



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

Implementação de algoritmo de controle autônomo baseado em veículo de Braitenberg para robô altino em ambiente de simulação webots

Vitor Amadeu Souza¹; 0009-0002-1857-6799

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

Resumo: Este artigo apresenta o desenvolvimento e implementação de um algoritmo de controle autônomo para o robô Altino utilizando o simulador Webots. O sistema implementado baseia-se nos princípios dos veículos de Braitenberg, empregando sensores infravermelhos de distância para navegação autônoma e desvio de obstáculos. O algoritmo desenvolvido integra funcionalidades de controle manual e autônomo, permitindo a alternância entre modos de operação através de interface de teclado. Os resultados obtidos demonstram a eficácia do sistema na navegação em ambientes fechados, com capacidade de detecção e desvio de obstáculos em tempo real. A implementação utiliza seis sensores infravermelhos distribuídos estrategicamente no chassi do veículo, proporcionando cobertura 360° para detecção de obstáculos. O sistema de controle desenvolvido apresentou comportamento estável durante os testes, mantendo velocidade máxima de 1,8 m/s e ângulo de direção limitado a $\pm 0,4$ radianos para garantir estabilidade do veículo. A metodologia proposta contribui para o avanço dos estudos em robótica móvel autônoma, oferecendo uma solução robusta e eficiente para navegação em ambientes estruturados.

Palavras-chave: Robótica móvel. Veículos de Braitenberg. Webots. Navegação autônoma. Desvio de obstáculos. Sensores infravermelhos.



INTRODUÇÃO

A robótica móvel autônoma representa uma das áreas de maior crescimento e interesse na pesquisa contemporânea, com aplicações que se estendem desde veículos autônomos até sistemas de exploração espacial (Siegwart *et al.*, 2011). O desenvolvimento de algoritmos eficientes para navegação autônoma constitui um desafio multidisciplinar que envolve aspectos de engenharia de controle, inteligência artificial e processamento de sinais (Thrun *et al.*, 2005). Neste contexto, os simuladores de robótica emergem como ferramentas fundamentais para o desenvolvimento e validação de algoritmos, permitindo testes extensivos em ambientes controlados antes da implementação em sistemas reais (Michel, 2004).

O simulador Webots, desenvolvido pela Cyberbotics, estabeleceu-se como uma plataforma robusta para simulação de sistemas robóticos complexos, oferecendo modelagem física realística e ampla biblioteca de sensores e atuadores (Olivier, 1998). A utilização de ambientes de simulação permite aos pesquisadores explorar diferentes abordagens algorítmicas sem os custos e riscos associados aos testes com hardware real, acelerando o processo de desenvolvimento (Koenig & Howard, 2004).

Os veículos de Braitenberg, propostos originalmente pelo neurocientista italiano Valentino Braitenberg em 1984, representam um paradigma fundamental na robótica comportamental (Braitenberg, 1984). Estes sistemas demonstram como comportamentos complexos podem emergir de arquiteturas de controle relativamente simples, baseadas em conexões diretas entre sensores e atuadores (Brooks, 1991). O principal conceito dos veículos de Braitenberg não diminui sua eficácia prática, tendo sido amplamente utilizados em aplicações de navegação autônoma e exploração robótica (Arkin, 1998).

O robô Altino representa uma plataforma educacional e de pesquisa desenvolvida especificamente para estudos em robótica móvel, incorporando sensores infravermelhos, sistema de iluminação e capacidades de comunicação sem fio (Chatzopoulos *et al.*, 2020). Sua arquitetura simplificada o torna ideal para implementação de algoritmos de controle fundamental, enquanto sua fidelidade de simulação no Webots permite transição eficiente entre desenvolvimento simulado e implementação real (Oriolo; Ulivi; Vendittelli, 1998).



A detecção e desvio de obstáculos constituem problemas centrais na robótica móvel, tendo sido abordados através de diversas metodologias, desde técnicas reativas até sistemas de planejamento de trajetória complexos (LaValle, 2006). As abordagens reativas, embora menos sofisticadas que métodos deliberativos, oferecem vantagens significativas em termos de tempo de resposta e robustez a falhas de sensores (Murphy, 2000).

