



# Controle Motor

Tércio Apolinário-Souza  
[edf.tercio@gmail.com](mailto:edf.tercio@gmail.com)

# Tópicos da aula

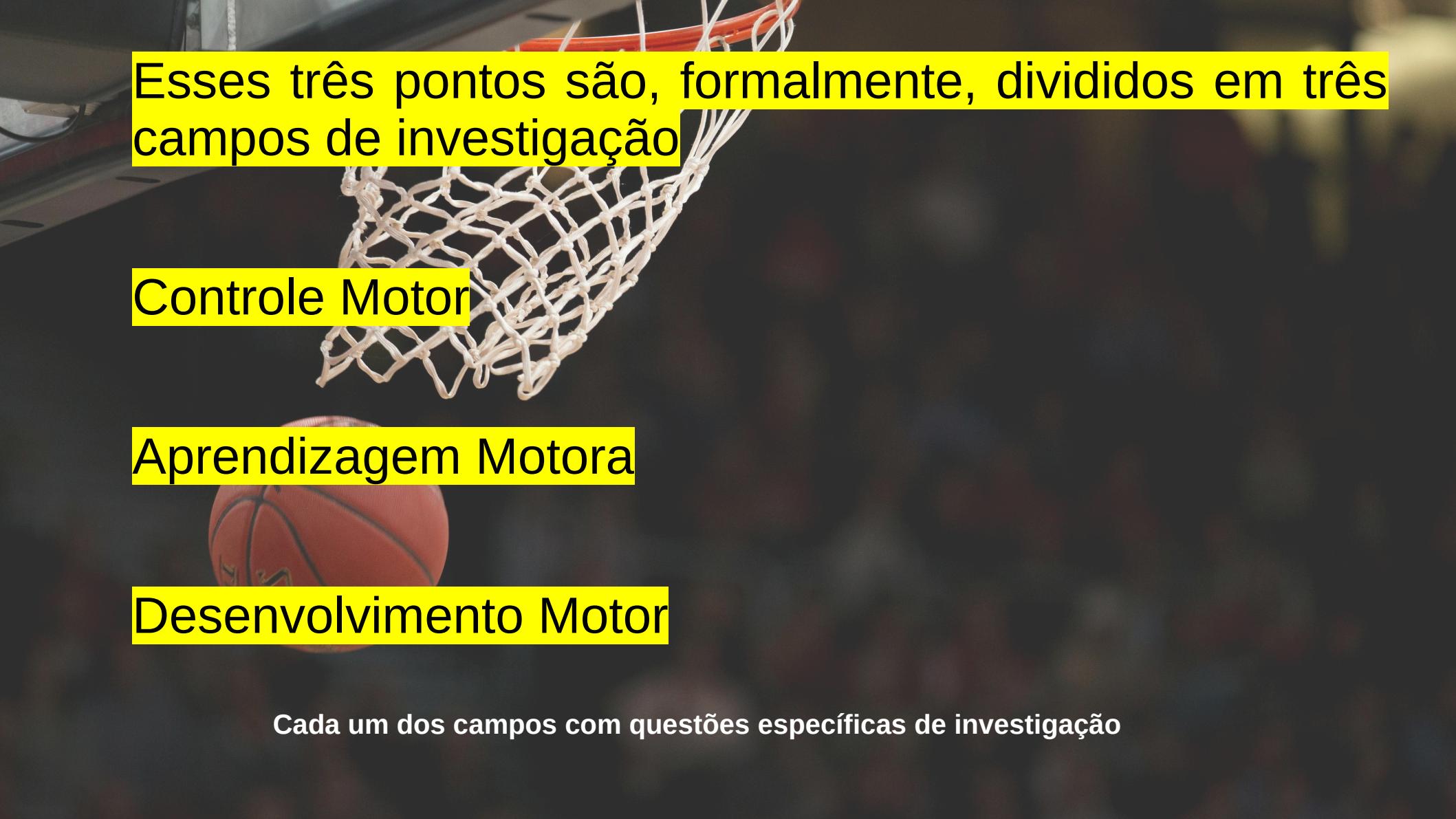
- Apresentação da disciplina
- Comportamento Motor e suas subáreas
- Problema central do Controle Motor

# A área Comportamento Motor

A área de Comportamento Motor, em suas diferentes perspectivas, investiga como o movimento é **produzido**, **adquirido** ou modificado ao **longo da vida**.

A área de Comportamento Motor, em linhas gerais, investiga três pontos

1. Os mecanismos responsáveis pela produção do movimento.
2. Os mecanismos e processos subjacentes às mudanças no comportamento motor advindos da prática, bem como seus fatores que as influenciam.
3. As mudanças que ocorrem no comportamento motor de um indivíduo ao longo do seu ciclo de vida.



