



ESCOLA POLITÉCNICA DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

Biomecatrônica e Biorrobótica

Arturo Forner-Cordero

(aforner@usp.br)



Biomecatrônica e Biorrobótica

- Carga horaria:
- Total: 120 h Teórica: 3h Prática + Estudos: 7 h.
- Créditos: 8 Duração: 12 semanas



Objetivos

- Apresentar sistemas robóticos de inspiração biológica.
- Fornecer, em nível de pós-graduação os conceitos, teorias e aplicações da:
 - mecânica
 - Eletrônica
 - teoria de controle para o estudo do movimento biológico.
- Fornecer os conceitos básicos para o desenvolvimento de sistemas robóticos para terapias físicas e reabilitação funcional.
- Apresentar os conceitos de projeto biomimético em engenharia aplicados em robótica.



Conteúdo:

1. Introdução
2. Conceitos básicos de anatomia e modelagem mecânica do corpo humano
3. Revisão de Cinemática e Dinâmica para Robôs Manipuladores
4. Sensores do corpo humano e sensores em Biorrobótica
5. Atuadores biológicos. O músculo.
6. Arquiteturas de Controle de Inspiração Biológica
7. Descrição e modelagem do controle motor biológico
8. O CPG como modelo de controle de movimento ciclico
9. Compensação artificial das deficiências neuromotoras
10. Exoesqueletos robóticos bioinspirados . Membros superiores
11. Exoesqueletos robóticos bioinspirados . Membros inferiores
12. Robôs com patas bioinspirados



Bibliografía

- Computational Neurobiology of Reaching and Pointing: A Foundation for Motor Learning. Shadmehr R, Wise SP. MIT Press, Cambridge MA. 2005
- Introduction to Robotics, J.J. Craig. Pearson. 2005. 3rd Edition.
- Modelling and Control of Robot Manipulators. Sciavicco, L., B. Siciliano. Springer-Verlag. 2005.
- Principles of Neural Science. E.R. Kandel, J.H. Schwartz, T.M. Jessel . McGraw-Hill, New York. 2000.
- Robot Dynamics and Control. M.W. Spong, M. Vidyasagar. John Wiley & Sons, Ltd. 1989
- Wearable Robots: Biomechatronic Exoskeletons. Editor: J. L. Pons (2008) John Wiley & Sons, Ltd.
 - Chapter 2. Basis for Bioinspiration and Biomimetism in Wearable Robots. A. Forner-Cordero, J.L. Pons, M. Wisse.
 - Chapter 3. Kinematics and dynamics of wearable robots. A. Forner-Cordero, J.L. Pons, E.A. Turowska.
- Shadmehr's web page. http://www.shadmehrlab.org/courses_page.html
- Introduction to Robotics. O. Khatib. Stanford University. You tube
- Robótica Médica. Consorcio Opensurg. Cyted. 2013. (<http://roboticamedica.umh.es>)



PLANO DA DISCIPLINA

- As aulas são ministradas nas terças-feiras das 13:30 a 16:30 começam no dia 15 de setembro e terminam no dia 8 de Dezembro (recuperação).
- A avaliação será feita por
 1. Trabalho da materia.
 - Min 6 páginas segundo formato IEEE. Em português ou/e inglês.
 - Pode envolver a fabricação de um dispositivo.
 - Deve estar definido até o dia 22/09
 2. Apresentação do trabalho:
 - 15 min maximo,
 - formato conferencia
 - dias 24/11, 01/12 ou 08/12 (presença obrigatória).
 3. Revisões/Críticas bibliográficas de artigos seleccionados
 4. Listas de problemas seleccionados



Programa da disciplina e aulas

Dia	Tema
15/09/15	1) Introdução. Apresentação do problema.
22/09/15	2) Conceitos básicos de anatomia e modelagem mecânica do corpo humano
	<i>Entrega resumo do projeto da disciplina</i>
29/09/15	3) Revisão de Cinemática Direta e Inversa de Robôs Manipuladores.
06/10/15	4) Sensores do corpo humano e sensores em Biorrobótica
13/10/15	5) Atuadores biológicos. O músculo.
	<i>Revisão crítica artigos. Lista .</i>
20/10/15	6) Arquiteturas de Controle de Inspiração Biológica.
27/10/15	7) Descrição e modelagem do controle motor biológico. Implementação
	<i>Revisão crítica artigos. Lista 2.</i>
03/11/15	8) O CPG como modelo de controle de movimento ciclico.
10/11/15	9) Compensação artificial das deficiências neuromotoras 10) Exoesqueletos robóticos bioinspirados. Membros superiores.
17/11/15	11) Exoesqueletos robóticos bioinspirados. Membros inferiores. 12) Robôs com patas bioinspirados.
	<i>Entrega artigo final 24/11/2014</i>
24/11/15	RECUPERAÇÃO AULAS. Apresentações de trabalhos dos alunos (I).
01/12/15	RECUPERAÇÃO AULAS. Apresentações de trabalhos dos alunos (II).
08/12/15	Apresentações de trabalhos dos alunos (III).



Avaliação

- 1. Trabalho da materia. Mínimo 6 páginas seguindo o formato das conferencias do IEEE. Em português ou/e inglês. Pode envolver a fabricação de um dispositivo.
- 2. Apresentação do trabalho (15 min maximo, formato conferencia).
- 3. Revisões/Críticas bibliográficas de artigos seleccionados
- 4. Listas de problemas seleccionados



Escolha do trabalho de pesquisa ou revisão

- Tema relacionado com seu tema de pesquisa:
 - Mestrado ou Doutorado
- Nivel mínimo:
Publicação em congresso internacional
- Numero de paginas limitado a 6 (IEEE guidelines)
 - <http://www.icra2011.org/>
 - <http://www.biorob2014.org>;



Exemplos de trabalhos de anos anteriores

- 2010
 - [R. Bernardi](#)
 - [L.A. Elias](#)

- 2011
 - [R. Gimenes 1](#) [R. Gimenes 2](#)
 - [A. Araujo](#)



Exemplos de trabalhos de anos anteriores

- 2013

BioRob2014

- [Quadrado et al](#)

- [Rossi et al](#)

- 2015

BioRob2016

A nighttime photograph of the Supertrees at Gardens by the Bay in Singapore. The trees are illuminated with vibrant purple and pink lights, and their intricate, branch-like structures are silhouetted against a dark sky. In the background, a modern building with many lit windows is visible. The overall scene is a mix of natural and architectural elements, creating a futuristic and illuminated environment.

6th IEEE RAS & EMBS International Conference on Biomedical Robotics and Biomechatronics (BioRob 2016)

June 26-29, 2016, Singapore



BioRob2016

- **IEEE BioRob 2016**
- **6th IEEE RAS & EMBS's International Conference on Biomedical Robotics and Biomechatronics**
June 26 - 29, 2016, Singapore
www.ieeebiorob2016.org

The sixth IEEE RAS/EMBS International Conference on Biomedical Robotics and Biomechatronics - **BioRob 2016** - is a joint effort of the two IEEE Societies of Robotics and Automation - **RAS** - and Engineering in Medicine and Biology - **EMBS**.

BioRob covers both theoretical and experimental challenges posed by the application of robotics and mechatronics in medicine and biology. The primary focus of Biorobotics is to analyze biological systems from a "biomechatronic" point of view, trying to understand the scientific and engineering principles underlying their extraordinary performance. This profound understanding of how biological systems work, behave and interact can be used for two main objectives: to guide the design and fabrication of novel, high performance bio-inspired machines and systems for many different applications; and to develop novel nano, micro-, macro- devices that can act upon, substitute parts of, and assist human beings in prevention, diagnosis, surgery, prosthetics, rehabilitation and personal assistance.