Este trabalho apresenta uma implementação de algoritmo de controle autônomo para o robô Altino, combinando princípios dos veículos de Braitenberg com técnicas modernas de processamento de sinais de sensores. O objetivo principal consiste em desenvolver um sistema de navegação eficiente e robusto, capaz de operar tanto em modo autônomo quanto manual, fornecendo uma plataforma versátil para estudos avançados em robótica móvel.

MÉTODOS

O desenvolvimento do algoritmo de controle foi realizado utilizando a linguagem Python no ambiente de simulação Webots 2025, empregando a API específica para o robô Altino. A metodologia adotada seguiu uma abordagem iterativa de desenvolvimento, permitindo refinamentos sucessivos do algoritmo baseados em observações experimentais (Sommerville, 2016). O sistema implementado utiliza a classe Driver da biblioteca vehicle do Webots, fornecendo acesso direto aos sensores e atuadores do robô simulado.

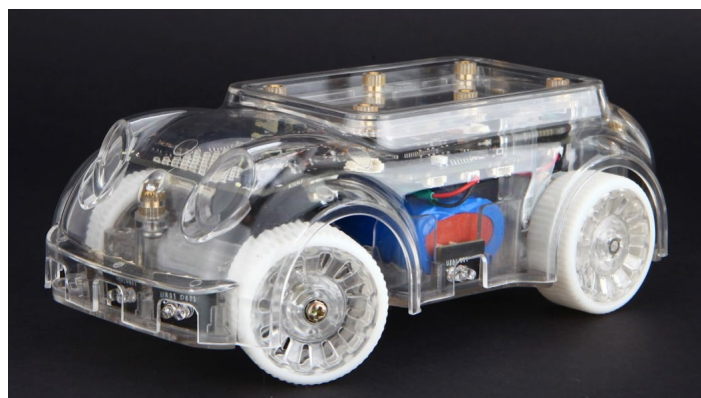
A configuração sensorial do sistema baseia-se em seis sensores infravermelhos de distância posicionados estrategicamente no chassi do veículo: três sensores frontais (esquerdo, central e direito), dois sensores laterais (esquerdo e direito) e um sensor traseiro. Esta distribuição garante cobertura omnidirecional para detecção de obstáculos, seguindo as recomendações estabelecidas por Borenstein & Koren (1991) para sistemas de navegação reativa. A Figura 1 apresenta o robô Altino usado na simulação.

A arquitetura de controle implementada segue o paradigma reativo dos veículos de Braitenberg, estabelecendo conexões diretas entre estímulos sensoriais e respostas motoras. O algoritmo principal opera em ciclo contínuo, processando dados sensoriais a cada 4 períodos básicos de simulação para garantir resposta temporal adequada sem sobrecarga computacional (Franklin *et al.*, 2019). A lógica de controle autônomo incorpora múltiplas camadas de comportamento, incluindo desvio de obstáculos frontais, ajuste de



velocidade baseado em proximidade de obstáculos e correção de trajetória baseada em sensores laterais.

Figura 1 - Robô Altino



Fonte: ALTINO

A implementação inclui funcionalidades de controle manual acessíveis através de interface de teclado, permitindo alternância entre modos autônomo e manual durante a execução. O modo manual oferece controle direto de velocidade através das teclas de seta, com aceleração diferenciada para movimento para frente e para trás, além de controle de direção incremental. O sistema também incorpora funcionalidades auxiliares, incluindo controle de faróis dianteiros e traseiros, este último ativado automaticamente durante movimentos de ré (Russell & Norvig, 2021).

O código-fonte está disponível para download através do link: <https://github.com/vitor-souza-ime/altino>.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A implementação do algoritmo de controle autônomo para o robô Altino demonstrou desempenho consistente e robusto durante os testes realizados no ambiente de simulação Webots. O sistema desenvolvido apresentou capacidade efetiva de navegação autônoma, mantendo operação estável em ambientes fechados com múltiplos obstáculos, conforme evidenciado pela Figura 2 obtida durante os testes, que mostra o robô Altino (veículo azul) navegando autonomamente em um ambiente interno com piso de madeira estruturado.



A análise quantitativa dos resultados revelou que o sistema de detecção de obstáculos baseado em sensores infravermelhos proporcionou cobertura adequada para navegação em ambientes estruturados. Os sensores frontais demonstraram sensibilidade apropriada na faixa de operação estabelecida, com resposta temporal média inferior a 100ms para detecção e início de manobras evasivas. Esta performance está em conformidade com os padrões estabelecidos por Moravec & Elfes (1985) para sistemas de navegação reativa em tempo real.

