

# Ciência Cognitiva e Robótica Humanóide: Uma visão sobre a literatura

Renato Suekichi Kuteken

Laboratório de Automação Industrial e Robótica  
Faculdade de Engenharia Mecânica, Universidade Estadual de Campinas  
rskuteken@gmail.com

**Resumo**—*O presente artigo tem como objetivo a revisão de alguns trabalhos disponíveis na literatura (em artigos e páginas da web) sobre o tema da robótica humanóide, identificando questões e métodos da Ciência Cognitiva abordadas durante a disciplina de Sistemas de Cognição Artificial. Inicialmente será feita uma breve introdução com uma definição sobre a robótica humanóide e os tipos de robôs observados durante o levantamento (classificados em função da morfologia). Nas seções seguintes serão descritos sucintamente os trabalhos vistos e por fim serão apontados os pontos abordados nos trabalhos que foram identificados como relevantes à Ciência Cognitiva.*

**Palavras-chave**—**Robôs humanóides, Robótica cognitiva, Ciência cognitiva**

## I. INTRODUÇÃO

O fascínio pela criação de um ser artificial semelhante a si mesmo acompanha a humanidade desde muito tempo. Um exemplo disso foi o cavaleiro mecânico de Leonardo da Vinci. Em torno de 1495, da Vinci criou esboços de um corpo mecânico na forma de uma armadura medieval, constituído de engrenagens e polias capaz de mover braços e pernas de maneira realista. Estes esboços foram implementados e provados funcionais em 1996, por Mark Rosheim. (<http://history-computer.com/Dreamers/LeonardoAutomata.html>, acessado em 21/12/2014)

Outro exemplo do nosso fascínio pela criação de um ser humano artificial é o Turco Mecânico, um automata desenvolvido por Wolfgang von Kempelen em 1770. O Turco foi um avatar robótico enxadrista, operado por um anão ou um jogador que pudesse se ocultar entre suas engrenagens e compartimentos, destinado a iludir uma platéia fazendo-a acreditar que era uma máquina que jogava sem intervenção humana (ou seja, supostamente dotada de características cognitivas que permitissem uma interação autônoma com o mundo). Fez muito sucesso nas cortes, chegando inclusive a jogar contra oponentes como Benjamin Franklin e Napoleão Bonaparte. (<http://www.18thcenturycommon.org/the-turk-and-automata-of-the-18th-century/>, acessado em 21/12/2014)

A robótica humanóide atual não apenas satisfaz a este fascínio antigo como também se presta a papéis muito mais interessantes como a execução de tarefas reais e o estudo de

mecanismos físicos e mentais inerentes aos seres humanos. (<http://www.humanoid-robotics.org/>, acessado em 21/12/2014). Segundo o dicionário Michaelis Online (<http://michaelis.uol.com.br/moderno/portugues>), o robô é um “aparelho automático, com aspecto de boneco, capaz de executar diferentes tarefas, inclusive algumas geralmente feitas pelo homem”, enquanto que o adjetivo humanóide implica aquele “que tem caracteres humanos, que é semelhante ao homem”. Sendo assim, o robô humanóide pode ser definido como um aparelho automático com aspecto e características humanas.

Neste trabalho foram vistos robôs humanóides de diferentes morfologias, classificados aqui como cabeça, torso, bípede e andróide/ginóide. Trabalhos na categoria cabeça são os que focam apenas no estudo e desenvolvimento da cabeça do robô. Isto não implica que o robô não tenha um corpo, apenas significa que o trabalho em questão não se importa com o restante do corpo. Trabalhos na categoria torso são os que contemplam um robô com cabeça, tronco e membros superiores mas sem os membros inferiores, sendo fixos no lugar ou acoplados a bases com rodas e esteiras. Robôs estudados na categoria bípedes são os que possuem um corpo inteiro análogo ao humano, com cabeça, tronco, membros superiores e inferiores. Por fim, na categoria andróides estão os trabalhos que contemplam robôs que se propõem a replicar o ser humano não só no funcionamento de seu corpo como também em sua aparência.

