENTO - UGR**

# COLETA DE DADOS



UGR | Universidad  
de Granada

DEPARTAMENTO DE PSICOLOGÍA EXPERIMENTAL



U  
LISBOA  
UNIVERSIDADE  
DE LISBOA



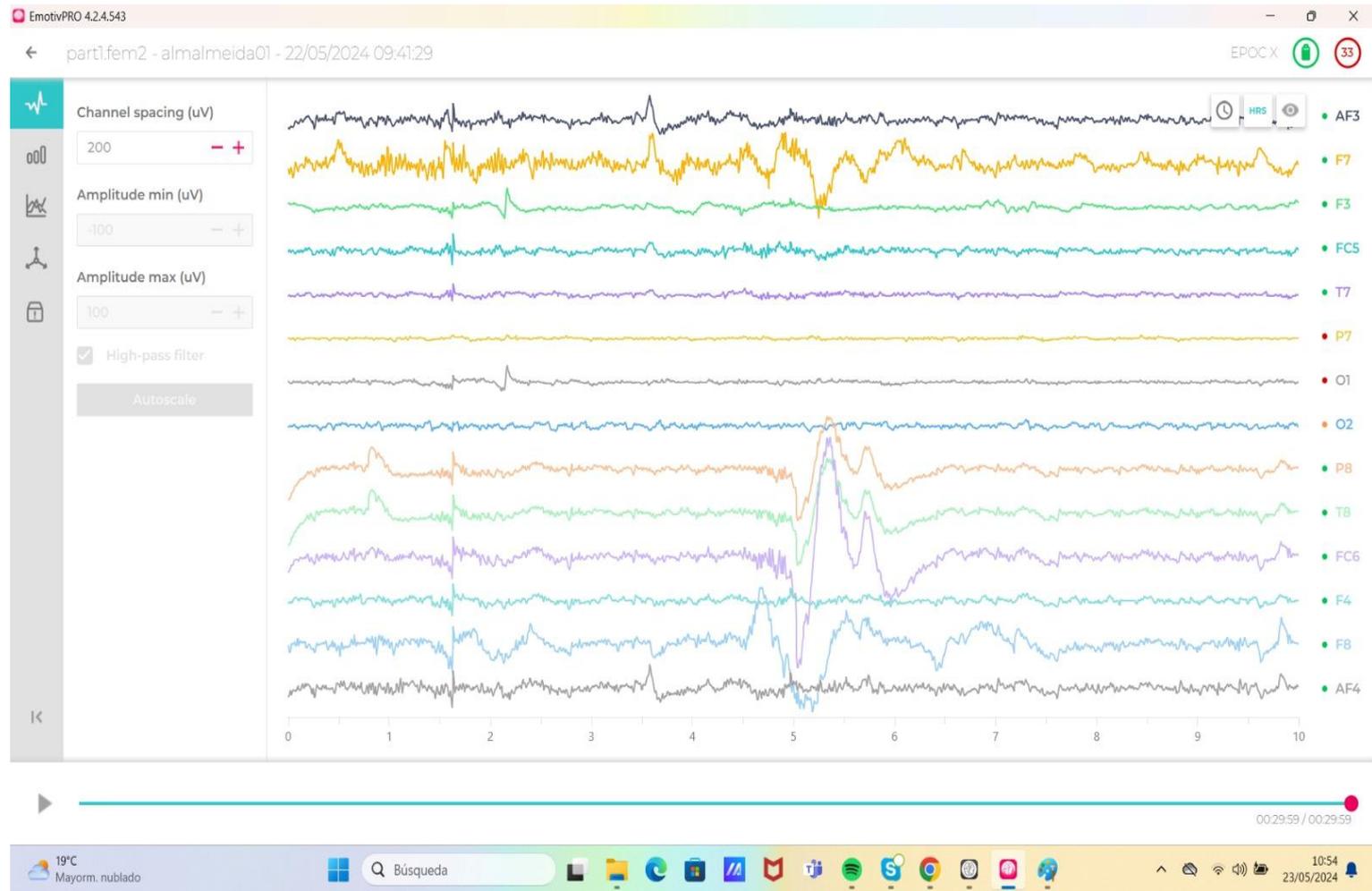
# COLETA DE DADOS



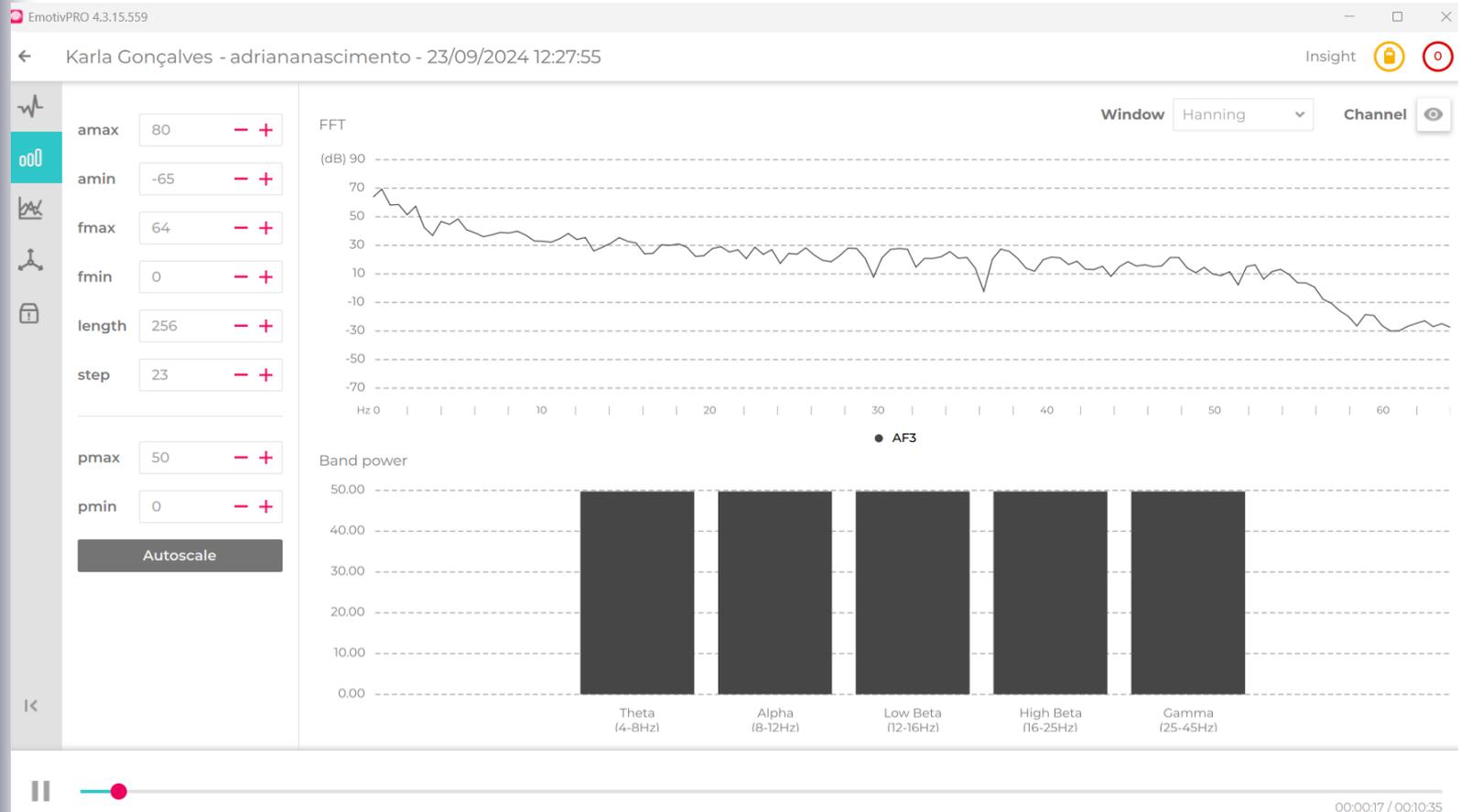
UNIVERSIDADE  
DO PORTO



