



## PROJETO E VALIDAÇÃO EXPERIMENTAL DE TOPOLOGIAS DE ROBÔS MÓVEIS APLICADAS À ROBÓTICA EDUCACIONAL

**Stefano R. Zeplin** - stefano@ifsc.edu.br

**Rafael R. de S. de Borba** - rafa\_potranka@hotmail.com

Instituto Federal de Santa Catarina – Campus Joinville

Rua Pavão, 1337

89220-200 – Joinville – SC

***Resumo:** A robótica pedagógica vem sendo utilizada com sucesso nos diferentes níveis de ensino como forma de estimular e desafiar o estudante na prática de resolução de problemas. Mas existem diferentes topologias de robôs móveis que podem ser utilizadas o que pode levar ao professor a dúvida de qual topologia mais adequada. O propósito deste artigo é apresentar os resultados da avaliação de diferentes topologias de robôs móveis aplicados a robótica educativa. Foram selecionadas algumas topologias e montadas utilizando kits de robótica sendo apresentadas e discutidas.*

***Palavras-Chave:** Robô móvel, Robótica educativa, Topologias de robôs.*

### 1 INTRODUÇÃO

Com o avanço da tecnologia é inevitável a sua aplicação dentro do ambiente escolar. A juventude, em sua grande maioria, tem uma facilidade muito grande em lidar com os desafios para adaptação as novas tecnologias disponíveis quase que diariamente. Por outro lado na maioria das salas de aula ainda reina um ambiente onde o quadro verde serve como espaço para o professor, o dominador do conteúdo, despejar seus conhecimentos.

Em algumas escolas houve a troca do quadro verde pelo branco com canetinhas coloridas mas a metodologia, já a muito ultrapassada, ainda se perpetua na maioria dos ambientes escolares.

Mas, apesar desse olhar pessimista existem experiências no mundo afora que tem procurado mudar esse panorama fazendo do uso da tecnologia como aliado do professor, que passa a ter o papel de orientador. Por outro lado muda também o papel do aluno, que deixa de ter uma postura passiva no processo de aprendizagem para ter um papel atuante e fundamental na construção do conhecimento.

Uma dessas formas é a utilização da robótica móvel como ferramenta para trabalhar diferentes conteúdos, além de outros temas como a própria socialização do aluno com os colegas. Surgiu então um novo termo que na literatura pode ser encontrada como robótica pedagógica ou educativa.

A robótica educativa procura utilizar robôs, em geral robôs móveis na forma de *kits* ou de materiais reciclados, onde as atividades da construção e controle do robô possibilitam o manuseio dos conceitos abordados em sala de aula dentro de um ambiente de aprendizagem (ROCHA, 2006, p. 3), possibilitando aos alunos e professores vivenciarem na prática os desafios da montagem e programação de robôs em atividades similares aos encontrados na



vida real. A pura e simples utilização da tecnologia, sem uma abordagem pedagógica correta nas sua grande maioria de vezes leva ao fracasso ou desvirtuação da proposta inicial do trabalho proposto. Por outro lado a bibliografia relativa a robótica educativa é muito escassa, e geralmente sem fundamentação técnica na questão do próprio robô móvel, por exemplo, na determinação de qual topologia seria mais adequada.

Nesse sentido este artigo procura auxiliar a preencher a lacuna apresentando um levantamento relativo as publicações de artigos e teses, de mestrado geralmente, que vem sendo publicadas, para em seguida fazer um levantamento de algumas topologias de robôs móveis que poderiam ser aplicadas, para isso foi consultada a bibliografia especializada e posteriormente, para efeito de validação, foram montadas diferentes estruturas que são apresentadas.

## 2 ROBÓTICA MÓVEL

Nestes últimos anos houve um grande desenvolvimento da robótica móvel, ampliando o seu leque de aplicação para diferentes áreas (CHOSSET *et al*, 2005), como por exemplo em aplicações domésticas e de entretenimento (aspiradores de pó e cortadores de grama) , industriais (transportes automatizados), urbanas (cadeiras de rodas robotizadas), e de segurança e defesa civil e militar (resgate e exploração em ambientes hostis).

O mercado de robôs móveis também cresceu muito, apesar do que, diferente dos robôs manipuladores utilizados na indústria, muitos dos robôs móveis tem um custo muito menor, principalmente se consideramos os robôs na forma de *kits* educacionais ou então para aplicações domésticas. Segundo o relatório da Federação Internacional de Robótica (IFR) até o final de 2009 foram vendidos 4,8 milhões de robôs para uso doméstico e 2,8 milhões de robôs para entretenimento e lazer (WORLD OF ROBOTICS, 2009), projetando ainda que a venda alcance, até 2012, de 11,6 milhões de unidades destes mesmos tipos de robôs. Somente em 2008 foram vendidos 940 mil robôs aspiradores de pó, 50% a mais que em 2007.