BioRob2016. Conference Themes

- Neuromorphic Engineering
- Brain Machine Interface/Cognitive Engineering
- Neuroprosthesis
- Technology for assisted surgery and diagnosis
- Biomechatronic and human-centered design
- Micro/nano technologies in medicine and biology
- Rehabilitation and assistive robotics
- Biological systems modeling
- Biologically-inspired systems
- Human-machine interaction
- Neuro-robotics
- Prosthetic devices
- Biomechatronic and human-centered design
- Wearable assistive and augmenting devices



BioRob2016

Symposia topics for BioRob 2016 include:

- Surgical Robotics
- Rehabilitation Robotics
- Biomimetic Robotics
- Neuromorphic Vision
- **Special Sessions**
 - Pediatric Rehabilitation: Mobility, socialization, developmental milestones
 - Geriatric Rehabilitation: Enhancing balance, fall prevention
 - Locomotion and manipulation in robots and biological systems
 - Neuromorphic Visual Processing
 - Technology assessment, ethical and social implications of biorobotics and biomechatronics
- **Workshops**
 - Cognitive and Motor Rehabilitation Research and Practice
- **Important Dates**

January 4, 2016 - Submission of paper & workshop proposals

March 1, 2016 - Paper acceptance notification

April 1, 2016 - Final paper submission



websites

- <http://www.poli.usp.br/pmr/biomecatronica/>
- <http://www.poli.usp.br/p/arturo.forner/>



Introdução

- Qué é Biomecatrônica?
 - Para qué serve?
- Qué é a Bio-Robótica
 - Para qué serve?
- Qué é o Biomimetismo?
 - Qual é sua utilidade?



Introdução

- Biomecatrônica=
Biomecânica+Controle Motor
- Modelos do sistema de controle motor humano desde a Engenharia
 - Engenharia de Controle
 - Engenharias Elétrica e Mecânica



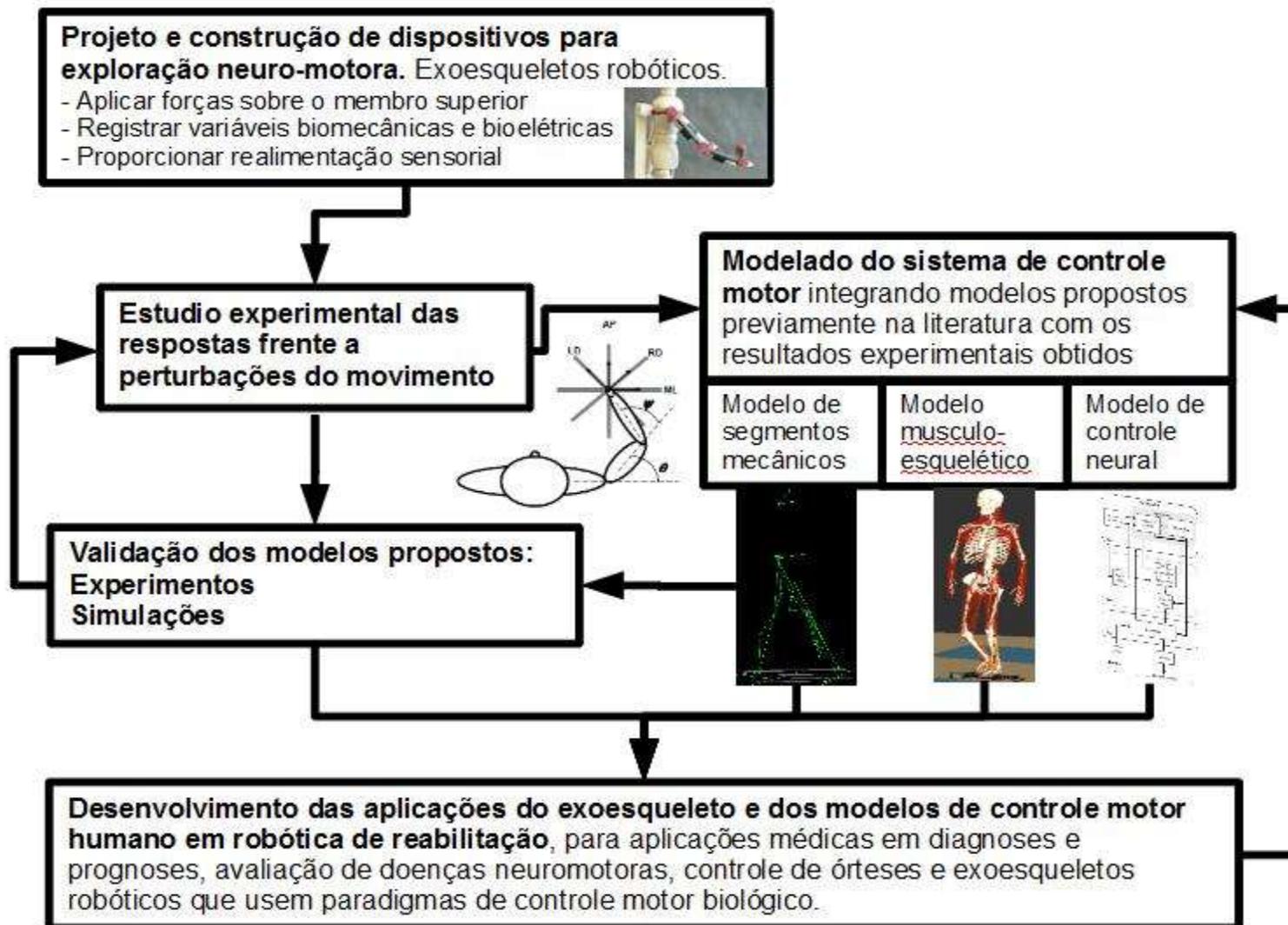
Biomecatrônica

- Como planejamos, codificamos e controlamos nossos movimentos?
- Como aplicar nosso conhecimento sobre o sistema motor humano para construir robôs ou exoesqueletos?
- Os modelos atuais de controle motor são limitados em sua capacidade de explicar fenômenos biológicos e em suas aplicações cibernéticas.
- Os objetivos da pesquisa:
 - Descobrir princípios
 - Definir novos modelosSobre o controle do movimento, considerando a variabilidade do movimento biológico e a sua estrutura hierárquica.