Esses três pontos são, formalmente, divididos em três campos de investigação

Controle Motor

Aprendizagem Motora

Desenvolvimento Motor

Cada um dos campos com questões específicas de investigação

O estudo destas três sub áreas assenta-se numa **visão sistêmica** do comportamento motor humano:

Antropológico  
Sociológico  
Comportamental  
Psicológico  
Biomecânico  
Fisiológico  
Bioquímico

Sensação, percepção, tomada de decisão, programação e execução

**Comportamento motor humano**

# Exemplo de perguntas do Controle Motor

## Vídeo

# Exemplo de perguntas da Aprendizagem Motora

Vídeo

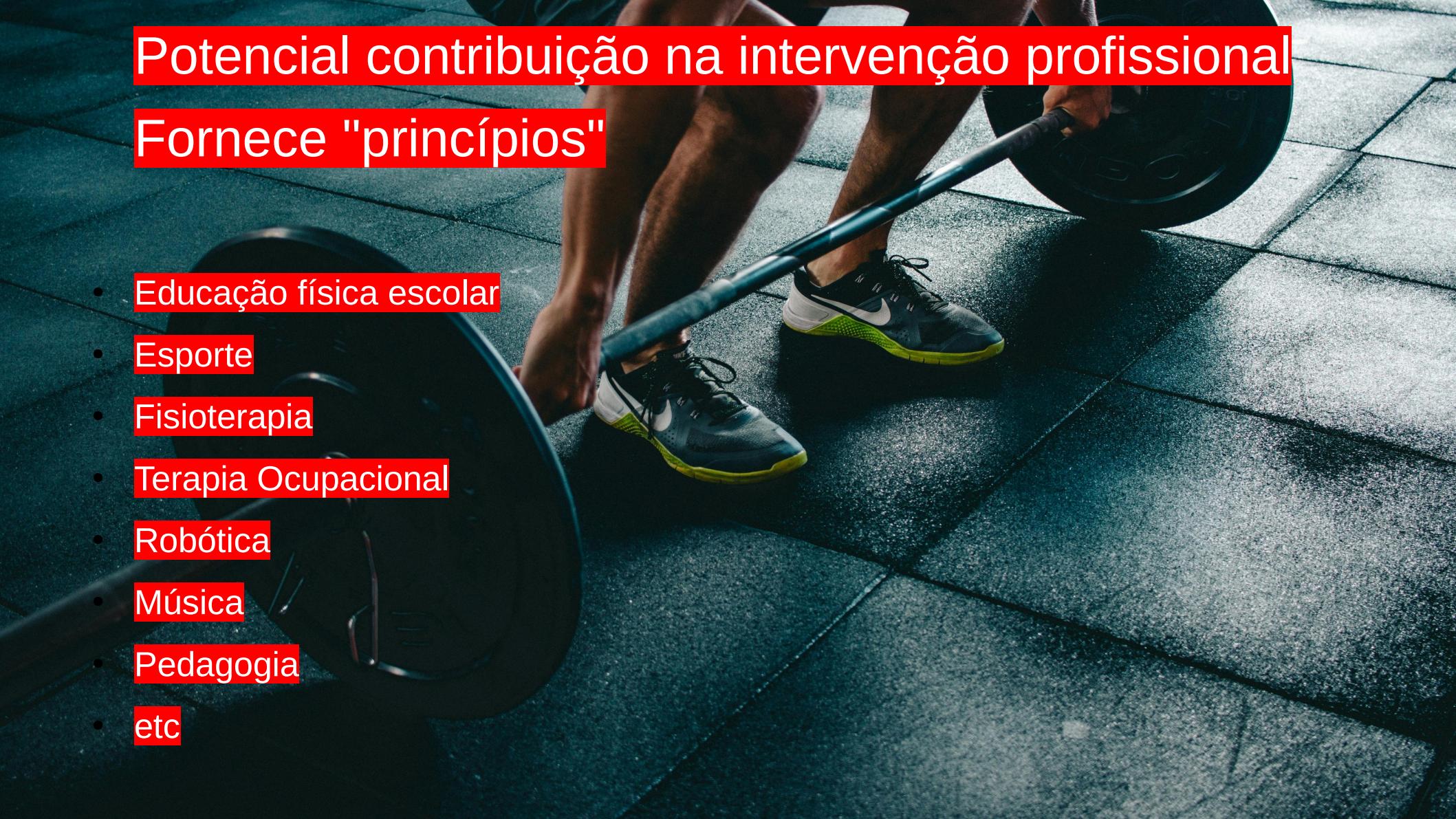
# Exemplo de perguntas do Desenvolvimento Motor

## Vídeo

# Potencial contribuição na intervenção profissional

## Fornece "princípios"

- Educação física escolar
- Esporte
- Fisioterapia
- Terapia Ocupacional
- Robótica
- Música
- Pedagogia
- etc



## Exemplos de "princípios"

### Controle Motor

- Relação entre velocidade e precisão - Lei de fitts
- Tempo de reação e o processamento de informações.
- Papel positivo da variabilidade - redundância, equivalência e não ruído

### Aprendizagem Motora

- Hierarquia de aprendizagem - simples para o complexo
- Transferência - similaridade entre as condições
- Papel positivo do erro - informação e não como falha

### Desenvolvimento Motor

- Reflexos como marcadores do desenvolvimento
- Diversificação e especialização
- Envelhecimento como uma fase do desenvolvimento



Algumas linhas de aplicação do  
controle motor

# Interface cérebro-máquina



[Vídeo](#)

Jose Delgado

# Robotic arms

Vídeo



# Sistemas de acessibilidade

# Robot-Arm Prosthetic

[Vídeo1](#)

[Vídeo2](#)



# Exoesqueleto

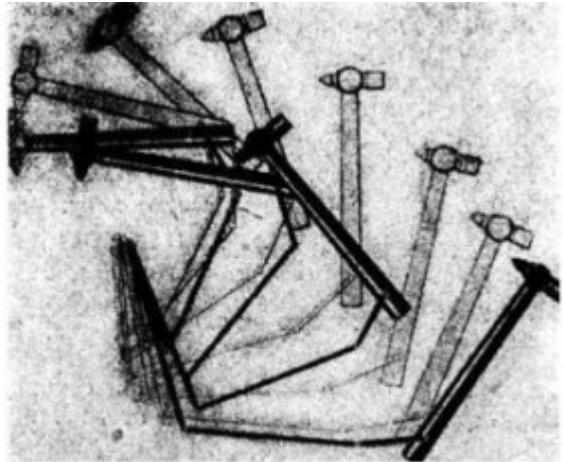


[Vídeo](#)