Em relação as rodas temos diferentes topologias existentes devendo-se observar que a escolha na topologia deve-se levar em conta alguns requisitos como a controlabilidade, estabilidade e manobrabilidade, assim como o próprio local onde será utilizado.


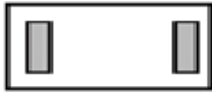

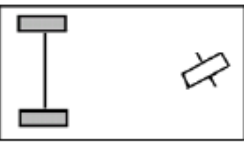
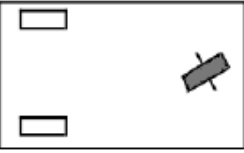
Com três rodas já podemos ter uma estabilidade no robô, nas tabelas 1 e 2 temos as principais topologias em relação a quantidade de rodas (SIEWART e NOURBAKHS, 2005), com a avaliação sobre a sua utilização a seguir.

Nos modelos *a* e *b* da tabela 1 com duas rodas o principal problema é o próprio controle, pois com somente duas rodas o robô não tem estabilidade e assim necessita ter rotinas de controle mais elaboradas. Não é uma configuração recomendada para se trabalhar no ensino fundamental, seria possível trabalhar em cursos de engenharia e ainda nas fases mais adiantadas.

A inclusão de mais uma roda já dá uma estabilidade ao robô móvel, e a configuração *c* da tabela 1, que operada em modo diferencial, com controle independente nas duas rodas e a da frente é uma “roda boba”, ou seja, a roda permite o giro em 360 graus, é uma das configurações mais populares para robôs móveis que operam em ambiente interno. O seu controle é mais simples, facilitando seu uso em aplicações educacionais para o ensino fundamental, e por outro lado é possível também elaborar algoritmos de controle dos motores mais complexos, voltados para aplicações no ensino da engenharia.



Tabela 1. Topologias de disposição e quantidade de rodas

Nr. de rodas	Modelo	Configurações	Descrição
2	a		Roda motorizada atrás para tração e na frente para guiagem na frente. Ex. Motocicleta
	b		Duas rodas tracionadas independentemente de modo diferencial.
3	c		As duas rodas de trás são independentes e trabalham em modo diferencial. A roda da frente não é motorizada, conhecida como "roda boba". Muitos robôs para ambientes internos trabalham dessa forma.
	d		As rodas de trás são acopladas, com um motor fazendo a tração traseira e a roda da frente é responsável pela guiagem do robô.
	e		Rodas de trás não tem motorização o que é feito pela roda da frente, responsável pela guiagem e tração do robô móvel.

A configuração *d* da tabela 1 tem as rodas de trás acopladas, e são motorizadas. Nesse caso deve-se ressaltar que o robô móvel ao fazer uma curva a velocidade das rodas deve ser diferente para compensar o raio do giro. Uma solução é a utilização de um sistema diferencial, que compensa a velocidade das rodas na curva pelo próprio arrasto das rodas. Muitas vezes esta configuração é chamada de triciclo. É um sistema que poderá exigir muito para sua utilização em projetos com material reciclado, por outro lado em alguns kits comerciais já vem com esse dispositivo, como é o caso da Lego®.


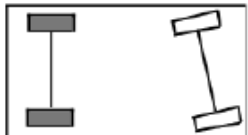
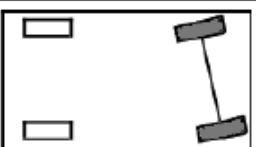

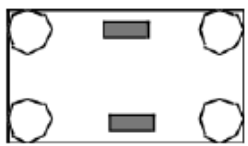
A tração e sentido do robô são controlados na mesma roda da frente, como no caso da configuração *e* da tabela 1 as rodas de trás são rodas normais sem motorização. Este tipo de configuração pode apresentar um trabalho adicional de controle para ser aplicado no ensino fundamental, mas pode apresentar um bom desafio para um curso de engenharia. Na configuração *f* da tabela 2 temos a presença das rodas omnidirecionais, que, sem entrar muito em detalhes técnicos, são rodas que além do movimento para frente e para trás permitem o movimento lateral. Atualmente diversos estudos de aplicação vem sendo desenvolvidos para aplicações como pro exemplo em cadeiras de rodas robotizadas. Para aplicação no ensino fundamental acarretam um nível maior em relação ao controle, não sendo recomendado, mas se for com finalidade de curiosidade são uma boa alternativa, sendo mais interessante para curso de graduação, até como trabalho de fim de curso. Apesar disso, sendo rodas especiais no mercado interno pode haver uma maior dificuldade em encontrá-las em grande variedade.