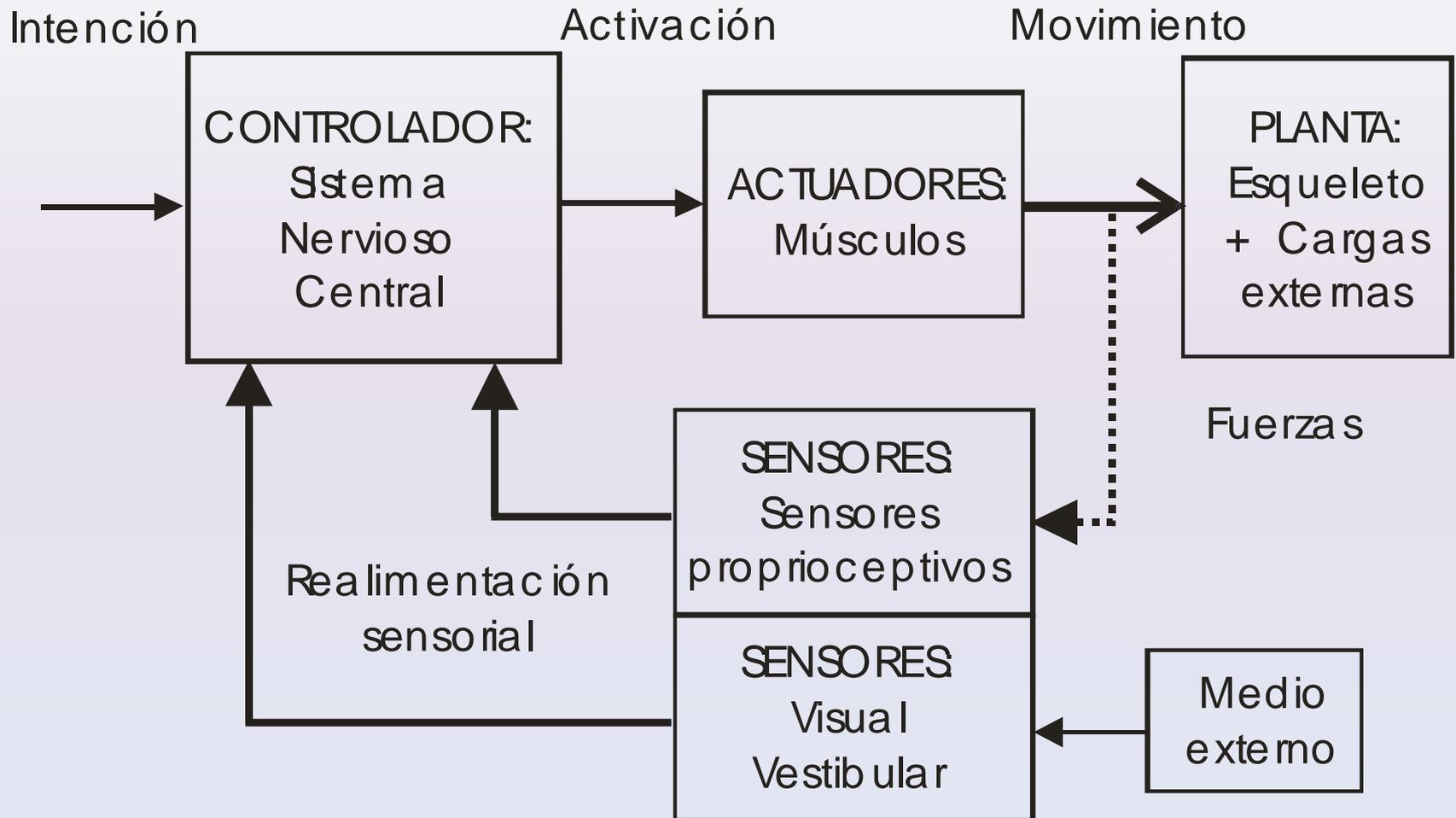
Biomecatrônica

- Gerar resultados úteis para o clínico. Os modelos de controle motor ajudam na avaliação da evolução da doença neuromuscular e aplicar a terapia mais efetiva.
- Utilização de aspectos do controle motor biológico úteis para a concepção de sistemas biomiméticos no domínio da engenharia de controle e robótica.
- Pesquisa básica para a otimização de ajudas técnicas para pessoas idosas e as deficientes, que são populações crescentes e com necessidades especiais na sociedade.