# PERFIL DO EEG NOS 14 CANAIS VERSUS TEMPO

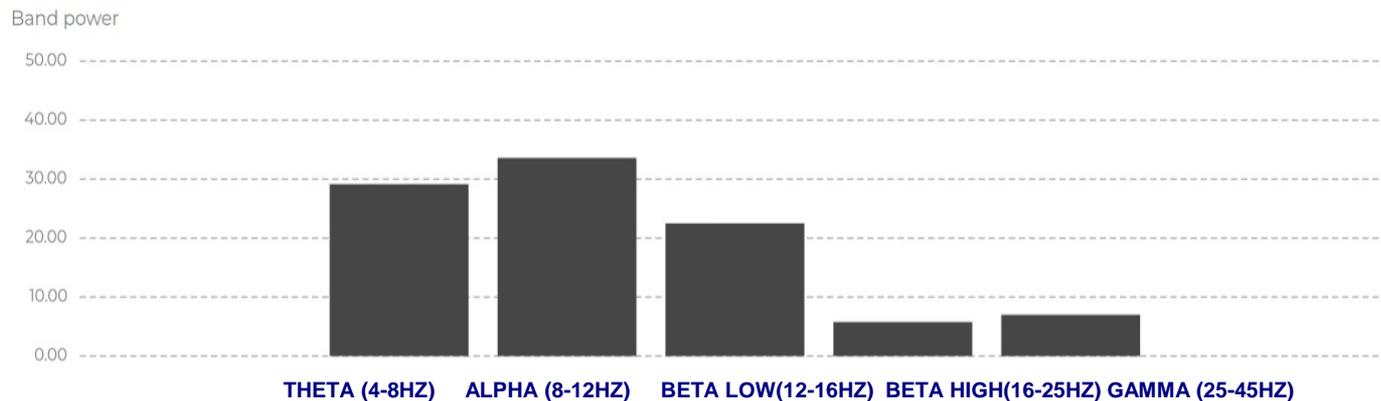


# PERFIL DO EEG EMOTIV INSIGHT 5 CANAIS



Os gráficos exibem a **distribuição de potência de frequência** em decibéis (dB) ao longo de diferentes faixas de frequência (em Hertz, Hz) registradas nesse eletrodo.