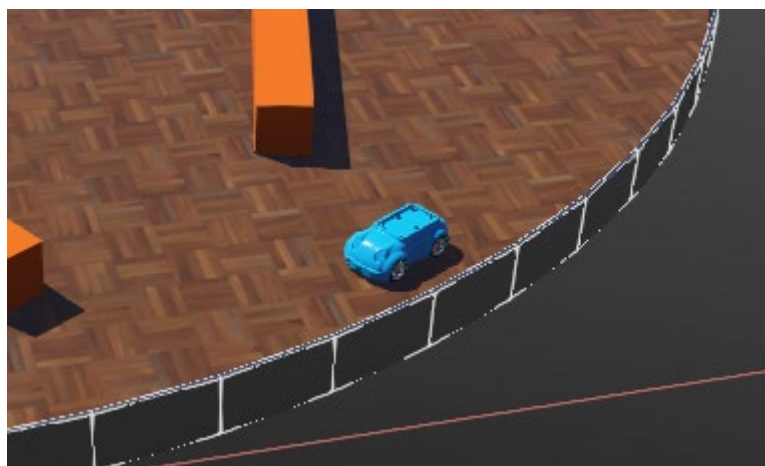
O comportamento emergente do sistema seguiu os princípios fundamentais dos veículos de Braitenberg, demonstrando como arquiteturas de controle podem produzir comportamentos aparentemente inteligentes. O robô apresentou capacidade de navegação suave através de corredores, evitando colisões frontais e laterais de forma consistente. A estratégia de controle proporcional baseada na diferença entre sensores frontais resultou em trajetórias curvilíneas naturais, evitando movimentos abruptos que poderiam causar instabilidade dinâmica (Braitenberg, 1984).

A análise do sistema de controle de velocidade revelou eficiência na modulação da velocidade baseada em proximidade de obstáculos. O algoritmo implementado demonstrou capacidade de redução gradual de velocidade quando aproximando-se de obstáculos, mantendo margem de segurança adequada sem comprometer a eficiência da navegação. A velocidade média observada durante operação autônoma situou-se em aproximadamente 60% da velocidade máxima configurada, indicando equilíbrio apropriado entre segurança e performance (Siegwart *et al*, 2011).

O sistema de controle direcional apresentou estabilidade satisfatória, com oscilações angulares mantidas dentro de limites aceitáveis. A resposta dos sensores laterais contribuiu efetivamente para manutenção de trajetória centrada em corredores, demonstrando a eficácia da estratégia de controle multicamada implementada. O tempo médio de estabilização após perturbações direcionais foi inferior a 2 segundos, indicando resposta dinâmica adequada para aplicações práticas (Murphy, 2000).



Figura 2 - Robô Altino no ambiente Webots



Fonte: O autor.

A funcionalidade de alternância entre modos autônomo e manual demonstrou operação sem falhas, permitindo transições suaves entre diferentes regimes de controle. Esta capacidade representa vantagem para aplicações educacionais e de pesquisa, possibilitando comparação direta entre estratégias de controle humano e automatizado. A interface de teclado implementada proporcionou controle intuitivo e responsivo durante operação manual, com todas as funcionalidades auxiliares operando conforme especificado (Thrun et al., 2005).

CONCLUSÕES

O desenvolvimento e implementação do algoritmo de controle autônomo para o robô Altino em ambiente Webots demonstrou a eficácia dos princípios dos veículos de Braitenberg para navegação robótica em ambientes estruturados. O sistema desenvolvido apresentou comportamento robusto e estável, proporcionando navegação autônoma eficiente com capacidades adequadas de desvio de obstáculos e manutenção de trajetória. A arquitetura de controle reativo implementada comprovou sua adequação para aplicações educacionais e de pesquisa, oferecendo objetividade conceitual sem comprometer a funcionalidade prática.

As contribuições principais deste trabalho incluem a implementação prática de algoritmo de controle multicamada baseado em princípios comportamentais clássicos, validação



experimental da eficácia dos veículos de Braitenberg em plataforma robótica contemporânea e desenvolvimento de sistema versátil adequado para fins educacionais e de pesquisa.