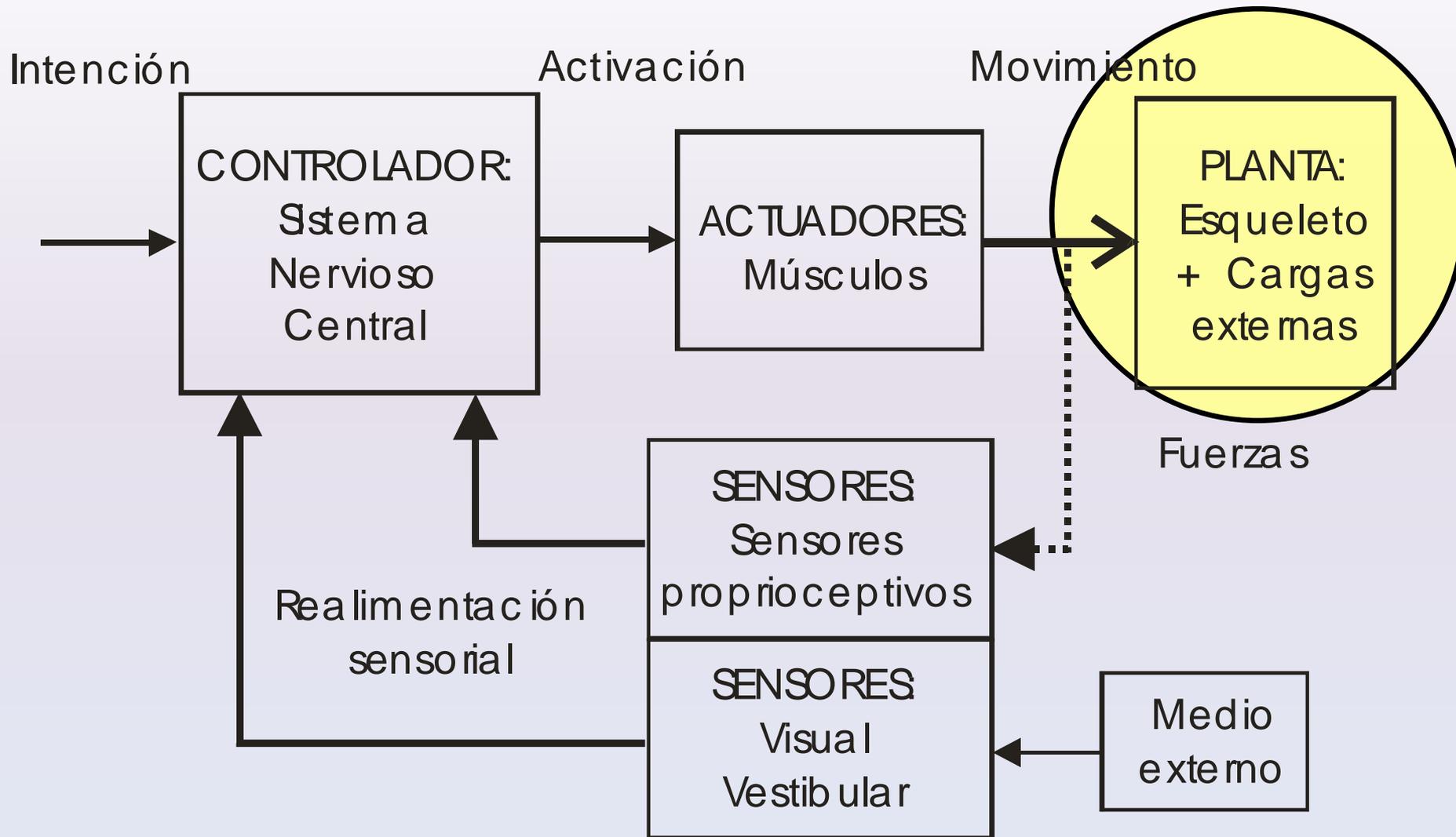


Sistema motor humano

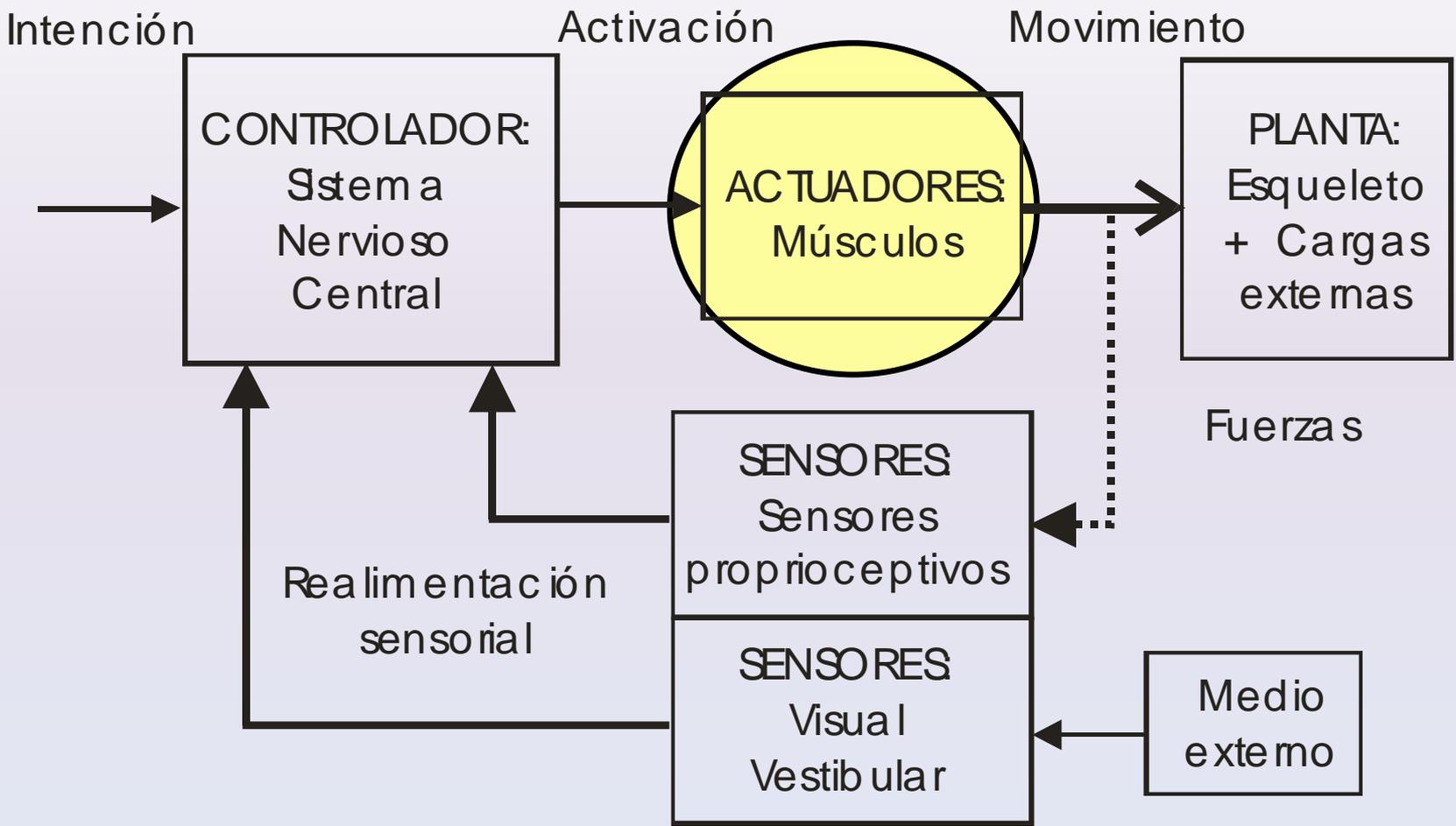




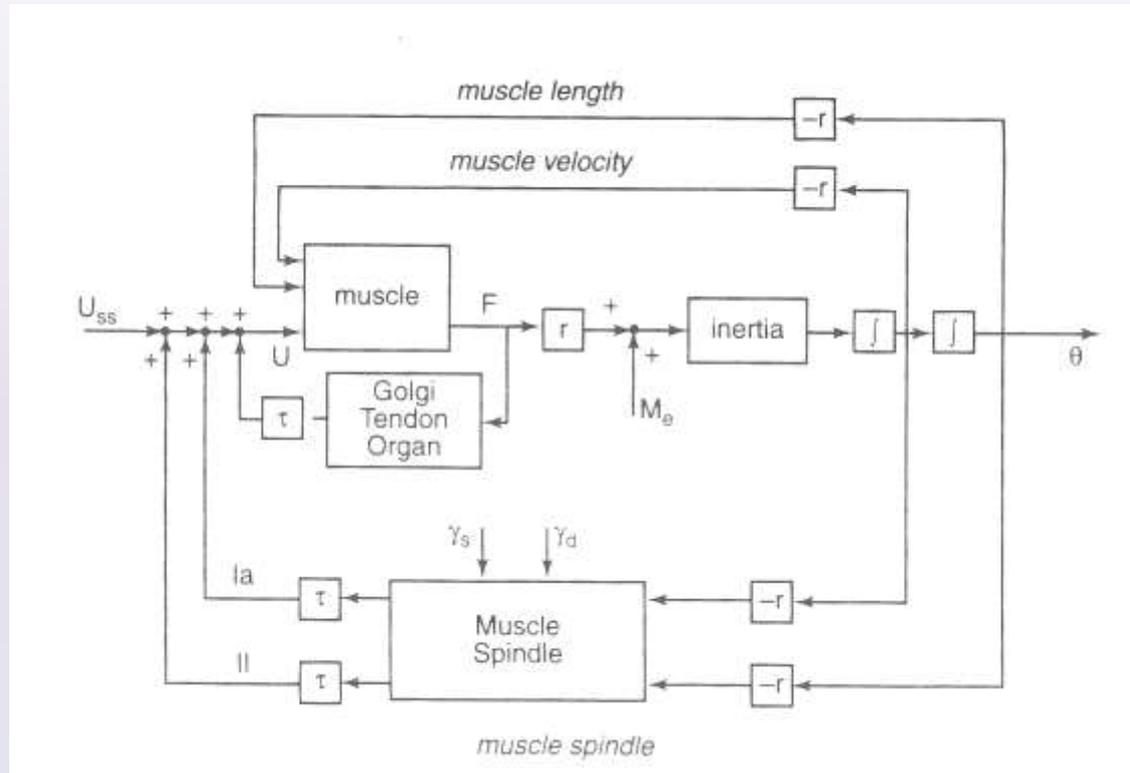
Biomecânica



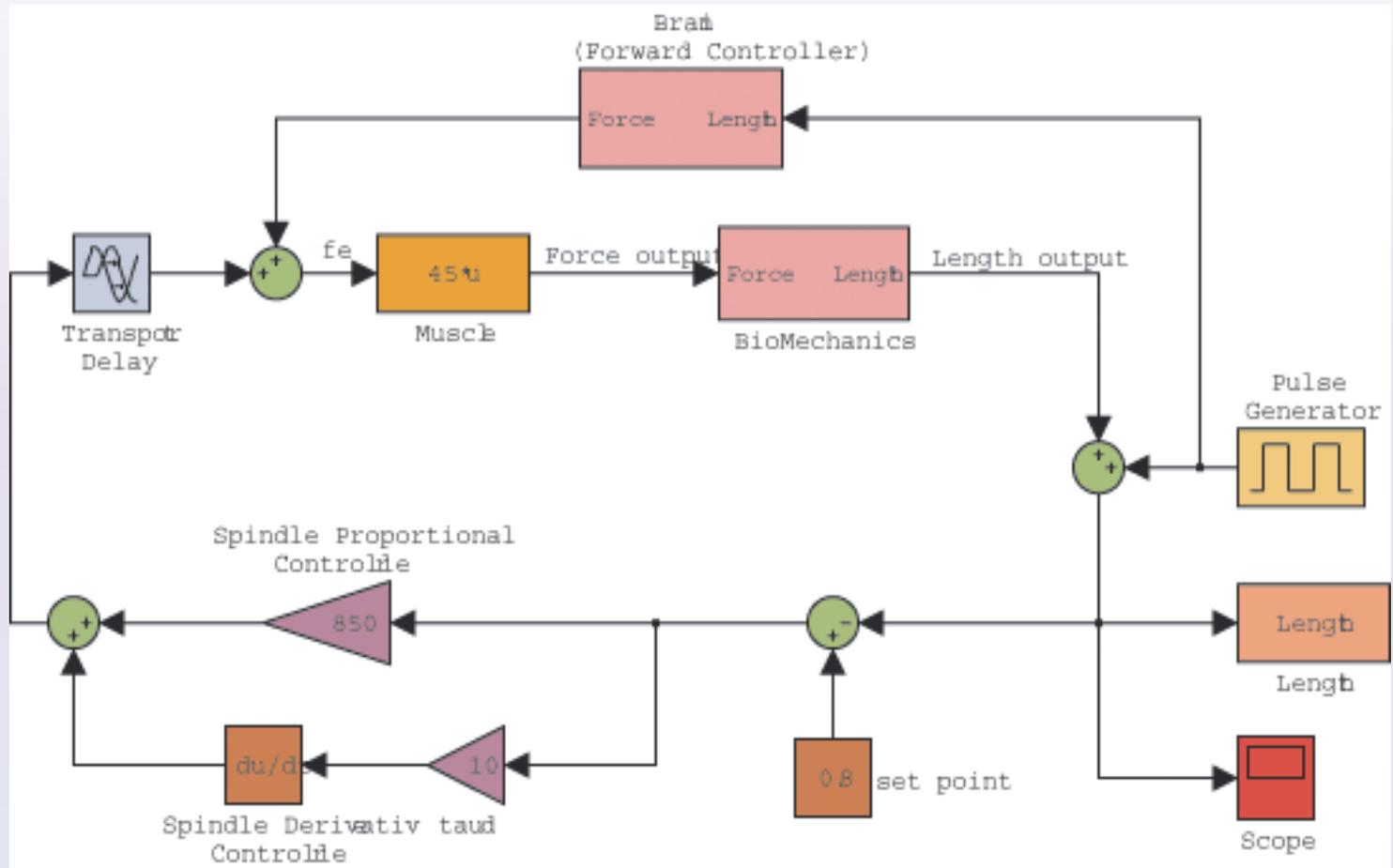
Sist. muscular: Biomecánica e Controle Motor