# PERFIL DO EEG NOS 14 CANAIS TRANSFORMADO DO DOMÍNIO DO TEMPO PARA DOMÍNIO DA FREQUÊNCIA



**Theta (4-8 Hz):** Relacionada a relaxamento profundo, meditação e estados de sonolência.

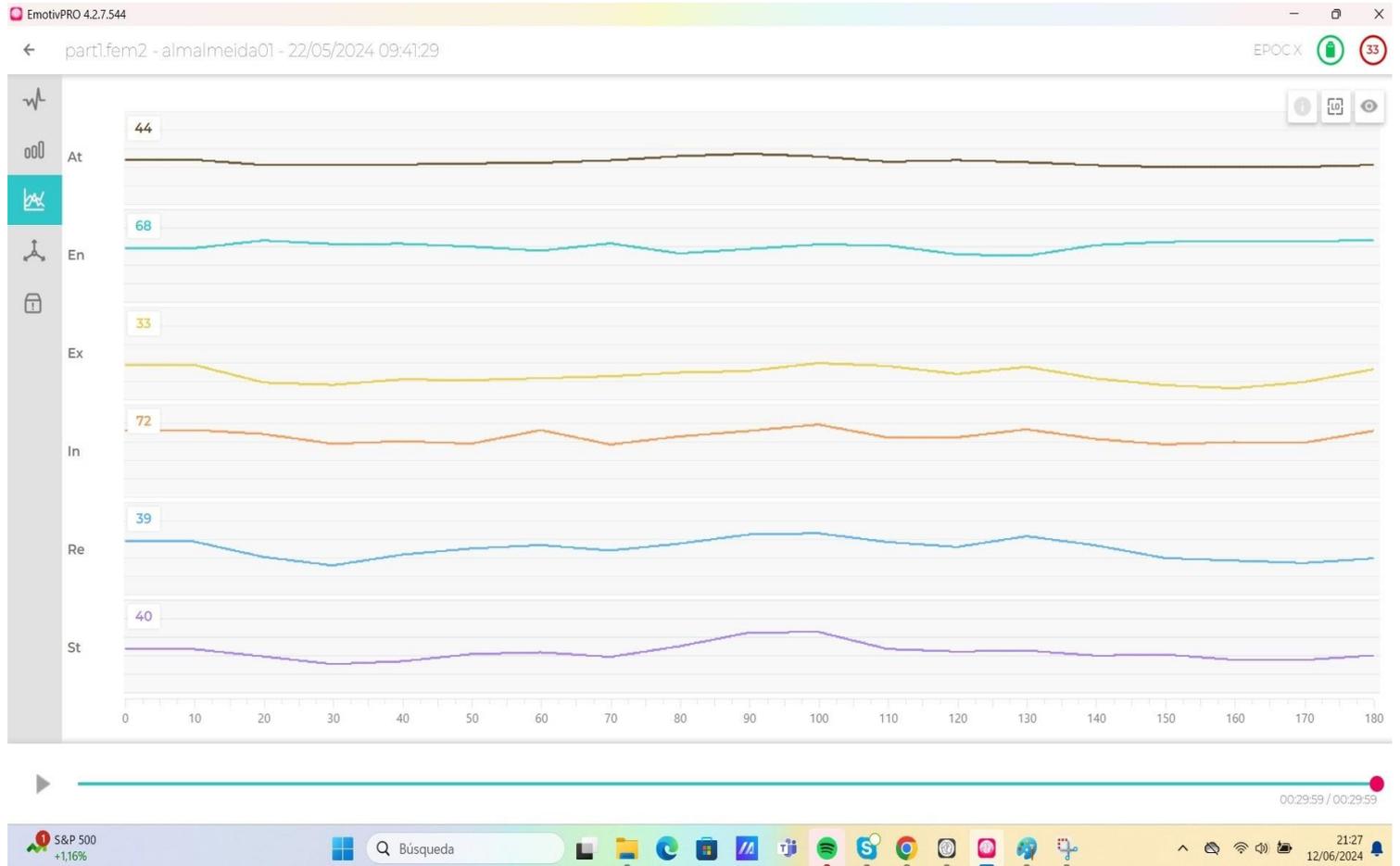
**Alpha (8-12 Hz):** Associada ao relaxamento acordado, calma e introspecção, com os olhos fechados.