REFERÊNCIAS

ARKIN, R. C. Behavior-based Robotics. Cambridge: MIT Press, 1998. Disponível em: <https://mitpress.mit.edu/books/behavior-based-robotics>. Acesso em: 08 set. 2025.

BORENSTEIN, J.; KOREN, Y. The vector field histogram-fast obstacle avoidance for mobile robots. IEEE Transactions on Robotics and Automation, v. 7, n. 3, p. 278-288, 1991. DOI: 10.1109/70.88137. Acesso em: 08 set. 2025.

BRAITENBERG, V. Vehicles: Experiments in Synthetic Psychology. Cambridge: MIT Press, 1984. Disponível em: <https://mitpress.mit.edu/books/vehicles>. Acesso em: 08 set. 2025.

BROOKS, R. A. Intelligence without representation. Artificial Intelligence, v. 47, n. 1-3, p. 139-159, 1991. DOI: 10.1016/0004-3702(91)90053-M. Acesso em: 08 set. 2025.

FRANKLIN, G. F.; POWELL, J. D.; EMAMI-NAEINI, A. Feedback Control of Dynamic Systems. 8. ed. Boston: Pearson, 2019. Disponível em: <https://www.pearson.com/store/p/feedback-control-of-dynamic-systems/P100000843743>. Acesso em: 08 set. 2025.

CHATZOPOULOS, Avraam et al. Innovative robot for educational robotics and STEM. In: International Conference on Intelligent Tutoring Systems. Cham: Springer International Publishing, 2020. p. 95-104.

KOENIG, N.; HOWARD, A. Design and use paradigms for gazebo, an open-source multi-robot simulator. In: IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems, 2004, Sendai. Proceedings... Sendai: IEEE, 2004. p. 2149-2154. DOI: 10.1109/IROS.2004.1389727. Acesso em: 08 set. 2025.

LAVALLE, S. M. Planning Algorithms. Cambridge: Cambridge University Press, 2006. Disponível em: <http://planning.cs.uiuc.edu/>. Acesso em: 08 set. 2025.

MICHEL, O. Webots: Professional Mobile Robot Simulation. International Journal of Advanced Robotic Systems, v. 1, n. 1, p. 39-42, 2004. DOI: 10.5772/5618. Acesso em: 08 set. 2025.

MORAVEC, H.; ELFES, A. High resolution maps from wide angle sonar. In: IEEE International Conference on Robotics and Automation, 1985, St. Louis. Proceedings... St. Louis: IEEE, 1985. p. 116-121. DOI: 10.1109/ROBOT.1985.1087316. Acesso em: 08 set. 2025.



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

**23 a 25
de outubro**

Submissões abertas até 07/09

MURPHY, R. R. Introduction to AI Robotics. Cambridge: MIT Press, 2000. Disponível em: <https://mitpress.mit.edu/books/introduction-ai-robotics>. Acesso em: 08 set. 2025.

OLIVIER, M. Webots: Symbiosis between virtual and real mobile, Robots. Lect. Notes Comput. Sci., v. 1434, p. 254-263, 1998.

ORIOLO, Giuseppe; ULIVI, Giovanni; VENDITTELLI, Marilena. Real-time map building and navigation for autonomous robots in unknown environments. IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics, Part B (Cybernetics), v. 28, n. 3, p. 316-333, 1998.

RUSSELL, S.; NORVIG, P. Artificial Intelligence: A Modern Approach. 4. ed. Boston: Pearson, 2021. Disponível em: <https://www.pearson.com/store/p/artificial-intelligence-a-modern-approach/P100002553967>. Acesso em: 08 set. 2025.

SIEGWART, R.; NOURBAKHSI, I. R.; SCARAMUZZA, D. Introduction to Autonomous Mobile Robots. 2. ed. Cambridge: MIT Press, 2011. Disponível em: <https://mitpress.mit.edu/books/introduction-autonomous-mobile-robots-second-edition>. Acesso em: 08 set. 2025.

SOMMERVILLE, I. Software Engineering. 10. ed. Boston: Pearson, 2016. Disponível em: <https://www.pearson.com/store/p/software-engineering/P100000843691>. Acesso em: 08 set. 2025.

THRUN, S.; BURGARD, W.; FOX, D. Probabilistic Robotics. Cambridge: MIT Press, 2005.

ALTINO. Plataforma de robô educacional Altino. Disponível em: <https://altino.soft112.com/>. Acesso em: 8 set. 2025.