Modelo: músculo e reflexo miotático

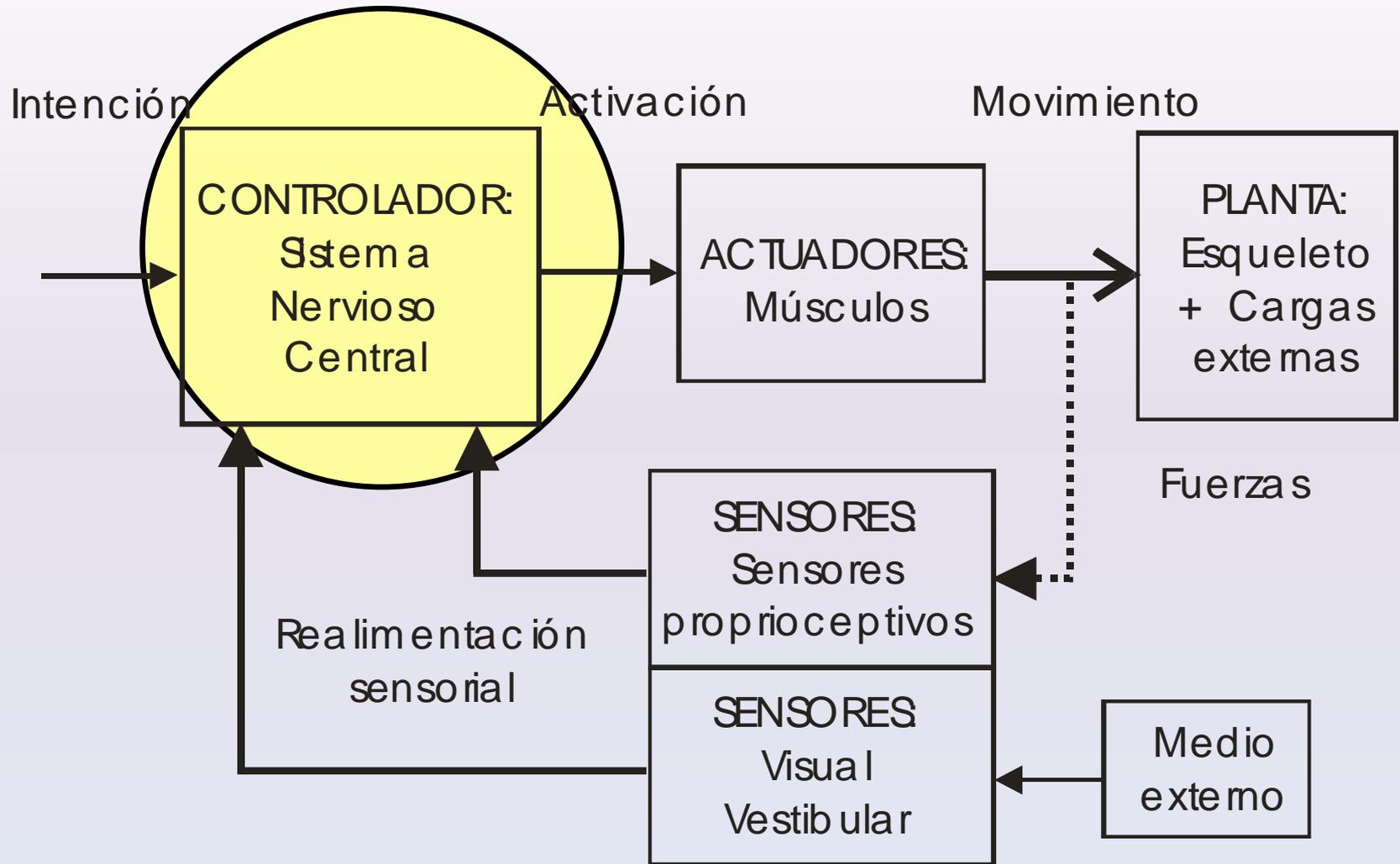


Van der Helm FCT, Rozendaal LA (2000). Musculoskeletal systems with intrinsic and proprioceptive feedback. In: Winters JM, Crago P (Eds), Neural control of posture and movement, Springer Verlag, NY, 164-174