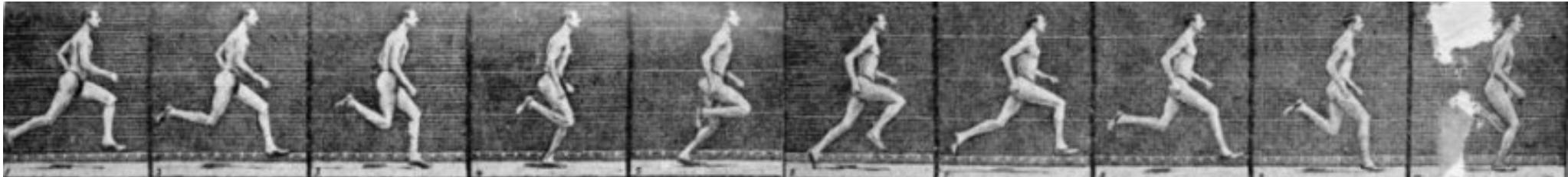
# Bengala eletrônica



dos Santos, A. D. P., Medola, F. O., Cinelli, M. J., Garcia Ramirez, A. R., & Sandnes, F. E. (2021). Are electronic white canes better than traditional canes? A comparative study with blind and blindfolded participants. *Universal Access in the Information Society*, 20(1), 93-103.



# Problema central no Controle Motor: graus de liberdade

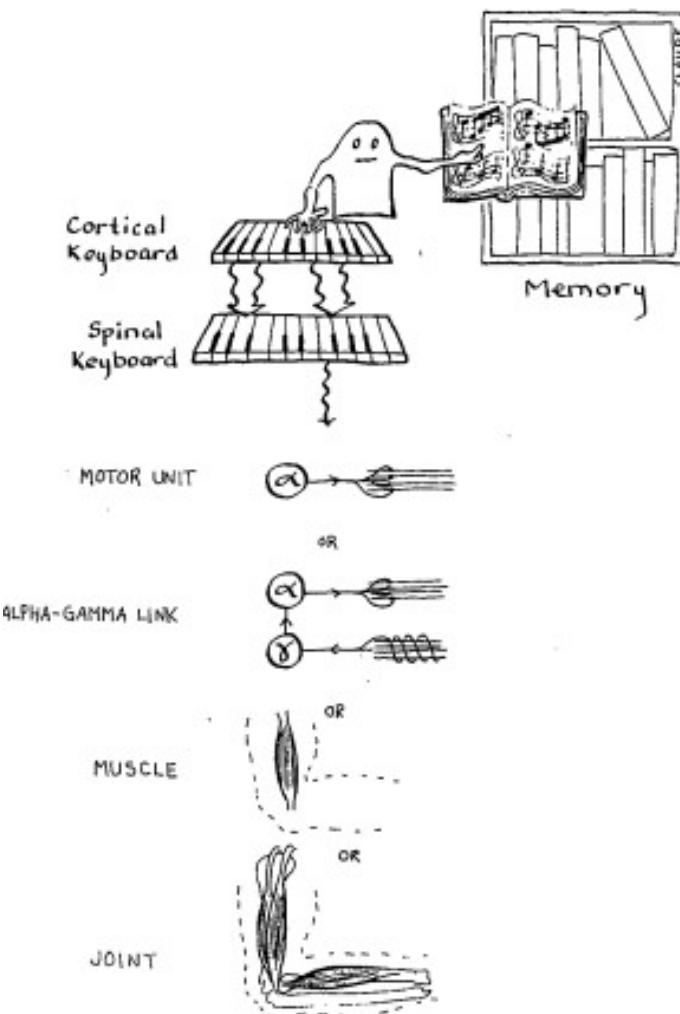


# Definição de graus de liberdade

São o número de elementos ou componentes pelos quais o sistema pode variar de forma independente.

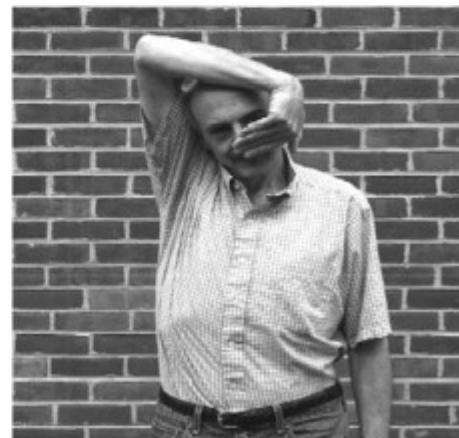
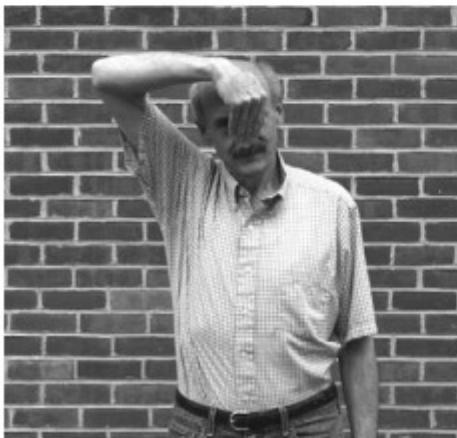
Os GL podem ser vistos em diferentes níveis de análise/descrição

- número de articulações envolvidas
- número de músculos envolvidas
- número de unidades motoras



(Turvey, Fitch e Tuller, 1982)

“Toque seu nariz”



Note, existem várias formas possíveis de realizar essa tarefa simples.