## II. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA: CABEÇA

### A. Artigo: *Microsoft Kinect to Model the Environment of an Anthropomimetic Robot*

O artigo Microsoft Kinect to Model the Environment of an Anthropomimetic Robot (Devereux et al, 2001) trata do desenvolvimento da visão robótica do robô ECCE. O estudo propõe o uso do hardware Microsoft Kinect na cabeça do robô. Este hardware funciona a partir da projeção e captura da posição de uma matriz de pontos infra-vermelho para realizar o mapeamento 3D do ambiente a partir das distorções observadas na projeção. Neste trabalho, inicialmente é feita uma modelagem do robô torso ECCE para então ser feita uma simulação de sua interação com um ambiente virtual. Após feita esta simulação, o programa é carregado no robô físico, que utiliza o Kinect para mapear o ambiente com o qual

pretende interagir.

### III. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA: TORSO

#### A. Artigo: *Functional Embodied Imagination and Episodic Memory*

O artigo *Functional Embodied Imagination and Episodic Memory* (Holland e Marques, 2009) propõe a implementação de imaginação artificial no robô torso ECCE. Define o conceito de Imaginação Funcional como um “mecanismo que permite a um agente simular suas ações e comportamentos, prever as consequências (...) e ampliar a recompensa ou utilidade obtidas”.

Segundo este artigo, são cinco as condições necessárias e suficientes para a implementação de uma imaginação funcional:

- **Representação de estados sensoriais alternativos:** refere-se ao conjunto de estados sensoriais variáveis do agente em um dado momento;
- **Predição baseada em estados sensoriais:** refere-se à capacidade do agente de prever as consequências de suas ações por meio dos estados sensoriais. Pode ser implementada como um forward model que visa prever o próximo estado do sistema ou como uma simulação passo a passo de um modelo de si mesmo atuando sobre um mundo simulado;
- **Objetivos:** são necessários para direcionar a execução de um comportamento;
- **Avaliação:** refere-se à capacidade de avaliar, ao fim de uma simulação, se os objetivos seriam ou não atingidos com uma dada sequência de ações;
- **Seleção de ação:** refere-se a capacidade de escolher entre diversos comportamentos possíveis frente a uma situação.

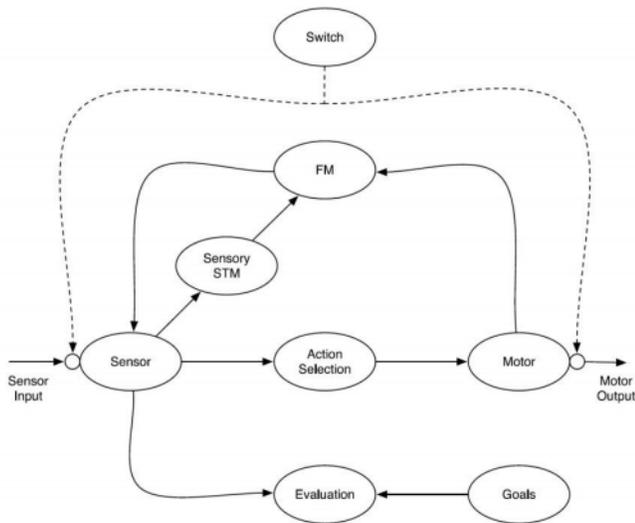


Fig. 1. Arquitetura mínima para a imaginação funcional (Owen Holland e Hugo Gravato Marques, 2009).

O nome ECCE Robot significa Embodied Cognition in a Compliantly Engineered Robot. Trata-se de um robô torso

cujo corpo se caracteriza pela biomimese da morfologia do corpo humano, com esqueleto similar ao humano e com acionamento por meio de tendões complacentes, posicionados de modo similar aos grupos musculares do corpo humano. Possui também um controle distribuído em microprocessadores pelo corpo, em um caso de mimetismo da estrutura nervosa humana.

