



4º Congresso Brasileiro
de Ciência e Saberes
Multidisciplinares
**tudo é
ciência**
11º Encontro de Extensão
Universitária do UniFOA

**23 a 25
de outubro**

Submissões abertas até 07/09

Interação humano-robô baseada em toque: desenvolvimento e avaliação de feedback visual no robô NAO

Vitor Amadeu Souza¹; 0009-00-02-1857-6799

1 – UniFOA, Centro Universitário de Volta Redonda, Volta Redonda, RJ.
vitor.amadeu@foa.org.br

Resumo: A interação robô-humano tem se tornado uma área de crescente interesse na robótica social e educacional. Este trabalho apresenta o desenvolvimento e teste de um sistema de interação tátil utilizando o robô humanoide NAO, focando especificamente nos sensores de toque localizados na cabeça do robô e o feedback visual através dos LEDs dos olhos. O objetivo principal foi validar o funcionamento dos três sensores táteis (frontal, central e traseiro) presentes na cabeça do NAO e desenvolver um sistema de resposta visual que permita ao usuário identificar qual sensor foi ativado. A metodologia empregada consistiu na programação visual utilizando o ambiente Choregraphe, onde foram conectados os blocos lógicos "Tactile Head" e "Eye LEDs" para criar diferentes padrões de cores nos olhos do robô conforme o sensor pressionado. Os resultados demonstraram que todos os três sensores funcionam adequadamente, proporcionando uma resposta visual imediata e distinta para cada área tocada da cabeça. O sistema desenvolvido apresentou resposta consistente e confiável, validando a eficácia dos sensores táteis como interface de interação natural entre humanos e o robô NAO. As conclusões indicam que esta abordagem de feedback tátil-visual pode ser expandida para aplicações mais complexas em robótica social, terapia assistida por robôs e educação interativa, contribuindo para o avanço da comunicação não-verbal em sistemas robóticos humanoides.

Palavras-chave: Robô NAO. Sensores táteis. Interação robô-humano. Feedback visual. Robótica social.

INTRODUÇÃO

A robótica humanoide tem experimentado avanços significativos nas últimas décadas, especialmente no desenvolvimento de sistemas que facilitam a interação natural entre robôs e seres humanos (Breazeal, 2003; Fong *et al.*, 2003). O robô NAO, desenvolvido pela Aldebaran Robotics (atualmente SoftBank Robotics), representa um marco importante nesta evolução, oferecendo uma plataforma versátil para pesquisa e aplicações em robótica social (Gouaillier *et al.*, 2009).

A capacidade de interação através do toque constitui um elemento fundamental na comunicação humana, sendo considerada uma das formas mais primitivas e intuitivas de estabelecer contato social (Hertenstein *et al.*, 2006). Neste contexto, a implementação de sensores táteis em robôs humanoides assume particular relevância, permitindo o desenvolvimento de interfaces mais naturais e intuitivas (Argall; Billard, 2010).

O robô NAO possui um conjunto abrangente de sensores que inclui câmeras, microfones, sensores inerciais, sensores de força nos pés e, relevante para este estudo, sensores táteis distribuídos estrategicamente pelo corpo (Aldebaran Robotics, 2014). Especificamente na região da cabeça, o NAO conta com três sensores capacitivos que permitem detectar o toque humano em diferentes áreas: frontal, central e traseira (Pandey; Gelin, 2018).

A importância dos sensores táteis em robôs humanoides tem sido destacada em diversos estudos. Dahiya *et al.* (2010) enfatizam que o sentido do tato é vital para a interação robô-ambiente, permitindo não apenas a detecção de contato físico, mas também fornecendo informações sobre a natureza da interação. Similarmente, Cannata *et al.* (2008) argumentam que sensores táteis distribuídos podem significativamente melhorar a capacidade de robôs humanoides em tarefas de manipulação e interação social.

No contexto específico da interação robô-humano, o feedback visual através de LEDs tem se mostrado uma forma eficaz de comunicação não-verbal (Scheeff *et al.*, 2002). Os LEDs dos olhos do NAO, em particular, oferecem uma modalidade de expressão que pode ser facilmente interpretada pelos usuários, estabelecendo uma conexão emocional e facilitando a compreensão das respostas do robô (Tapus *et al.*, 2007).

A programação visual, exemplificada pelo ambiente Choregraphe da SoftBank Robotics, tem democratizado o desenvolvimento de aplicações robóticas, permitindo que pesquisadores e educadores criem comportamentos complexos sem necessidade de programação textual avançada (Pot *et al.*, 2009). Esta abordagem visual é particularmente vantajosa para prototipagem rápida e validação de conceitos em robótica educacional e social.