**Beta Low (12-16 Hz):** Indica atenção moderada, foco leve e estado de alerta.

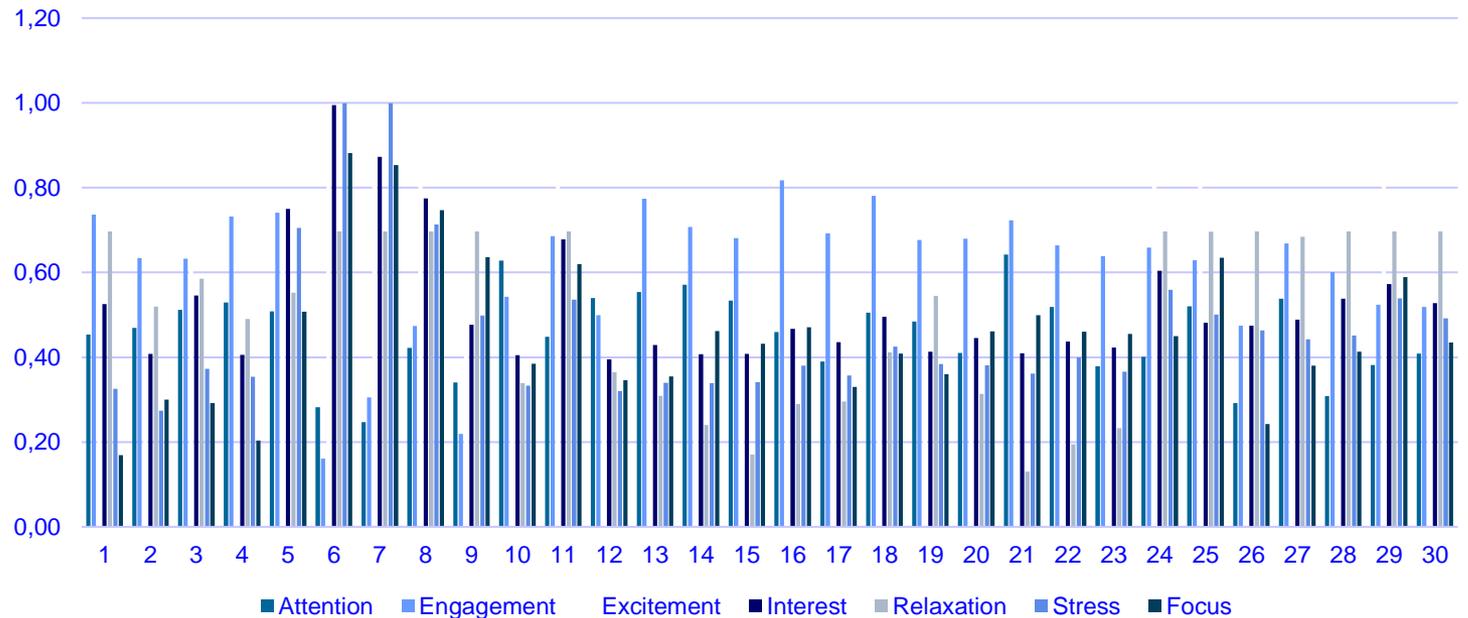
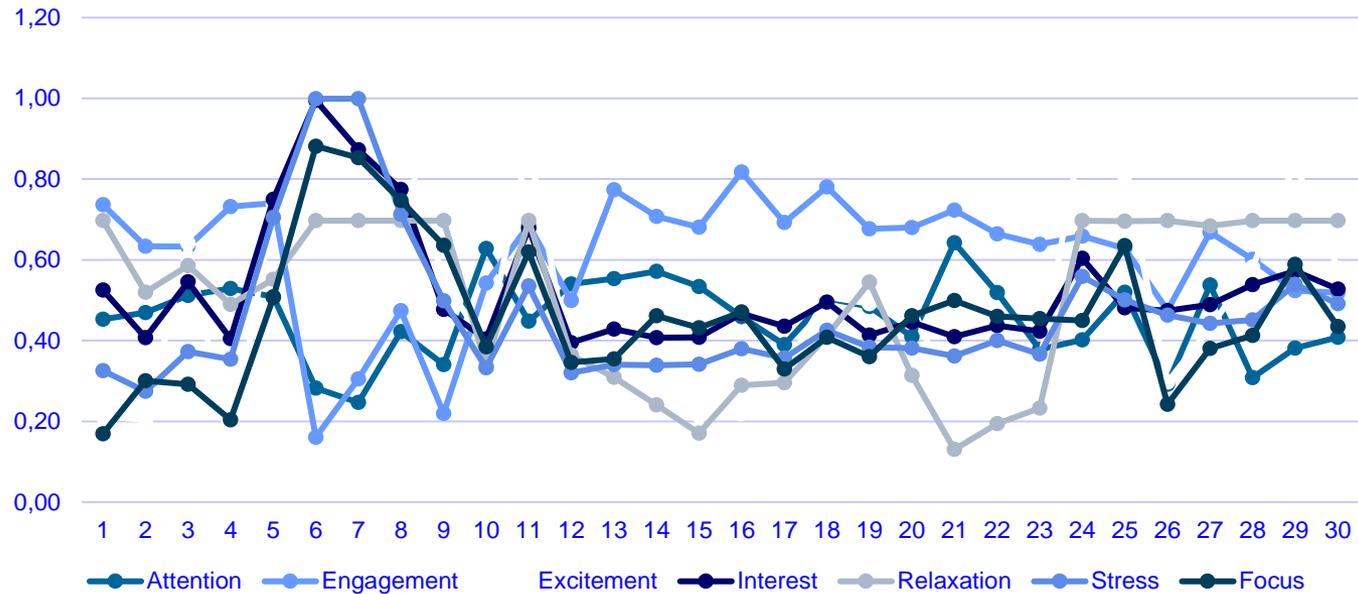
**Beta High (16-25 Hz):** Relacionada a alta concentração, processamento intenso e estresse.

**Gamma (25-45 Hz):** Ligada a processos cognitivos complexos, como aprendizado e memória.

# PERFIL DAS VARIÁVEIS COGNITIVAS TRANSFORMADAS ATRAVÉS DE ALGORITMO DE INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL VERSUS TEMPO