#### B. Página da Web: *Baxter with Intera 3*

Baxter é um robô torso direcionado ao uso na indústria. Desenvolvido pela Rethink Robotics, empresa fundada por Rodney Brooks, Baxter possui programação por meio de treinamento manual, o que facilita a operação por parte dos funcionários e dispensa a necessidade por programadores especializados. Também possui sensores de pressão que ajustam a força aplicada em função da sensação de toque proporcionada pelo material que manuseiam, capacidade de detecção de presença humana e possui atuadores complacentes, o que o torna mais seguro para operar próximo a seres humanos. (<http://www.rethinkrobotics.com/baxter>, acessado em 08/12/2014).

#### C. Artigo: *Collaborating with Humanoid Robots in Space*

No artigo *Collaborating with Humanoid Robots in Space* (Sofge et al), é tratada a implementação de uma linguagem natural dotada de compreensão de palavras e gestos. Para isso, foram utilizadas duas arquiteturas cognitivas: o ACT-R para a criação dos modelos de tarefas cognitivas para o robô e o Polyscheme, para dotar o agente da capacidade de raciocínio espacial, temporal e físico.

O robô utilizado neste projeto é o humanoíde torso da NASA, Robonaut. O Robonaut é um robô torso dotado de braços e mãos antropomórficas para possibilitar o manuseio de ferramentas e ambientes projetados para seres humanos, dispensando assim a necessidade de se projetar ferramentas específicas para acoplamento com os manipuladores do robô. Este robô foi submetido pela NASA ao Darpa Robotics Challenge, que visa o desenvolvimento de robôs dedicados a operações humanitárias e de resgate.

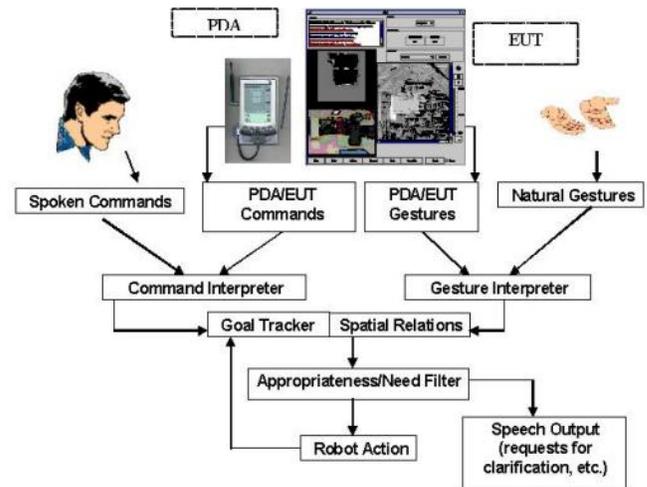


Fig. 2. Interface multimodal para colaboração humano-robô (Sofge et al).

O artigo demonstra seus resultados por meio de um experimento onde duas chaves de parafuso são colocadas

sobre uma mesa. Do ponto de vista de um operador humano, somente uma das chaves é visível (a outra estaria atrás de um obstáculo), enquanto que do robô, ambas são visíveis. O operador então requisita ao Robonaut que lhe entregue a chave. O Robonaut precisa resolver esta ambiguidade por meio da compreensão do ponto de vista do operador ou seja, o que ele pode ou não pode ver. Para isto, ele se utiliza de dois canais de comunicação: a interpretação de gestos e a interpretação de palavras.

#### IV. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA: BÍPEDE

##### A. Artigo: *Biped Dynamic Walking Using Reinforcement Learning (1997)*

O artigo *Biped Dynamic Walking Using Reinforcement Learning* (Benbrahim e Franklin, 1997) descreve uma técnica de controle neural para a execução de marcha em um robô bípede. Se utiliza de uma rede neural baseada no funcionamento do cerebelo (Cerebellar Model Articulation Controller ou CMAC) e implementa controles paralelos e ponderação da saída em função de aprendizado por castigos e recompensas. Nesta estratégia, controladores dedicados a tratamento de casos particulares da marcha (como desviar de um obstáculo e recuperar o equilíbrio) são executados paralelamente ao controlador da marcha sem perturbações. Quando uma destas situações particulares da marcha ocorre, o controlador dedicado a este caso ganha mais peso na composição da saída.