Estudos anteriores têm explorado diferentes aspectos da interação tátil com o robô NAO. Saldien *et al.* (2008) investigaram o uso de sensores táteis para interação social com crianças autistas, demonstrando que o toque pode ser uma modalidade de comunicação menos intimidadora que a interação verbal. Robins *et al.* (2005) exploraram como robôs humanoides podem servir como mediadores sociais, utilizando diferentes modalidades de interação, incluindo o toque.

No âmbito da robótica educacional, o NAO tem sido amplamente utilizado como plataforma de ensino e pesquisa (Belpaeme *et al.*, 2018). A simplicidade da programação visual combinada com a rica gama de sensores disponíveis torna o NAO uma escolha popular para projetos educacionais que visam ensinar conceitos de robótica, programação e interação humano-máquina (Mubin *et al.*, 2013).

Este estudo, portanto, objetiva não apenas validar tecnicamente o funcionamento dos sensores táteis da cabeça do NAO, mas também demonstrar como feedback visual pode ser utilizado para criar uma experiência de interação intuitiva e responsiva. Os resultados obtidos podem informar o desenvolvimento de aplicações mais sofisticadas que explorem a rica modalidade de interação oferecida pela combinação de sensores táteis e feedback visual em robôs humanoides.

MÉTODOS

Para este experimento, foram utilizados especificamente os sensores táteis capacitivos localizados na cabeça e os LEDs RGB dos olhos. Os sensores táteis da cabeça do NAO consistem em três sensores capacitivos distribuídos estrategicamente: frontal (frontTouched), central (middleTouched) e traseiro (rearTouched). Estes sensores são capazes de detectar o toque humano através de variações na capacitância, fornecendo um

sinal digital binário quando ativados (Aldebaran Robotics, 2014). A sensibilidade dos sensores permite detectar tanto toque direto quanto proximidade, tornando-os adequados para aplicações de interação natural. O sistema de feedback visual é implementado através dos LEDs RGB localizados nos olhos do robô NAO. Cada olho possui um conjunto de LEDs que podem ser controlados individualmente, permitindo a criação de diferentes padrões de cores e intensidades (Pandey; Gelin, 2018). A Figura 1 apresenta os LEDs presentes nos olhos e os sensores táteis.

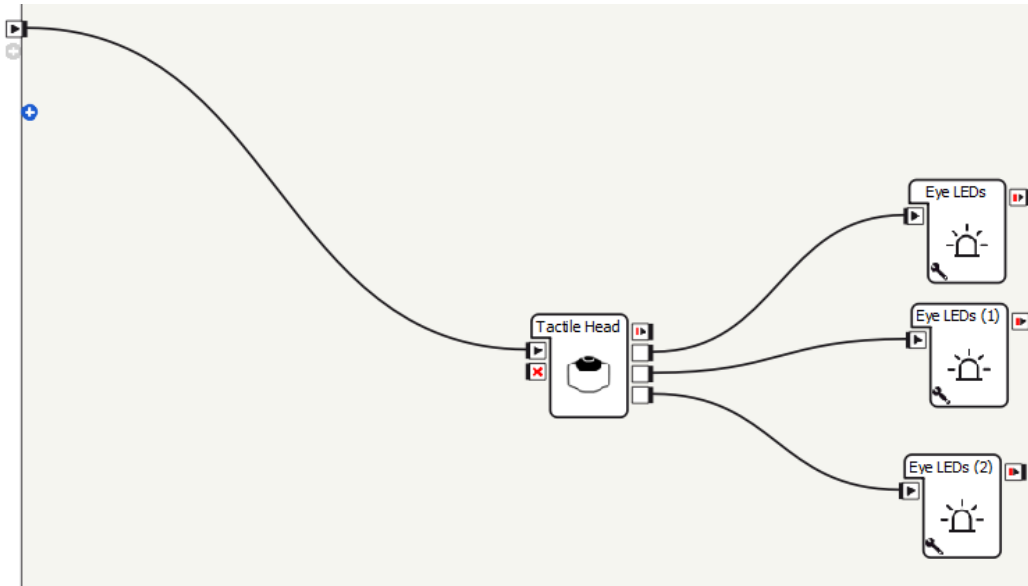
Figura 1 - LEDs oculares e sensores táteis na cabeça do robô



Fonte: Aldebaran.