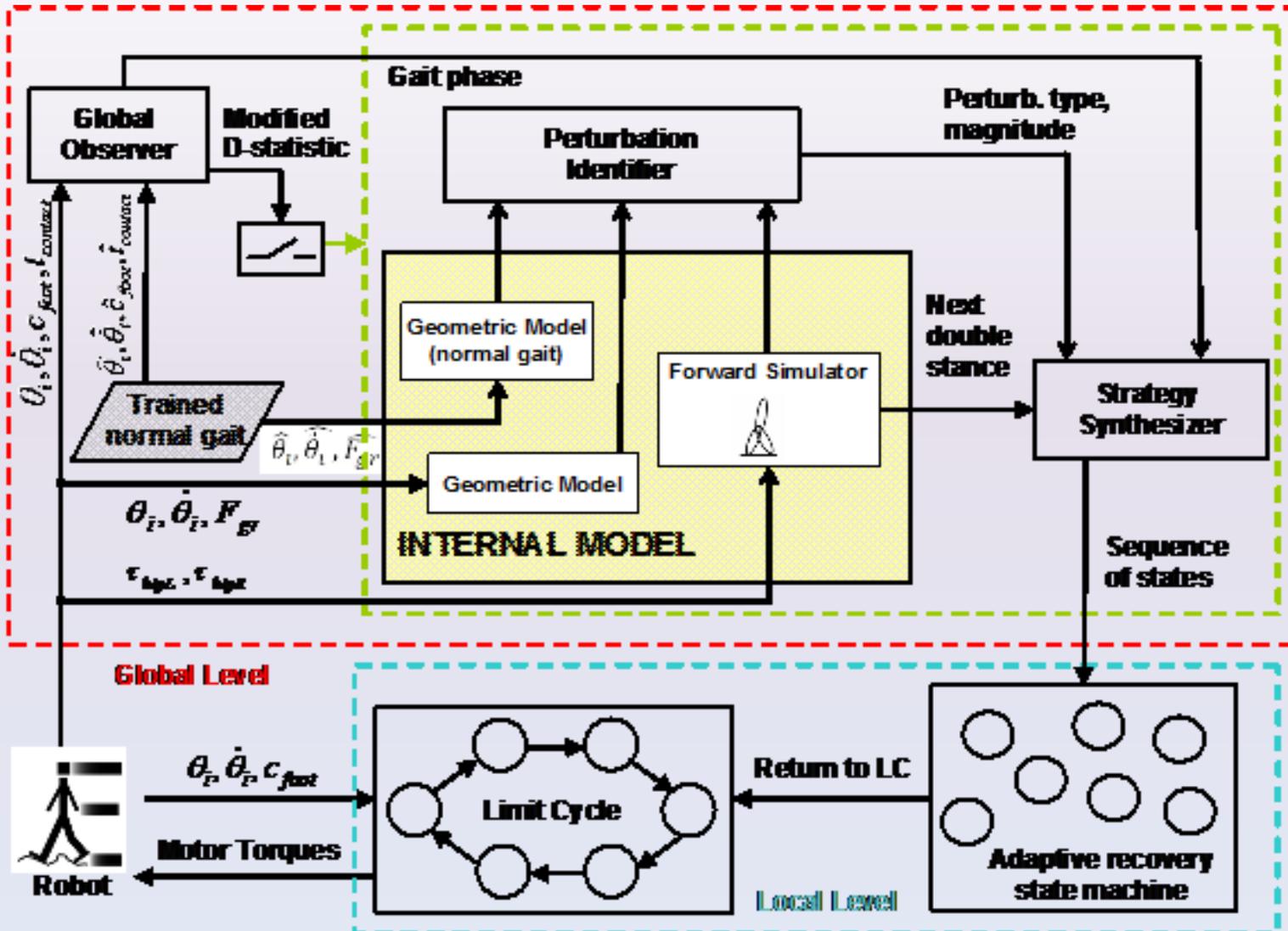


Controle motor humano



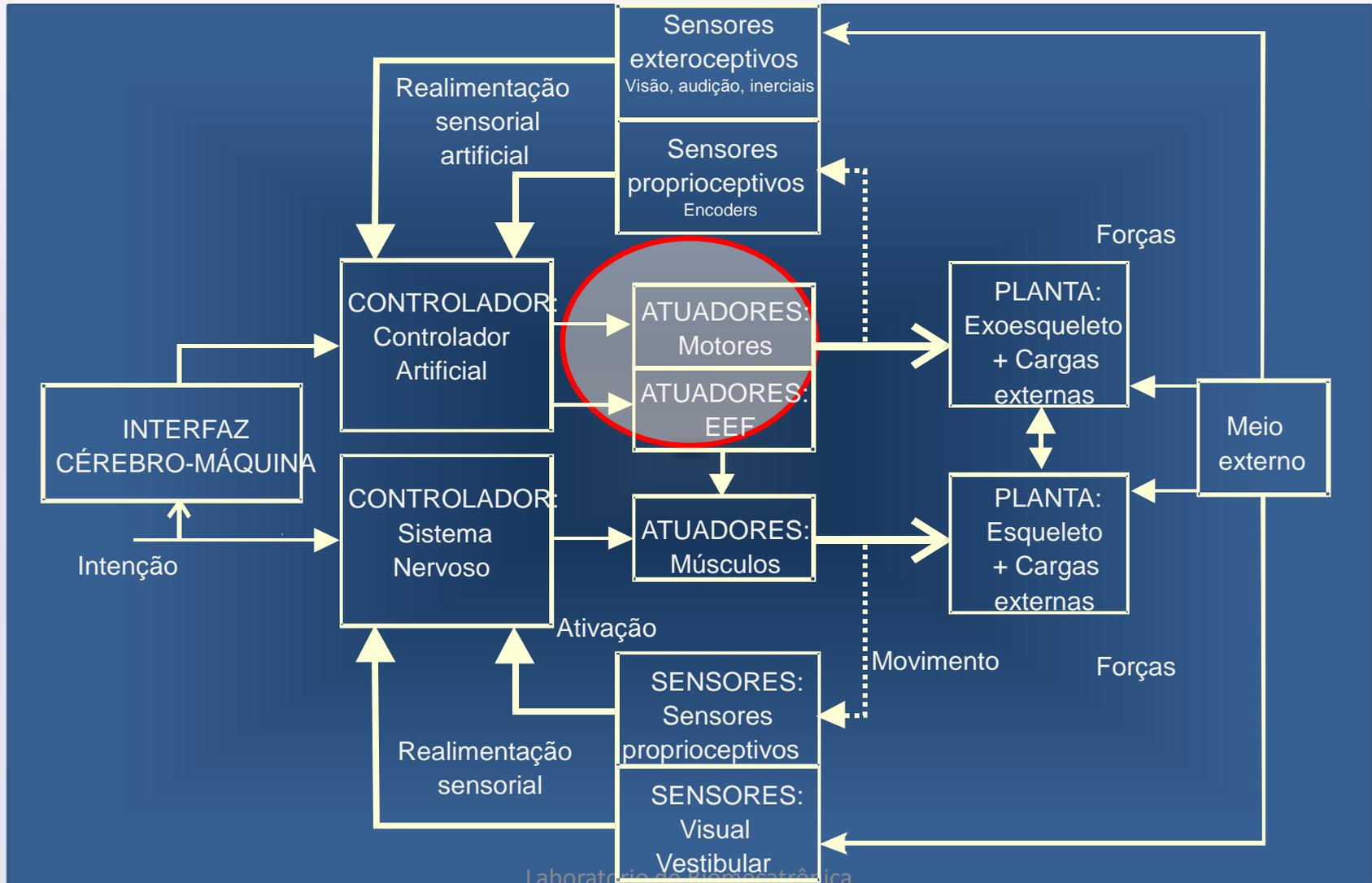


Arquitetura de controle ESBiRRobot





Sistema motor humano-robot





- **Biorrobótica**

Definições. Por qué Bio-Robótica?

Biomimetismo. Metodología de Projeto Biomimético

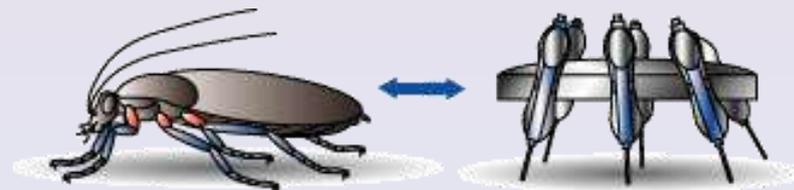
- **Sistema de controle motor biológico**

Controlador

Atuador

Planta

Sensores





Bio-Robótica

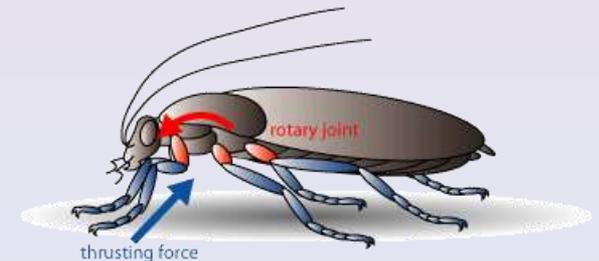
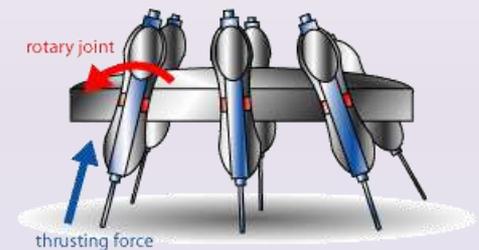
- Bio-Robótica: Robótica inspirada pelos e para os sistemas biológicos
- Robô: Máquina programável, capaz de manipular objetos e executar operações p.e. as realizadas só por pessoas ou animais.
- Um robô é um dispositivo bioinspirado:
 - seu objetivo é replicar a tarefa do modelo biológico...



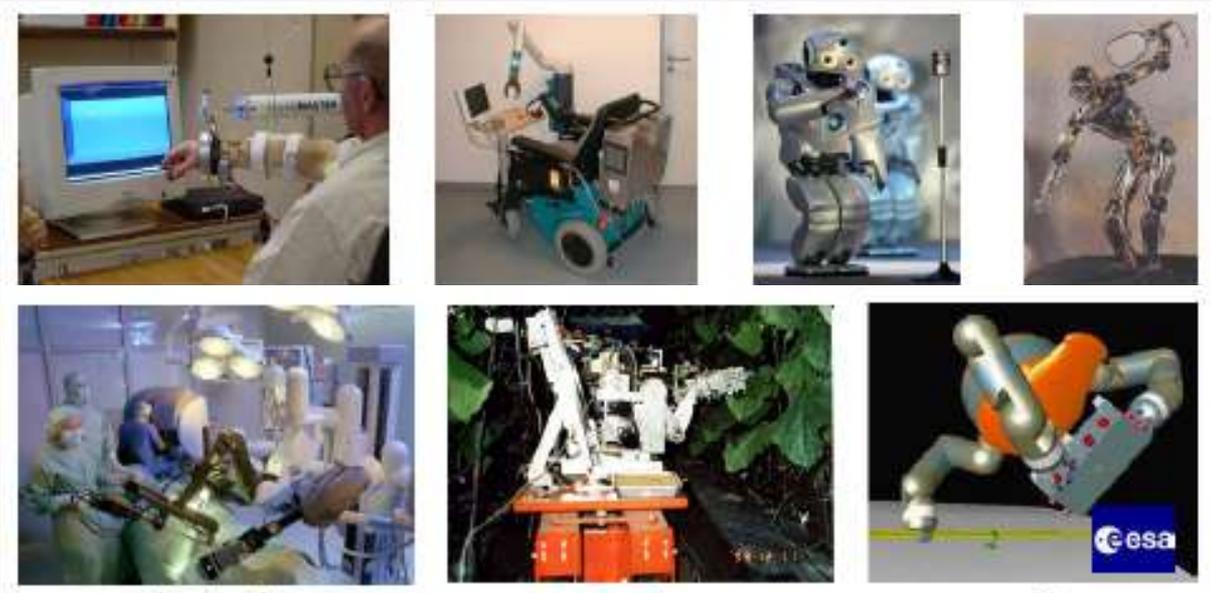
SnakeBot. NASA

Por que Bio-Robótica?