### Problema dos graus de liberdade

Como ações específicas são escolhidas, quando existem várias possibilidades?

Como SN controla as várias unidades de controle envolvidos na produção de um determinado padrão de movimento?

# Como resolver essa questão?

Abordagem não representacional

- Sinergia
- Propriedades físicas do corpo
- Eficiência

Abordagem representacional

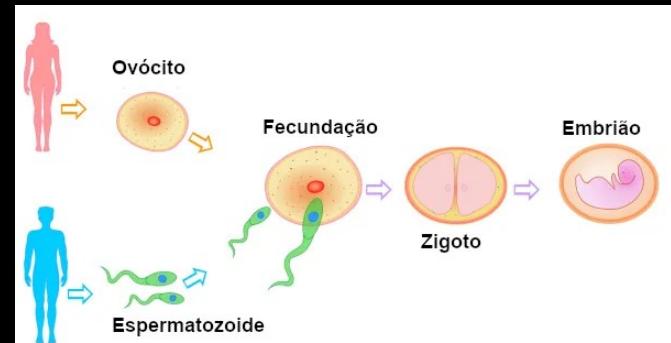
Um problema sem solução, ainda!

Sinergia, conceitualmente, é sinônimo de interação.

Exemplo da reprodução sexual.

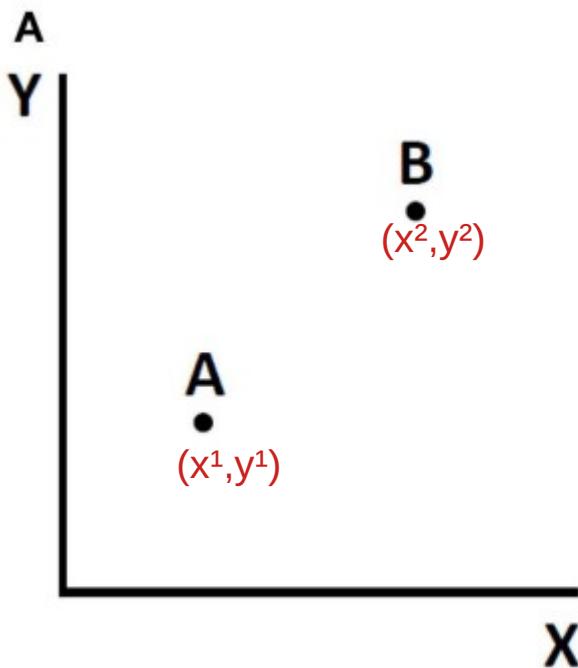
Nem o sexo masculino e nem o sexo feminino produzem a prole sozinhos.

A prole é o produto sinérgico da união deles.

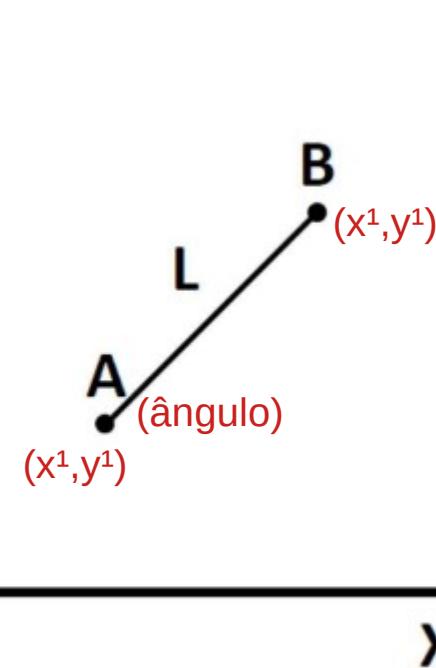


Sinergias podem reduzir o número de GL.

4 GL



3 GL

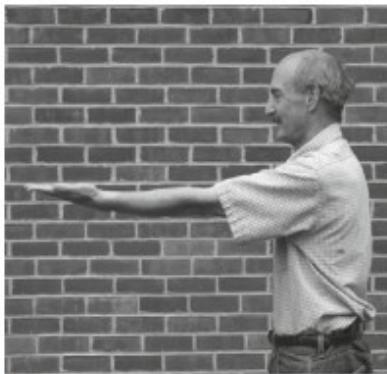


# Exemplos

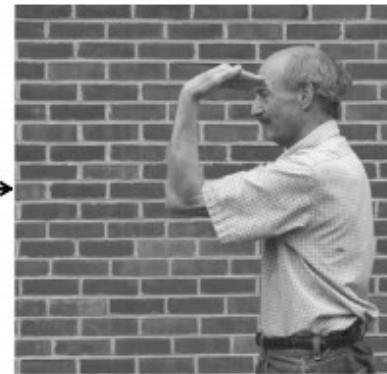
Se você for como a maioria das pessoas, não importa o quanto tente, provavelmente não consegue manter os olhos abertos quando espirra.