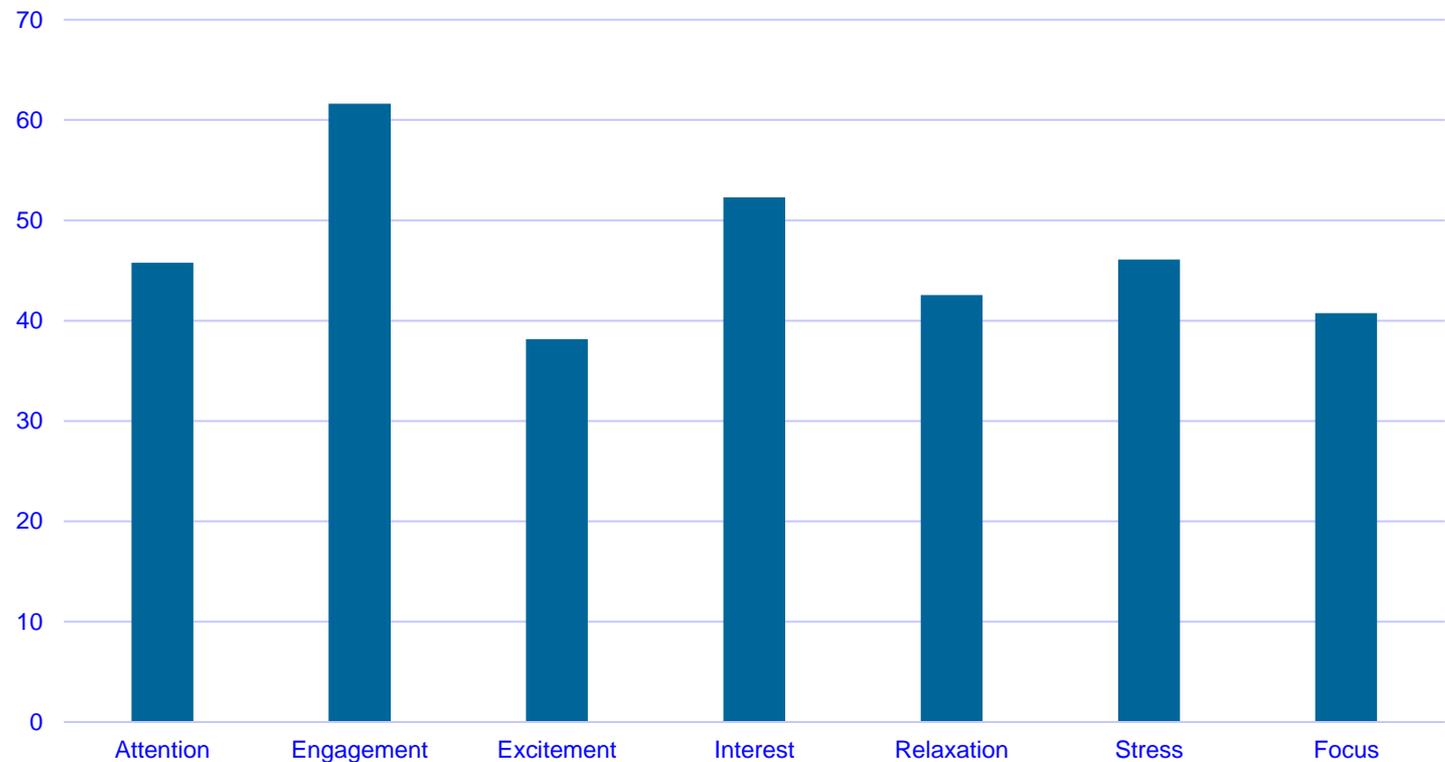


# Gráficos das Variáveis Cognitivas versus tempo



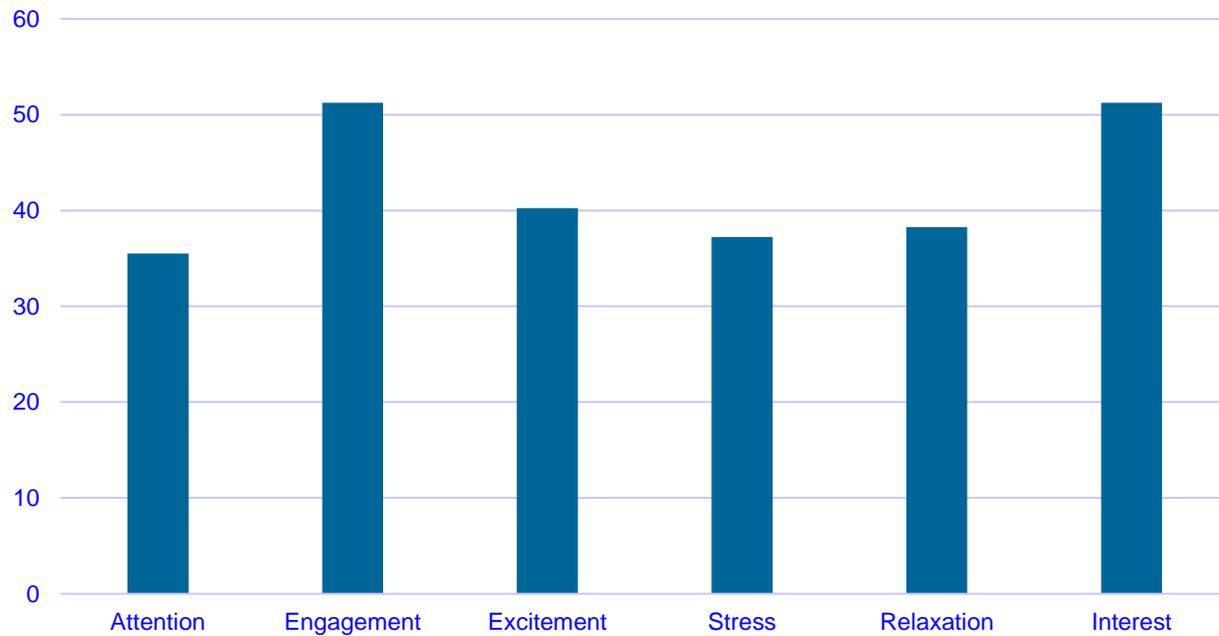