- Soluções ótimas
 - A Natureza oferece soluções ótimas que foram ensaiadas e melhoradas durante a evolução
 - Sistemas biológicos:
 - Entornos naturais e hosteis
 - Baixo consumo energético
 - Alta estabilidade
 - Capacidade de adaptação
 - Interacção robot-humano
 - Segurança e biocompatibilidade



Nova geração de robôs



Reabilitação, entretenimento, cirurgia, agricultura, aplicações espaciais



Nova geração de atuadores e sensores



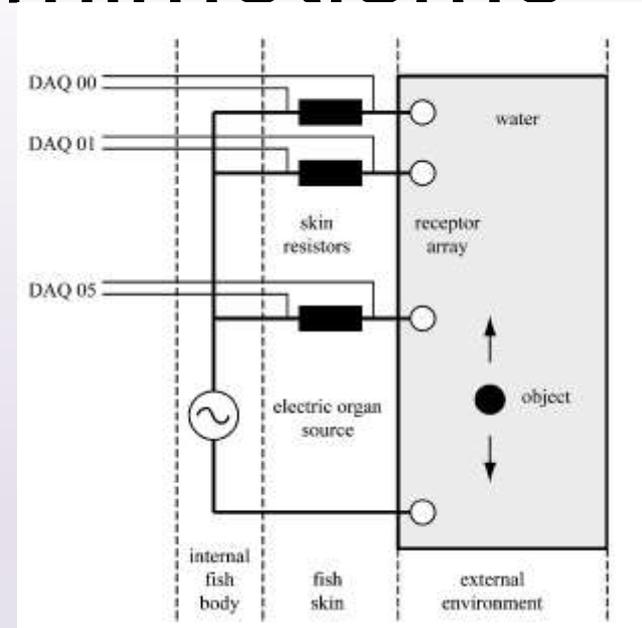
Biomimetismo

- A aproximação biomimética no desenvolvimento de dispositivos artificiais busca inspiração da Natureza para obter uma concepção otimizada ou melhorada dos mesmos.
- Exemplo clássico: Velcro (G. de Mestral)
 - sementes que grudam na roupa e no pêlo do cão

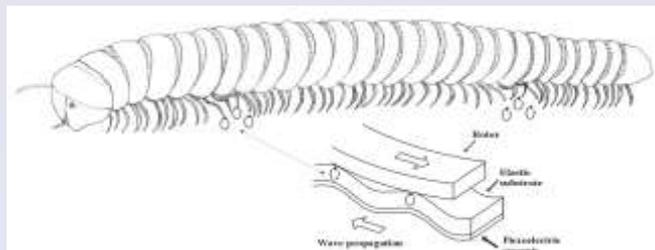
Exemplos de biomimetismo



SCORPION. Univ de Bremen



Peixe elétrico. Maciver&Nelson (2001) Autonomous Robots 11, 263–66



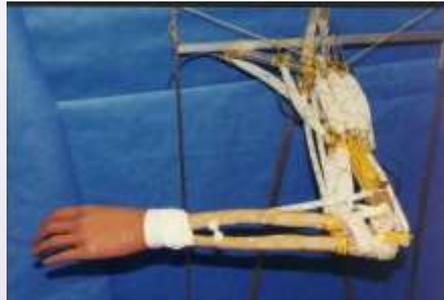
Movimento de un milípede: Motores ultrasónicos. (Pons, 2005. Emerging Actuator Technologies. Wiley.

Bio-Robotica



Sahabot

University of Zurich



Anthropoform arm

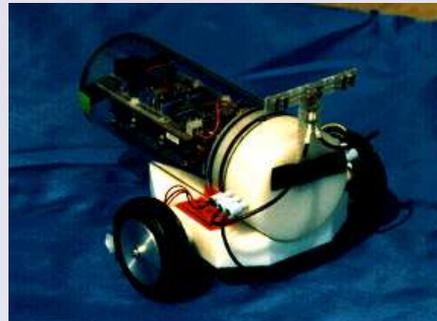
University of Washington



Genghis
MIT

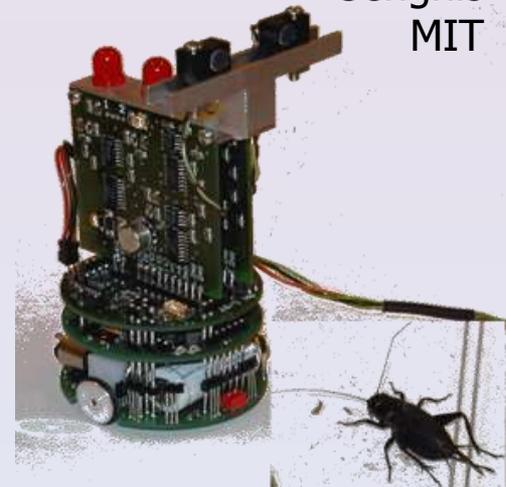


PALOMA platform
SSSA, Pisa



RoboLobster

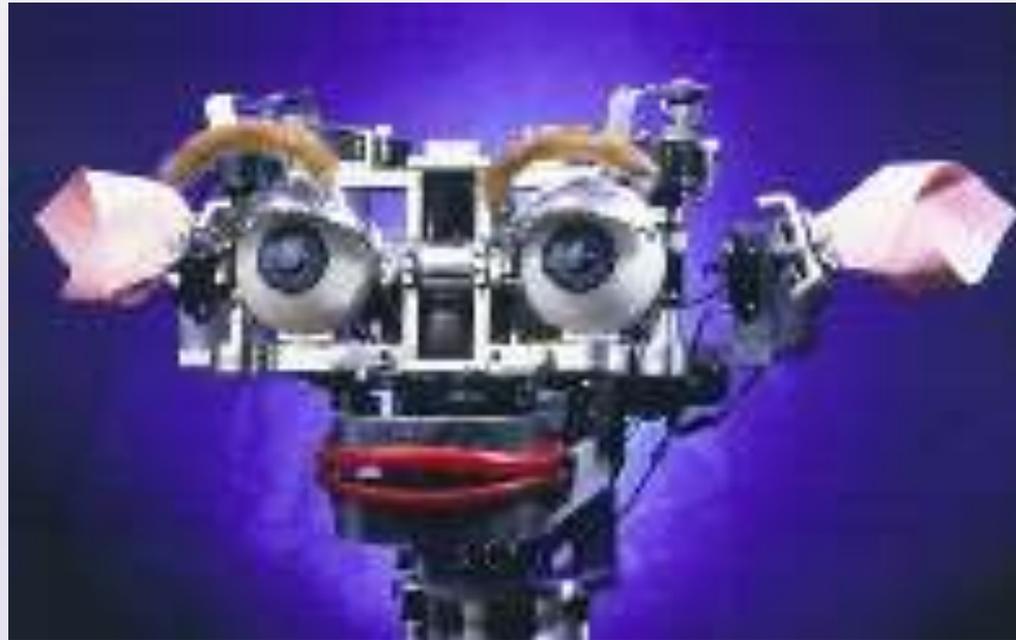
MIT/Boston University



Cricket robot

U. of Stirling – U. of Edinburgh

Expressão de emoções



Kismet, M.I.T. (imagen: P. Menzel)