# Exemplos



A



B



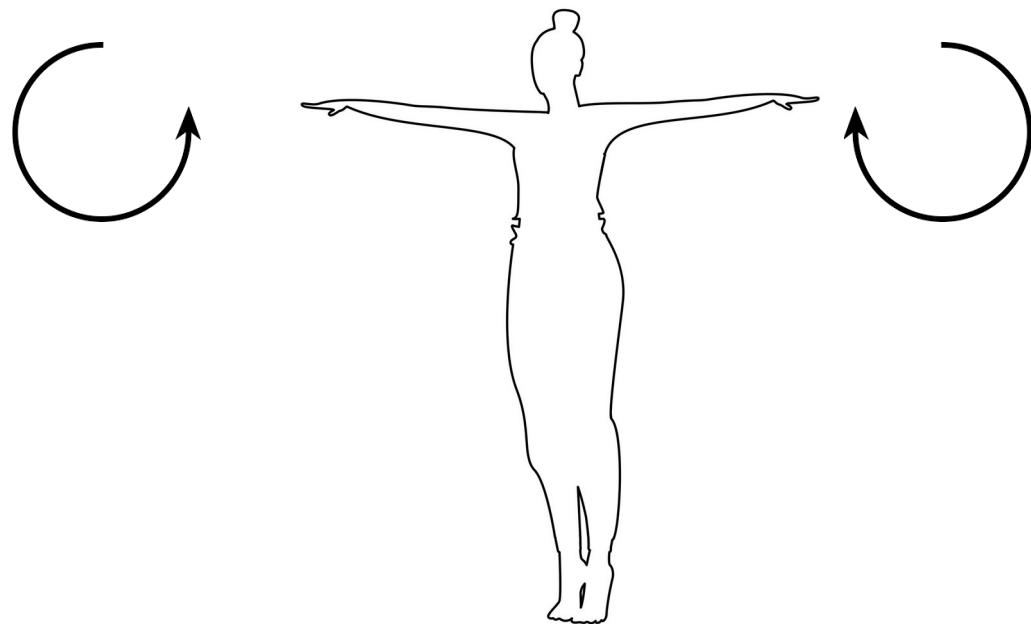
B



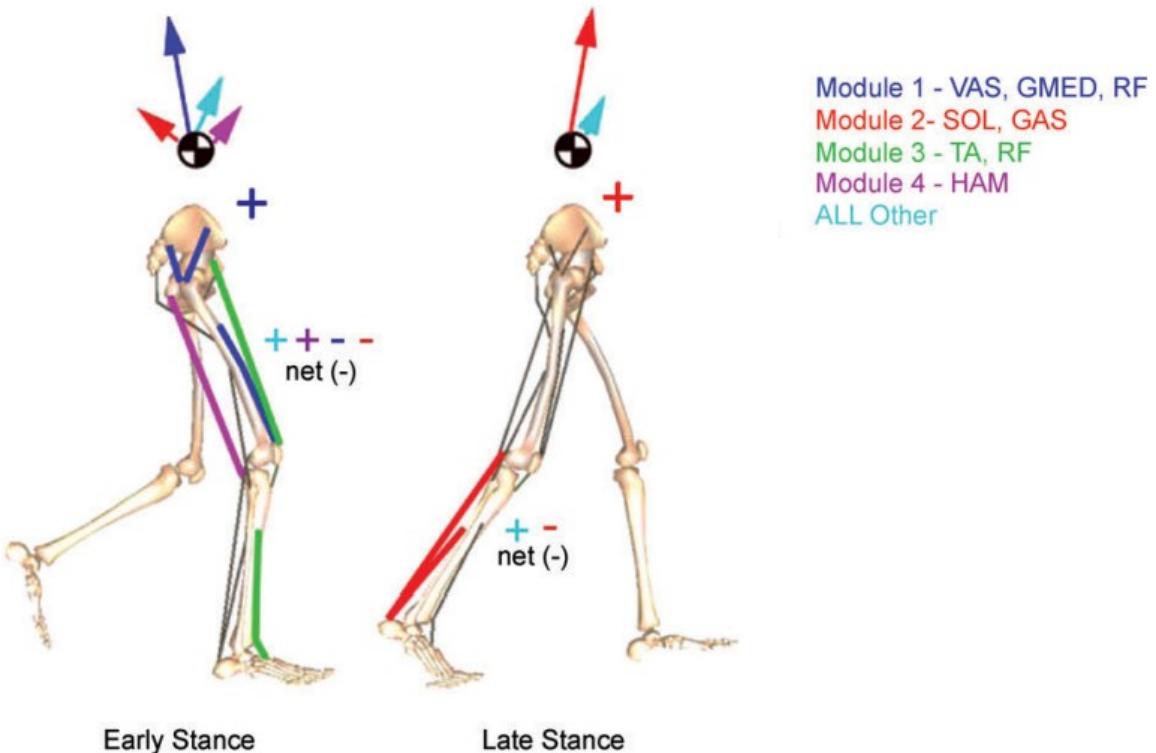
# Exemplos



# Exemplos



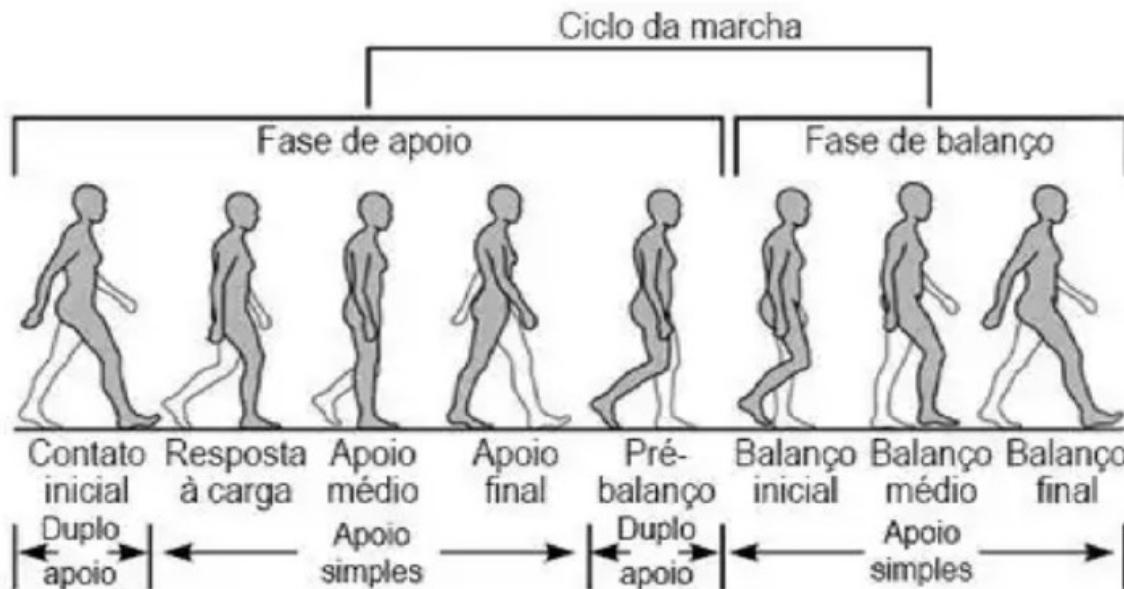
# Exemplos



Esses exemplos indicam ligações funcionais entre diferentes partes do corpos.

# Propriedades físicas do corpo

As propriedade físicas do corpo podem eliminar os GL.



O balanço para frente da perna não precisa ser planejado ou controlado em detalhes, só depende das propriedades físicas da perna.

Neste exemplo não há necessidade de nenhum sistema de controle, apenas parâmetros iniciais.

### **Vídeo 1**

<https://youtu.be/-nh4EPmGIEE>

### **Vídeo 2**

<https://youtu.be/EEEN2rz0BUM>

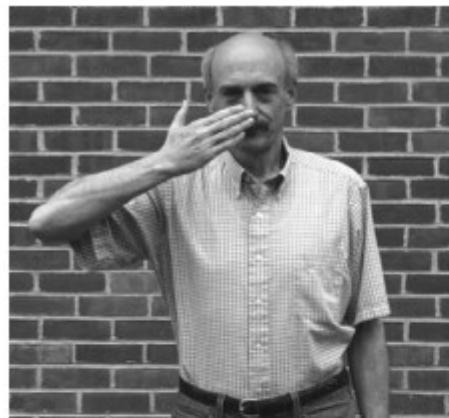
# Eficiência

Sistema de restrições que “*constrange*” o sistema para adotar o meio mais eficiente, não necessitando de controle dos GL.

Por que você se senta assim durante as aulas?

Movimentos que adotamos com mais frequência geralmente são mais eficientes.