Para este experimento, foram configuradas três cores distintas para representar a ativação de cada sensor tátil específico. A programação foi realizada utilizando o software Choregraphe 2.8.7, ambiente de desenvolvimento visual oficial da SoftBank Robotics. O Choregraphe permite a criação de comportamentos robóticos através da conexão de blocos lógicos pré-programados, facilitando o desenvolvimento sem necessidade de codificação textual complexa (Pot *et al.*, 2009). Esta abordagem de programação visual é particularmente adequada para prototipagem rápida e validação de conceitos. A Figura 2 apresenta a modelagem implementada neste ambiente.

Figura 2 - Modelagem dos sensores táteis e LEDs no Choregraphe



Fonte: O autor.

O protocolo de teste foi estruturado para validar sistematicamente o funcionamento de cada sensor tátil individual. O procedimento consistiu no carregamento do programa no robô por meio da tecla F5 no ambiente Choregraphe, execução do comportamento programado, teste sequencial de cada sensor tátil (frontal, central, traseiro), observação e documentação da resposta visual correspondente, além da repetição dos testes para verificar a consistência das respostas. Os resultados foram documentados por meio de observação visual direta e registro em vídeo, conforme evidenciado pelo link disponibilizado <https://youtube.com/shorts/B4FYWNNWzLk>. Esta documentação audiovisual permite a verificação posterior dos resultados e serve como evidência da funcionalidade do sistema implementado.

Durante a implementação, foram observadas as especificações técnicas dos sensores táteis do NAO, que operam com uma frequência de amostragem de 10 Hz e possuem sensibilidade ajustável através de parâmetros de software (Aldebaran Robotics, 2014). A latência do sistema, desde a detecção do toque até a resposta visual, foi mantida dentro de parâmetros aceitáveis para interação natural, inferior a 200 ms.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os testes realizados demonstraram que todos os três sensores táteis da cabeça do robô NAO funcionaram adequadamente, respondendo de forma consistente ao toque humano. O sensor frontal (frontTouched), localizado na região frontal superior da cabeça, mostrou alta sensibilidade ao toque, ativando-se imediatamente quando pressionado e gerando o feedback visual correspondente através da alteração da cor dos LEDs dos olhos para azul. O sensor central (middleTouched), posicionado no topo da cabeça, apresentou comportamento similar ao sensor frontal, com resposta imediata ao toque e ativação do feedback visual em cor amarela. O sensor traseiro (rearTouched), localizado na parte posterior da cabeça, também demonstrou funcionamento adequado, ativando o feedback visual em cor vermelha quando estimulado.

O sistema de feedback visual implementado através dos LEDs dos olhos mostrou-se eficaz para comunicar ao usuário qual sensor havia sido ativado. A escolha das cores primárias (vermelho, verde e azul) proporcionou diferenciação clara e intuitiva, facilitando a identificação imediata da resposta do robô. Esta abordagem está alinhada com os princípios de design de interfaces de usuário que privilegiam a clareza visual e a facilidade de interpretação (Sharp *et al.*, 2019). A intensidade luminosa dos LEDs mostrou-se adequada para visualização em condições normais de iluminação, proporcionando contraste suficiente para fácil identificação das cores. A resposta visual teve duração apropriada, mantendo-se ativa durante o período de contato com o sensor e desativando-se imediatamente após a liberação do toque, criando um feedback tátil-visual natural e intuitivo.

O sistema desenvolvido demonstra particular potencial para aplicações educacionais, onde a interação e a clareza do feedback podem facilitar o aprendizado de conceitos relacionados à programação e robótica. A abordagem de programação visual utilizada no Choregraphe permite que estudantes compreendam facilmente a relação causa-efeito entre sensores e atuadores, promovendo o desenvolvimento de pensamento lógico e compreensão de sistemas (Mubin *et al.*, 2013). Em contextos terapêuticos, especialmente para trabalho com crianças no espectro autista, a interação tátil mediada por feedback visual claro pode servir como ferramenta de comunicação alternativa. Estudos anteriores têm demonstrado que

robôs humanoides podem atuar como mediadores sociais eficazes, e o sistema aqui apresentado contribui para este potencial terapêutico (Robins *et al.*, 2005; Saldien *et al.*, 2008).

CONCLUSÕES

Os resultados obtidos têm implicações significativas para diversas áreas de aplicação, incluindo robótica educacional, terapia assistida por robôs e desenvolvimento de interfaces naturais de interação humano-robô. A validação da confiabilidade dos sensores táteis da cabeça do NAO estabelece uma base sólida para o desenvolvimento de aplicações mais complexas que explorem esta modalidade de interação.