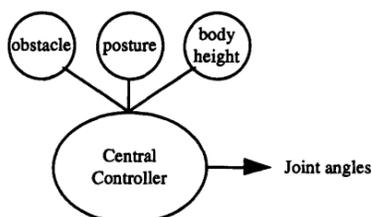


Fig. 3. Arquitetura (Hamid Benbrahim e Judy A. Franklin, 1997).

##### B. Artigo: *Learning from Demonstration and Adaptation of Biped Locomotion (2004)*

O artigo *Learning from Demonstration and Adaptation of Biped Locomotion* (Nakanishi et al, 2004) possui inspiração nos Central Pattern Generators (CPGs). Central Pattern Generators são conjuntos neuronais organizados na medula espinhal e dedicados ao controle fino de funções motoras. O texto trabalha a idéia de um ajuste fino de parâmetros da marcha a partir de um padrão inicial geral de movimentos.

##### C. Artigo: *Neural Locomotion Controller Design and Implementation for Humanoid Robot HOAP-1 (2002)*

O artigo *Neural Locomotion Controller Design and Implementation for Humanoid Robot HOAP-1* (Shan e Nagashima, 2002) também aplica o conceito de CPGs ao controle neural para a geração de movimento de marcha. Neste estudo, um CPG artificial é construído por combinações de grupos neurais (chamados de CPG sub-circuito). Cada grupo neural é responsável por um tipo de movimento

simples. A combinação ponderada destes movimentos simples gera um movimento mais complexo, permitindo a construção de um repertório variado de ações como andar e subir escadas a partir da mesma biblioteca de movimentos.

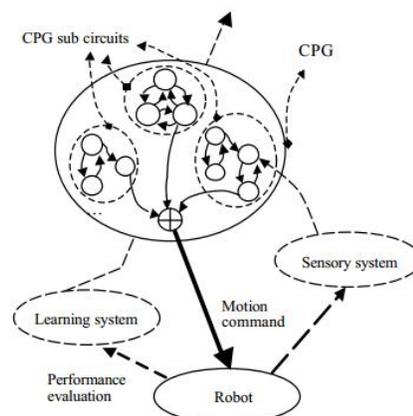


Fig. 4. Mecanismo de controle neural com o uso de CPG (Jiang Shan e Fumio Nagashima, 2002).

##### D. Artigo: *A New Paradigm of Humanoid Robot Motion Programming Based on Touch Interpretation (2009)*

O artigo *A New Paradigm of Humanoid Robot Motion Programming Based on Touch Interpretation* (Libera et al, 2009) propõe uma técnica de comunicação entre um operador e um robô humanoíde bípede, em que o aprendizado de um movimento é realizado por meio da interpretação do toque no corpo robô. O robô inicialmente não possui um repertório de interpretação dos toques e vai construindo sua biblioteca ao longo dos treinos. O aprendizado é supervisionado, de modo que, quando os toques não são compreendidos pelo robô, o significado deve ser informado pelo usuário por meio de um canal de comunicação secundário.

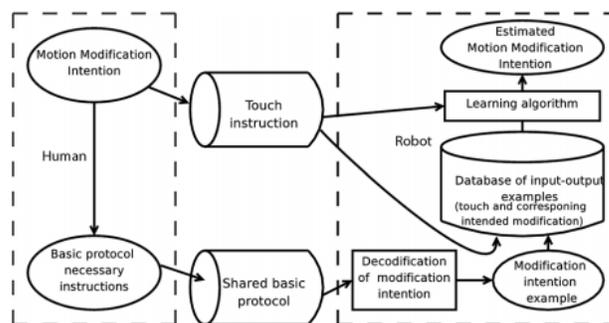


Fig. 5. Protocolo de aprendizado (Libera F. D. et al, 2009).