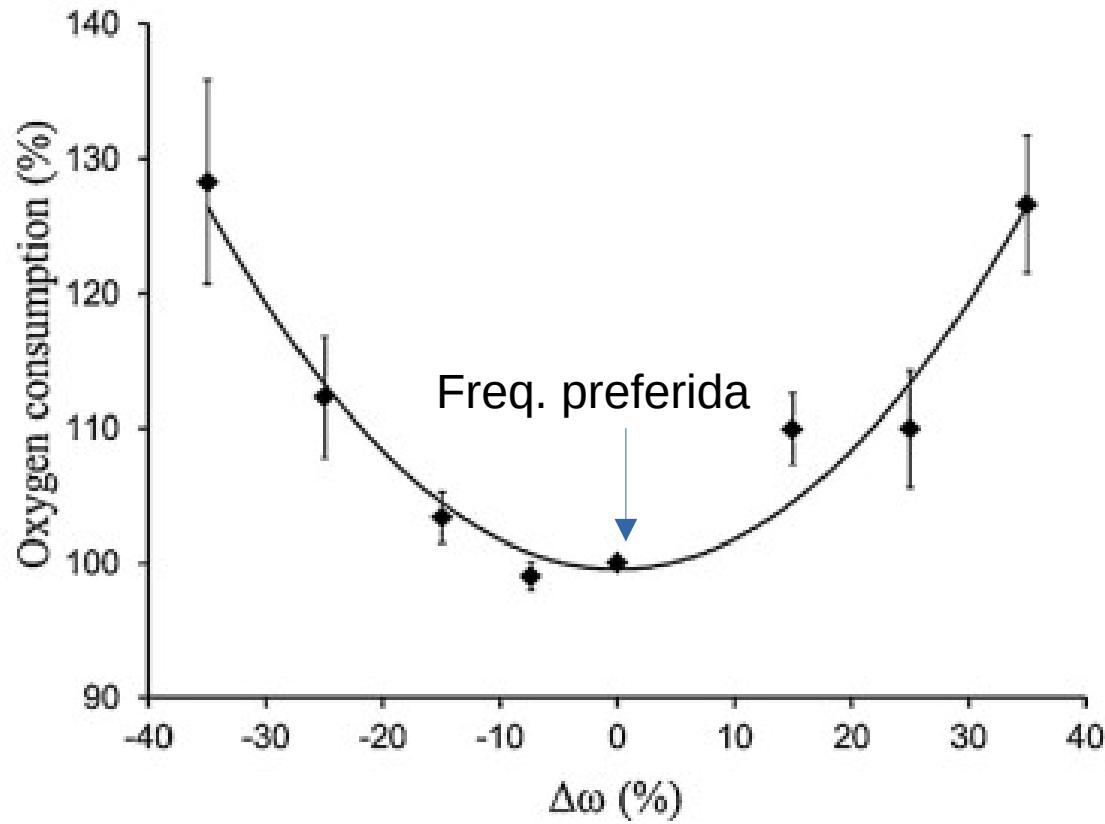
+ frequente



- frequente



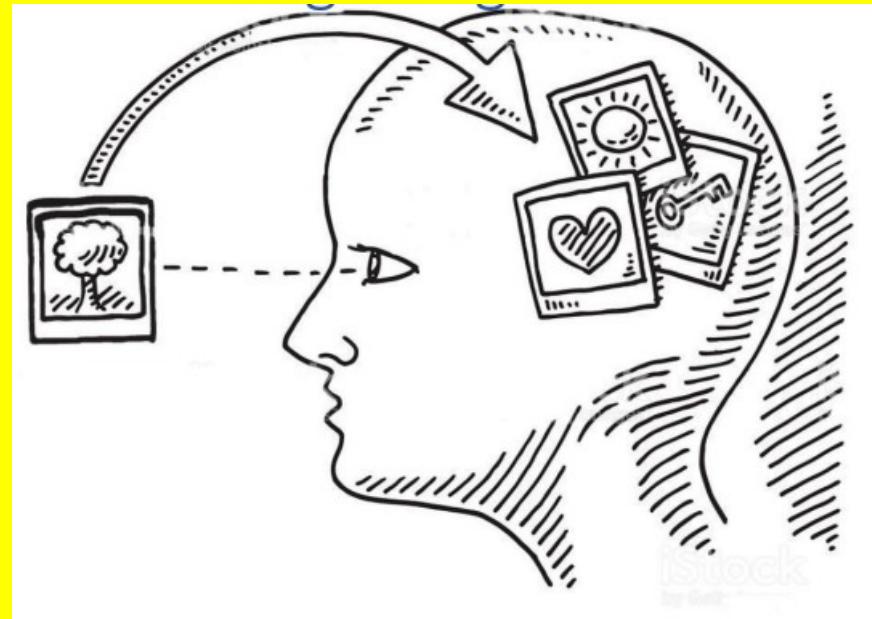
Além do fato deste movimento gastar mais tempo do que o caminho mais direto, esse movimento coloca seu braço em uma posição final desconfortável.



Russell e Apatoczky *Gait & Posture* 2016