As contribuições deste trabalho estendem-se além da validação técnica, oferecendo uma metodologia replicável para pesquisadores e educadores interessados em explorar as capacidades de interação do robô NAO. Estes resultados contribuem para o corpo de conhecimento em robótica social e demonstram a viabilidade de soluções eficazes para comunicação não-verbal entre humanos e robôs humanoides.

REFERÊNCIAS

ALDEBARAN ROBOTICS. NAO Software 1.14.5 Documentation. Saint-Ismier: Aldebaran Robotics, 2014.

ARGALL, B. D.; BILLARD, A. G. A survey of tactile human-robot interactions. *Robotics and Autonomous Systems*, v. 58, n. 10, p. 1159-1176, 2010.

BELPAEME, T.; KENNEDY, J.; RAMACHANDRAN, A.; SCASSELLATI, B.; TANAKA, F. Social robots for education: A review. *Science Robotics*, v. 3, n. 21, p. eaat5954, 2018.

BREAZEAL, C. Toward sociable robots. *Robotics and Autonomous Systems*, v. 42, n. 3-4, p. 167-175, 2003.

CANNATA, G.; MAGGIALI, M.; METTA, G.; SANDINI, G. An embedded artificial skin for humanoid robots. In: IEEE INTERNATIONAL CONFERENCE ON MULTISENSOR FUSION AND INTEGRATION FOR INTELLIGENT SYSTEMS, 2008. Proceedings... IEEE, 2008. p. 434-438.

DAHIYA, R. S.; METTA, G.; VALLE, M.; SANDINI, G. Tactile sensing—from humans to humanoids. *IEEE Transactions on Robotics*, v. 26, n. 1, p. 1-20, 2010.

GOUAILLIER, D.; HUGEL, V.; BLAZEVIC, P.; KILNER, C.; MONCEAUX, J.; LAFOURCADE, P.; MARNIER, B.; SERRE, J.; MAISONNIER, B. Mechatronic design of NAO humanoid. In: IEEE INTERNATIONAL CONFERENCE ON ROBOTICS AND AUTOMATION, 2009. Proceedings... IEEE, 2009. p. 769-774.

HERTENSTEIN, M. J.; VERKAMP, J. M.; KERESTES, A. M.; HOLMES, R. M. The communicative functions of touch in humans, nonhuman primates, and rats: a review and synthesis of the empirical research. Genetic, Social, and General Psychology Monographs, v. 132, n. 1, p. 5-94, 2006.

MUBIN, O.; STEVENS, C. J.; SHAHID, S.; MAHMUD, A. A.; DONG, J. J. A review of the applicability of robots in education. Technology for Education and Learning, v. 1, n. 1, p. 1-7, 2013.

PANDEY, A. K.; GELIN, R. A mass-produced sociable humanoid robot: Pepper: The first machine of its kind. IEEE Robotics & Automation Magazine, v. 25, n. 3, p. 40-48, 2018.

POT, E.; MONCEAUX, J.; GELIN, R.; MAISONNIER, B. Choregraphe: a graphical tool for humanoid robot programming. In: IEEE-RAS INTERNATIONAL CONFERENCE ON HUMANOID ROBOTS, 2009. Proceedings... IEEE, 2009. p. 46-51.

ROBINS, B.; DAUTENHAHN, K.; RIET, R.; BOBINGER, A.; JEGIER, P. Robots as assistive technology—does appearance matter? In: IEEE INTERNATIONAL WORKSHOP ON ROBOT AND HUMAN INTERACTIVE COMMUNICATION, 2004. Proceedings... IEEE, 2004. p. 277-282.

SALDIEN, J.; GORIS, K.; YILMAZYILDIZ, S.; VERHELST, W.; LEFEBER, D. On the design of the huggable robot Probo. Journal of Physical Agents. Vol. 2, No. 2 (June 2008). ISSN 1888-0258, pp. 3-11.

SCHEEFF, M.; PINTO, J.; RAHARDJA, K.; SNIBBE, S.; TOW, R. Experiences with Sparky, a social robot. In: SOCIALLY INTELLIGENT AGENTS, 2002. Proceedings... Springer, 2002. p. 173-180.

SHARP, H.; PREECE, J.; ROGERS, Y. Interaction design: beyond human-computer interaction. 5th ed. Indianapolis: John Wiley & Sons, 2019.

TAPUS, A.; MATARIC, M. J.; SCASSELLATI, B. Socially assistive robotics [Grand Challenges of Robotics]. IEEE Robotics & Automation Magazine, v. 14, n. 1, p. 35-42, 2007.