## VARIÁVEIS COGNITIVAS: ESPANHA (GRANADA)





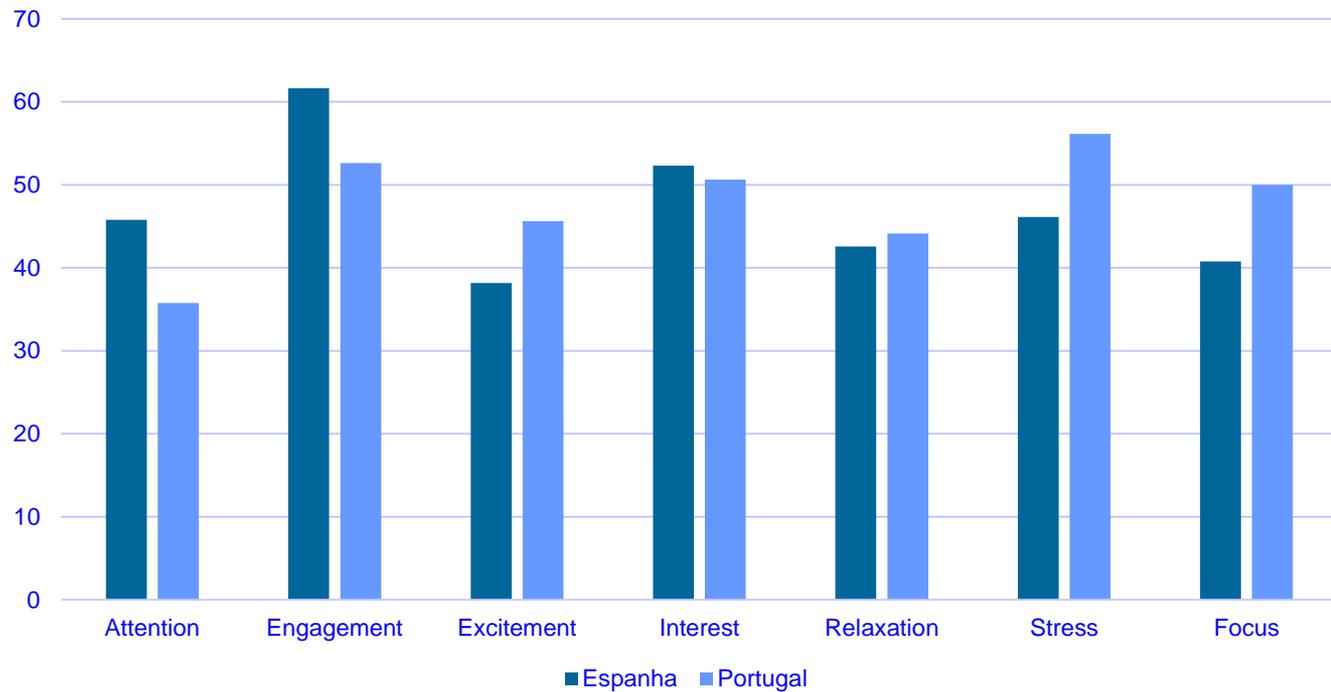
## PARTICIPANTES DO PORTO



Fonte: Autores (2024)