# Abordagem representacional

A psicologia experimental utiliza de **representações internas** para teorizar sobre eventos mentais complexos.



O CM possui uma base forte nesta área.

Exemplos:

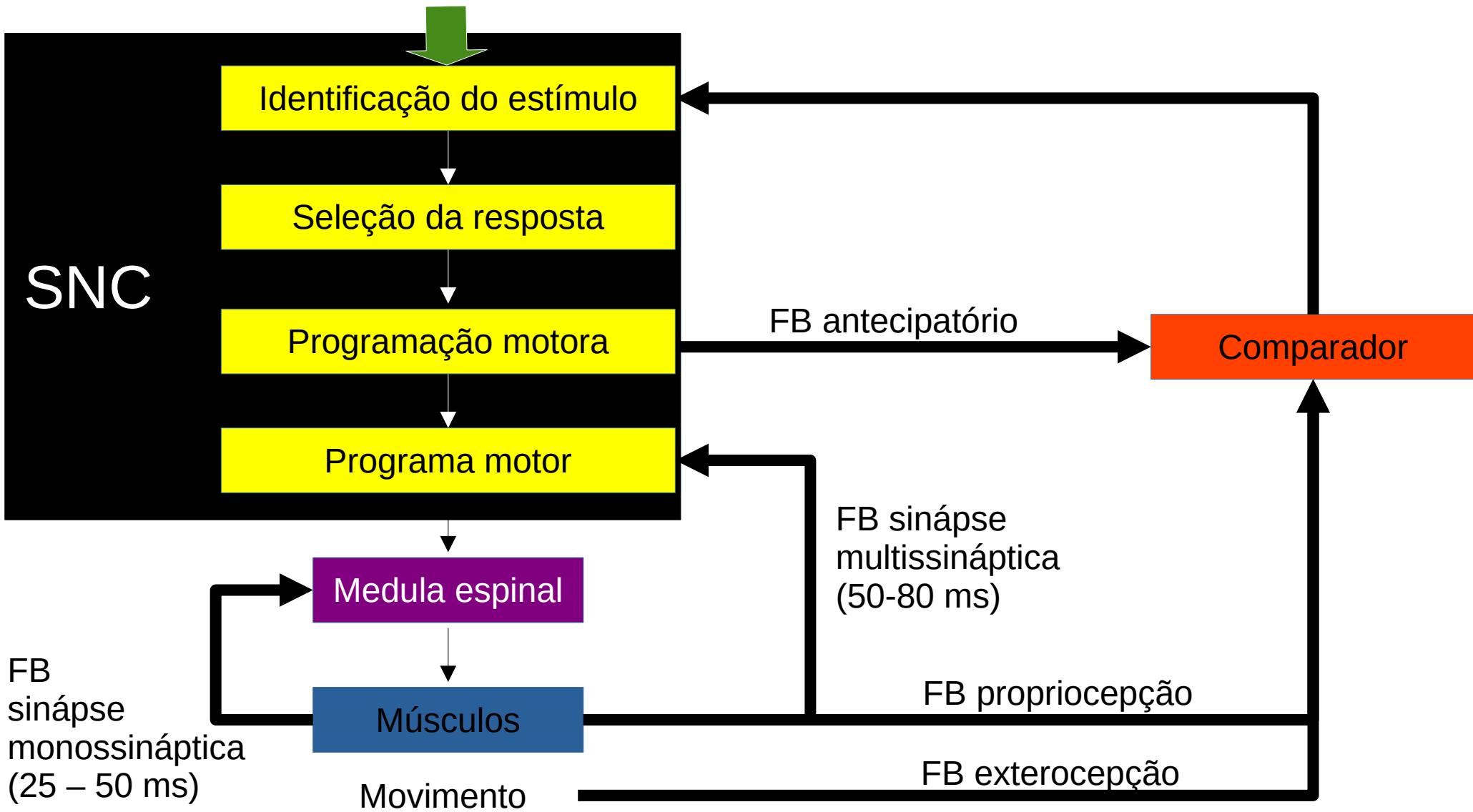
- Estados internos: memória de curto e longo prazo.
- Processos: codificação e decodificação.
- Estruturas: esquemas, programas e engramas