##### E. Artigo: *Cognitive Decision Unit Applied to Autonomous Biped Robot NAO (2011)*

O artigo *Cognitive Decision Unit Applied to Autonomous Biped Robot NAO* (Deutsch et al, 2011) fala sobre a implementação de uma arquitetura cognitiva inspirada na Psicanálise. Nesta arquitetura estão presentes blocos cujas funções correspondem às três estruturas do aparelho mental de Freud: Id, Ego e Superego. Os blocos pertencentes ao Id são responsáveis pelo equilíbrio homeostático do corpo (como a necessidade de energia, por exemplo), blocos pertencentes ao

Superego são responsáveis pela manutenção das regras sociais (que o levam a interagir com as pessoas) e os blocos pertencentes ao Ego são os que de fato contém a o mecanismo da cognição e mediam entre as necessidades sociais e as necessidades físicas.

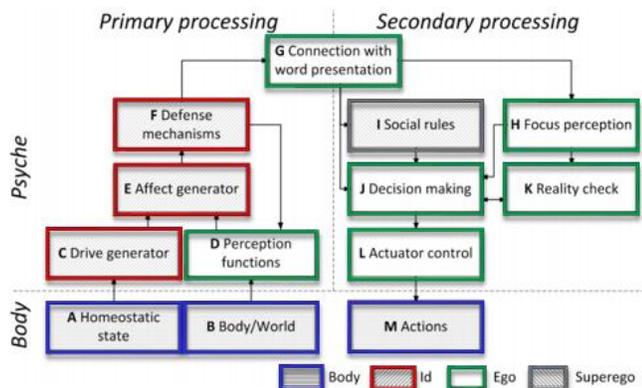


Fig. 6. Arquitetura inspirada na psicanálise (Deutsch *et al.*, 2011).

O robô em questão neste estudo é o humanóide bípede NAO. O NAO possui 25 graus de liberdade e controle dividido em alto nível e baixo nível. O controle de baixo nível está localizado no corpo do robô e é responsável pela aquisição de sinais dos sensores e envio de comandos aos atuadores. O controle de alto nível está localizado na cabeça e executa o Linux.

#### F. Artigo: Motion Entertainment by a Small Humanoid Robot (2001)

O artigo Motion Entertainment by a Small Humanoid Robot (Ishida *et al.*, 2001) fala sobre as características do robô de entretenimento SDR-3x (Sony Dream Robot). Este robô de 24 graus de liberdade foi lançado em 2000 e foi o precursor do QRIO. Tanto o SDR-3x, quanto o Qrio e o Aibo foram robôs de entretenimento da sony que se utilizavam de uma plataforma denominada arquitetura OPEN-R, que conferia modularidade de hardware e software ao permitir que o robô tivesse sua morfologia e comportamentos modificados facilmente.

Outros robôs de entretenimento da linha Sony incluem o SDR-4x (2002), que era capaz de reconhecer sons, o SDR-4xII (2003), que era mais robusto e se comunicava melhor, e finalmente o QRIO (Quest for cuRIOsity), que existiu de 2003 a 2006 (descontinuado graças a um corte de gastos) e era capaz de andar, pular e correr, sendo o primeiro robô humanóide do mundo capaz de correr. (<http://www.sony.net/SonyInfo/CorporateInfo/History/sonyhistory-j.html>, acessado em 08/12/2014).

#### G. Artigo: iCub: The Open Humanoid Robot Designed for Learning and Developing Complex Cognitive Tasks Programming Based on Touch Interpretation (2009)

O artigo iCub: The Open Humanoid Robot Designed for Learning and Developing Complex Cognitive Tasks (Sandini, Vernon e Nori) fala sobre as características do humanóide bípede iCub. O iCub possui as dimensões de um bebê humano e tem como objetivo o estudo da manipulação como uma tarefa cognitiva complexa. Trata-se de uma plataforma open

source que se utiliza do middleware YARP (Yet Another Robot Platform). O YARP provê uma interface de integração de componentes diversos, facilitando a evolução da corporificação por meio da inclusão de novos módulos e da modificação do robô e seu controle.