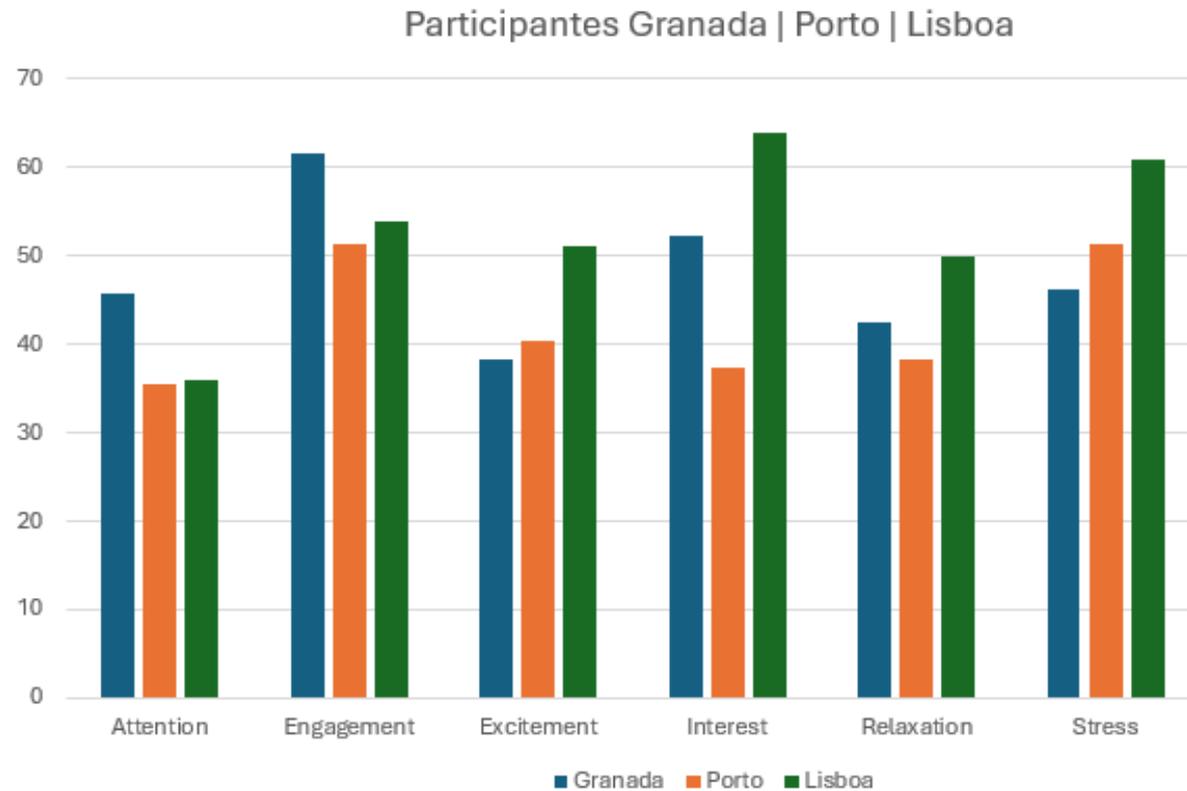


## PARTICIPANTES ESPANHA | PORTUGAL



Fonte: Autores (2024)

# PARTICIPANTES GRANADA PORTO LISBOA



# RELEVÂNCIA PARA A NEUROERGONOMIA E FATORES HUMANOS

- ✓ **Monitoramento Cognitivo em Tempo Real !**
- ✓ Integra conhecimentos de neurociência para melhorar as condições de trabalho em profissões críticas;
- ✓ A pesquisa auxilia na criação de protocolos que respeitam os limites cognitivos dos operadores, reduzindo a incidência de falhas humanas;
- ✓ Resultados têm potencial de impactar diretamente a segurança do transporte aéreo ao melhorar o bem-estar e a eficiência dos operadores.
- ✓ Esta pesquisa nos permite entender melhor o impacto da tecnologia no desempenho humano em ambientes de alta responsabilidade.



*“Os rios não bebem sua própria água; as árvores não comem seus próprios frutos. O sol não brilha para si mesmo; e as flores não espalham sua fragrância para si. Viver para os outros é uma regra da natureza. A vida é boa quando você está feliz; mas a vida é muito melhor quando os outros estão felizes por sua causa”*



(CIMCYC) CENTRO DE INVESTIGACIÓN MENTE, CEREBRO Y COMPORTAMIENTO - UGR