Dentre esses, o mais usual e “durável” é a estrutura programa motor.

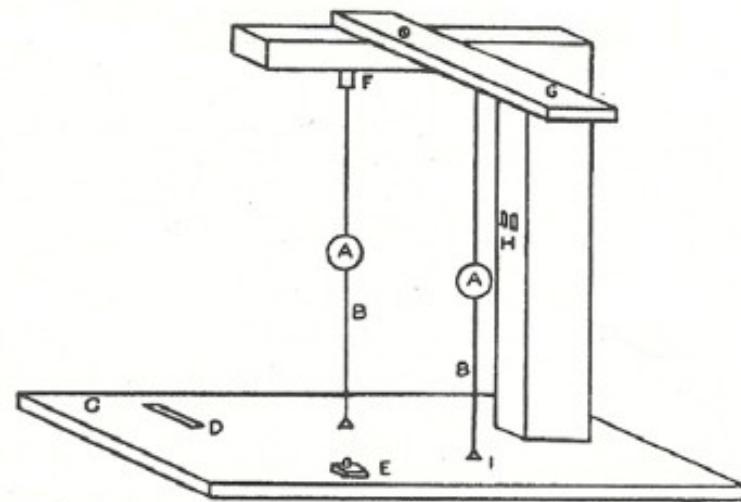
Existem algumas visões sobre o PM, mas os pontos em comum são:

- a) movimentos (pelo menos os rápidos) são, de alguma forma, estruturados antecipadamente (*in advance*);
- b) representação central da ação contribui significativamente para o comportamento final que se observa na musculatura.

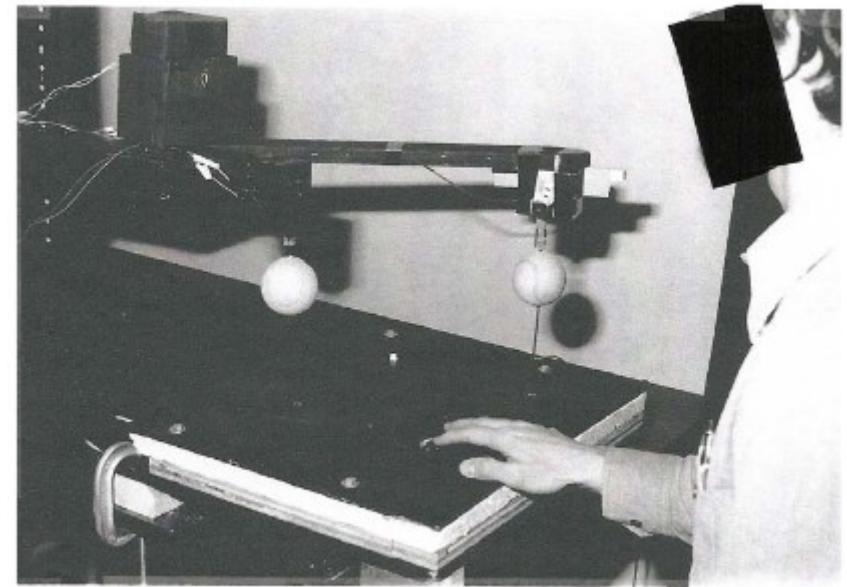
SNC



movimento de elevação do dedo = TR de 150 ms;  
movimento de complexidade intermediária = TR de 195 ms;  
movimento com duas reversões na direção = TR de 208 ms.



Henry, & Rogers, (1960). Research Quarterly. American Association for Health, Physical Education and Recreation



Fischman, Christina & Anson (2008). *Research Quarterly for Exercise and Sport*

# Resumo

A área de Comportamento Motor é dividida em três subáreas: Controle Motor, Aprendizagem Motora e Desenvolvimento Motor.

GL como problemas central do Controle Motor

- Não representacional = diminuir os GL
- Representacional = o SN consegue controlar

# Referências complementares

Connolly, K. J. (1975). Movement, action and skill. In K. S. Holt (Ed.), Movement and child development (pp. 102-110). London: SIMP/Heinemann.

Tani, Go et al. Pesquisa na área de comportamento motor: modelos teóricos, métodos de investigação, instrumentos de análise, desafios, tendências e perspectivas. *Journal of Physical Education*, v. 21, n. 3, p. 329-380, 2010.

Rosenbaum, David A., and Iman Feghhi. "The time for action is at hand." *Attention, Perception, & Psychophysics* 81.7 (2019): 2123-2138.

Rosenbaum, D. A. (2005). The Cinderella of Psychology: The Neglect of Motor Control in the Science of Mental Life and Behavior. *American Psychologist*, 60(4), 308–317.