#### H. Artigo: The Road Less Travelled: Morphology in the Optimization of Biped Robot Locomotion (2001)

O artigo The Road Less Travelled: Morphology in the Optimization of Biped Robot Locomotion (Bongard e Paul, 2001) trata do co-evolucionismo da corporificação e do controle do agente. Este trabalho propõe a inclusão de parâmetros morfológicos do robô, juntamente com parâmetros de controle, em um algoritmo de otimização evolutiva. A exemplo disso, é demonstrada a otimização da distribuição da massa nas pernas de um robô humanóide bípede, juntamente com o refinamento de seu controle.

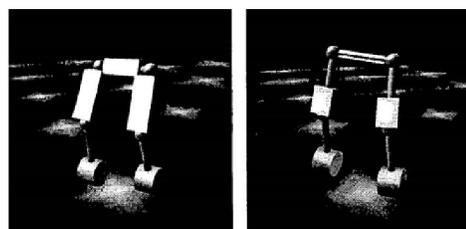


Fig. 7. Variação da distribuição de massa nas pernas do bipede simulado. (Chandana Paul e Josh C. Bongard, 2001).

## V. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA: ANDRÓIDE/GINÓIDE

#### A. Artigo: The Uncanny Advantage of Using Androids in Cognitive and Social Science Research (2006)

O artigo The Uncanny Advantage of Using Androids in Cognitive and Social Science Research (MacDorman e Ishiguro, 2006) trata da questão da aceitação de andróides e ginóides, robôs humanóides destinados a se parecerem fisicamente com seres humanos.

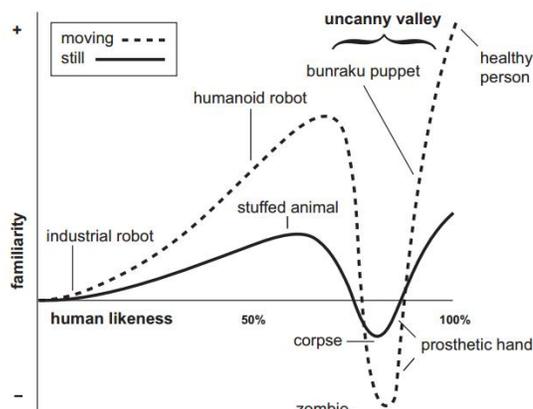


Fig. 8. A relação entre a similaridade humana e a sensação de familiaridade (Masahiro Mori, 1970).

O trabalho menciona o fenômeno do 'Vale Misterioso' observado por Masahiro Mori em 1970 e faz um levantamento com voluntários quanto a sensação de familiaridade/desconforto causada pela similaridade humana

do robô. O 'Vale Misterioso' é um fenômeno caracterizado pelo aumento da sensação de familiaridade em função do aumento da similaridade humana até um certo ponto em que esta sensação de familiaridade cai repentinamente e olhar para o andróide se torna um processo desconfortável. Aumentando ainda mais a similaridade humana, a sensação de desconforto torna a diminuir.

## VI. CONCLUSÃO

Este artigo proporcionou um melhor panorama sobre a área da robótica humanóide, apresentando exemplos de como esta área pode ser relacionada com a cognição artificial, se beneficiando desta ciência e também auxiliando-a em seu crescimento.

### A. Ligações com a Ciência Cognitiva

Nos artigos pesquisados foram observadas várias das questões abordadas na Ciência Cognitiva. Entre estas questões temos:

- A capacidade de mapeamento e simulação interna do mundo externo por parte dos robôs ECCE (Holland e Marques, 2009) e Robonaut (Sofge et al);
- O estudo do aprendizado e controle motor nos artigos Biped Dynamic Walking Using Reinforcement Learning (Benbrahim e Franklin, 1997), Learning from Demonstration and Adaptation of Biped Locomotion (Nakanishi et al, 2004), Neural Locomotion Controller Design and Implementation for Humanoid Robot HOAP-1 (Shan e Nagashima, 2002) e A New Paradigm of Humanoid Robot Motion Programming Based on Touch Interpretation (Libera et al, 2009);
- O uso de estados internos e arquitetura cognitiva bioinspirada (baseada na psicanálise) com o robô NAO (Deutsch et al, 2011);
- A possibilidade de coevolução na plataforma aberta iCub/YARP (Sandini, Vernon e Nori) e a implementação de um método coevolutivo no artigo The Road Less Travelled: Morphology in the Optimization of Biped Robot Locomotion (Bongard e Paul, 2001);
- A mimetização fiel da morfologia humana observada no robô ECCE;
- A capacidade de execução de tarefas do Robonaut;
- A capacidade de comunicação dos robôs de entretenimento da Sony;
- A possível aceitação (ou repulsa) aos robôs entre os seres humanos, apresentada no artigo The Uncanny Advantage of Using Androids in Cognitive and Social Science Research (MacDorman e Ishiguro, 2006).