Metodología de pesquisa: Biomimetismo \Leftrightarrow Robótica

- Observação
- Modelos conceituais
- Modelos matemáticos

– T^a Controle

- Simulação

- Construção física de modelos

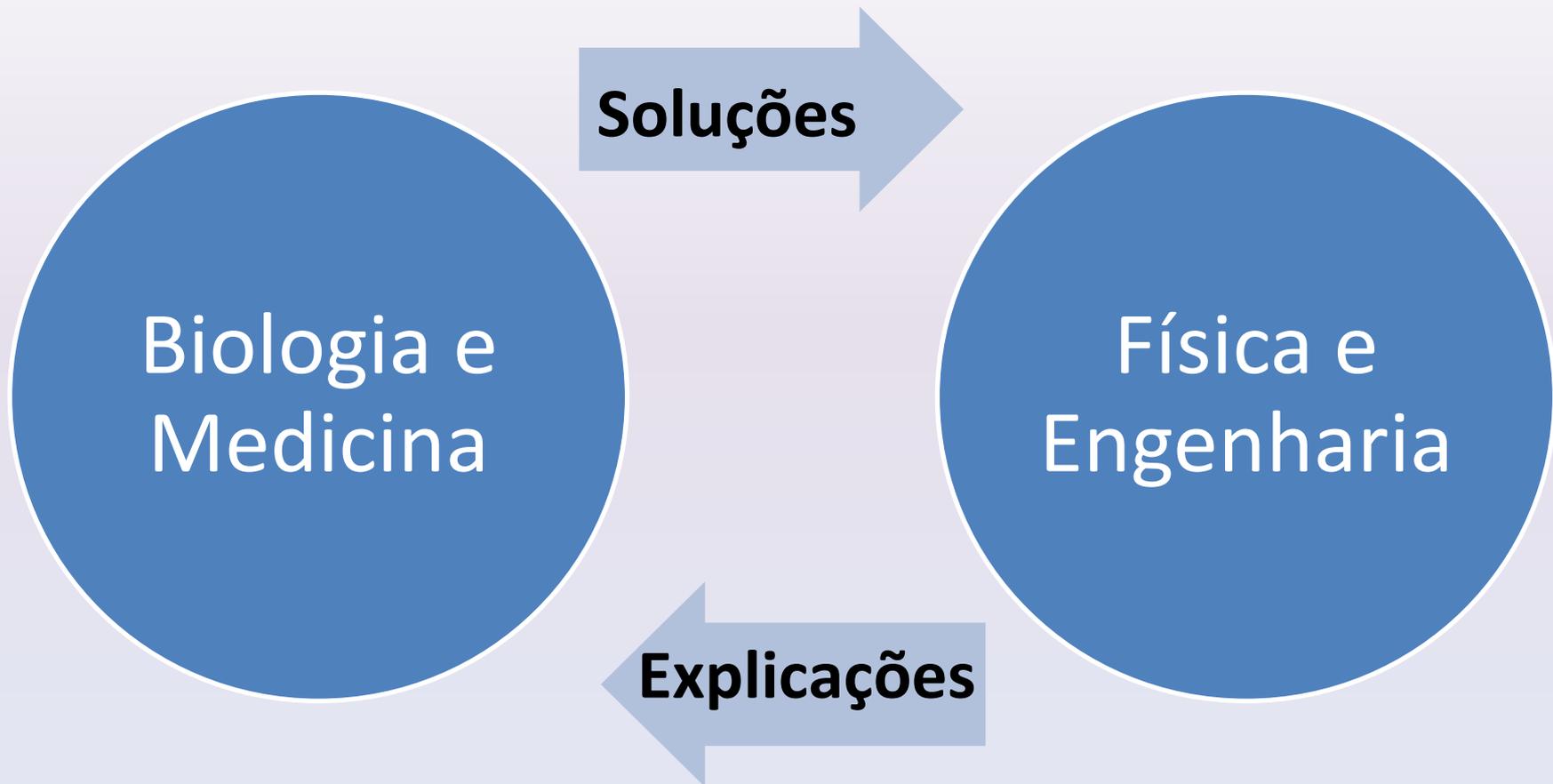
Mecanismos de controle motor biológico

Validação do modelo

Projeto de robôs



Metodologia de pesquisa: Biomimetismo ↔ Robótica





Exemplo

- ASIMO copia a marcha humana (video)



honestech

Robô ESBiRRo



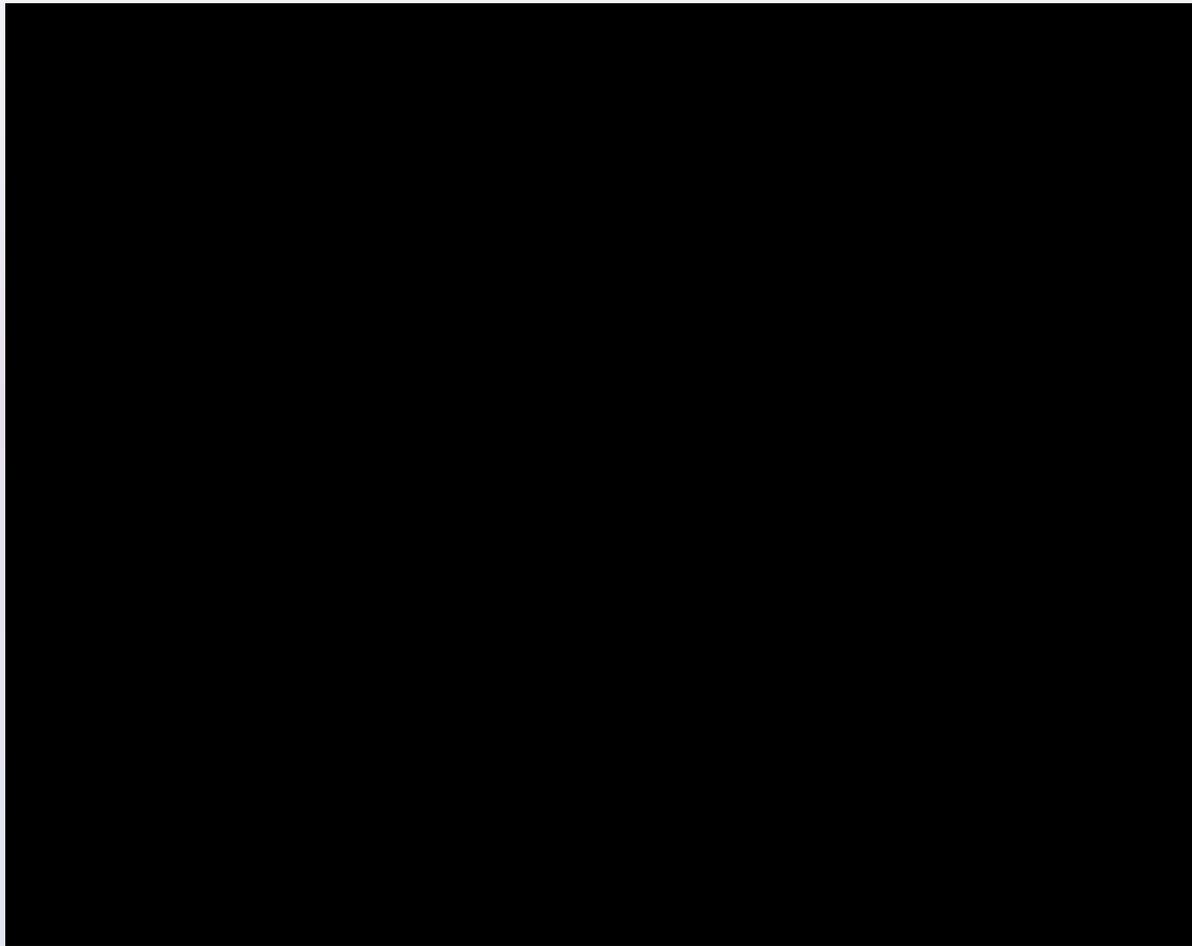


Utilidade: robôs que tropeçam como...





...como seres humanos





Fim da aula

Atê a próxima aula:

- Projeto:
 - Objetivos
 - Metodologia
 - Cronograma
- Pesquisa bibliográfica sobre seu tema de projeto:
 - Procedimento de busca
 - Numero de artigos
 - Restrições