### B. Questões da Ciência Cognitiva não vistos no levantamento

Alguns assuntos que não foram abordados ou não foram encontrados neste levantamento da literatura são as emoções

(entendimento, expressão e emulação) e a questão da navegação autônoma, presente nos robôs móveis de um modo geral.

## REFERÊNCIAS

- [1] Benbrahim H.; Franklin J. A. - Biped Dynamic Walking Using Reinforcement Learning (1997)
- [2] Sandini G. M. G.; Vernon D.; Nori L. N. F. - iCub: The Open Humanoid Robot Designed for Learning and Developing Complex Cognitive Tasks
- [3]Deutsch T.; Muchitsch C.; Zeilinger H.; Bader M.; Vincze M.; Lang R. - Cognitive Decision Unit Applied to Autonomous Biped Robot NAO (2011)
- [4]Bongard J. C.; Paul C. - The Road Less Travelled: Morphology in the Optimization of Biped Robot Locomotion (2001)
- [5]Nakanishi J.; Morimoto J.; Endo G.; Cheng G.; Schaal S.; Kawato M. - Learning from Demonstration and Adaptation of Biped Locomotion (2004)
- [6]Libera F. D.; Minato T.; Fasel I.; Ishiguro H.; Pagello E.; Menegatti E. - A New Paradigm of Humanoid Robot Motion Programming Based on Touch Interpretation (2009)
- [7]Shan J.; Nagashima F. - Neural Locomotion Controller Design and Implementation for Humanoid Robot HOAP-1 (2002)
- [8]Ishida T.; Yoshihiro K.; Yamaguchi J.; Fujita M.; Doi T. - Motion Entertainment by a Small Humanoid Robot (2001)
- [9]Devereux D.; Mitra B.; Holland O.; Diamond A. - Using Microsoft Kinect to Model the Environment of an Anthropomorphic Robot (2001)
- [10]Holland O.; Marques H. G. - Functional Embodied Imagination and Episodic Memory (2009)
- [11]Sofge O.; Bugajska M.; Trafton J. C.; Perzanowsky R.; Thomas S.; Skubic M.; Blisard S.; Cassimatis N.; Brock D.; Adams W.; Schultz A. - Collaborating with Humanoid Robots in Space
- [12]MacDorman K. F.; Ishiguro H. - The Uncanny Advantage of Using Androids in Cognitive and Social Science Research (2006)
- [13]Michaelis Online: <http://michaelis.uol.com.br/moderno/portugues> (acessado em 08/12/2014).
- [14]Wikipedia: [pt.wikipedia.org/](http://pt.wikipedia.org/) (acessado em 08/12/2014).
- [15]Baxter with Intera 3: <http://www.rethinkrobotics.com/baxter> (acessado em 08/12/2014).
- [16]Sony Global - Product & Technology Milestones-Robot: <http://www.sony.net/SonyInfo/CorporateInfo/History/sonyhistory-j.html> (acessado em 08/12/2014).
- [17]YARP - Yet Another Robot Platform: [http://wiki.icub.org/yarpdoc/what\\_is\\_yarp.html](http://wiki.icub.org/yarpdoc/what_is_yarp.html) (acessado em 08/12/2014).
- [18]History of Computers - <http://history-computer.com/Dreamers/LeonardoAutomata.html> (acessado em 21/12/2014).
- [19]The 18th Century Common - <http://www.18thcenturycommon.org/the-turk-and-automata-of-the-18th-century> (acessado em 21/12/2014).