Com quatro rodas temos algumas possibilidades de configurações, foram apresentadas apenas algumas. A configuração *g* da tabela 2 é composta por duas rodas acopladas e motorizadas e as duas da frente, também acopladas responsáveis pela guiagem do robô móvel.



Esta configuração é muito popular, conhecido por Ackermann, tem o mesmo princípio do automóvel, lembrando que no acoplamento de duas rodas deve-se observar a questão da utilização do diferencial comentado anteriormente.

Tabela 2. Topologias de disposição e quantidade de rodas

Nr. de rodas	Modelo	Configurações	Descrição
	f		Sistema utilizando rodas omnidirecional, permitindo maior flexibilidade na movimentação do robô móvel.
4	g		As duas rodas ligadas na parte de trás são motorizadas sendo responsáveis pela tração. As da frente são ligadas e a motorização ocorre para fazer a guiagem do robô móvel.
	h		As duas rodas de trás são soltas sem motorização, sendo responsabilidade das duas rodas da frente, que estão unidas e motorizadas, a tração e direção do robô móvel.
	i		As quatro rodas são omnidirecional.
6	j		As duas rodas do meio são motorizadas, trabalhando em modo diferencial, sendo as outras rodas soltas, não tracionadas.

O modelo *h* da tabela 2 tem rodas soltas na parte de trás e as duas rodas acopladas na frente responsáveis pela tração e guiagem, o que levar um certo grau de complexidade para sua aplicação no ensino fundamental, assim como no caso do modelo *i* da tabela 2, que é um sistema omnidirecional.

No caso da configuração com 6 rodas é apresentado apenas um modelo *o* *j* na tabela 2 mas na literatura temos mais algumas variações. Neste modelo as duas rodas do meio operam em modo diferencial que fornecem a tração e controlam a guiagem, sendo as outras rodas do tipo normal.

### 3 ROBÓTICA EDUCATIVA

A utilização da robótica, em particular, da robótica móvel, tem se tornado popular pelo fato de ser uma área multidisciplinar, envolvendo as áreas de mecânica, eletrônica e informática, possibilitando o desenvolvimento do projeto em equipes de diferentes áreas, explorando diferentes habilidades dos componentes de cada equipe. A seguir são apresentados



alguns relatos de projetos desenvolvidos nos diferentes níveis da educação, passando do fundamental até em cursos de graduação.

A utilização da robótica para auxiliar a aprendizagem da matemática e física foi a abordagem de (FAGUNDES et al, 2009) com alunos de 10 a 12 anos, onde através de kits da Lego® onde por exemplo utilizou as relações das engrenagens para o trabalho com frações, números decimais e razões. Na física foram trabalhados conceitos de forças, compressão, alavancas e ângulos. Conceitos de lógica de programação também foram abordados.

Trabalhar temas como geografia, matemática e programação foi a proposta de (BENITTI et al., 2007), com trabalho desenvolvido com alunos do ensino médio foram utilizados robôs da Lego® onde foi utilizado o mapa de Santa Catarina, dividido em quadrados, e utilizando os sensores que vem com o kit o robô fazia o trajeto de uma região para outra do estado, de acordo com a atividade proposta. Noções de lógica de programação também foram desenvolvidas.

As crianças de 6 anos foram objeto de trabalho de (SILVA et al., 2007), onde forma utilizados robôs da Lego® para trabalhar o raciocínio lógico e construção de protótipos, além da criatividade, o trabalho em equipe, a disciplina e a socialização.

Os alunos de um curso de engenharia foram o tema do projeto de (SILVA et al.2006) onde os alunos de um curso de engenharia da computação, na disciplina de controle de processo contínuos. Foram utilizados robôs seguidores de linha e os alunos desenvolvem uma competição com diferentes desafios a que são submetidos estes robôs. Foi utilizado um processador específico o Basic Step 1. Estes foram apenas alguns exemplos, procurando apresentar a utilização da robótica educativa nos diferentes níveis de ensino.

## **4 VALIDAÇÃO EXPERIMENTAL DAS TOPOLOGIAS**

A proposta do projeto, após a revisão bibliográfica para possibilitar o embasamento teórico, foi da seleção de algumas topologias e sua implementação. Pelos próprios critérios apresentados anteriormente foram selecionados as configurações *c*, *d* e *g*, das tabelas 1 e 2, principalmente por serem mais utilizadas na aplicação da robótica educativa. Os robôs foram testados através do projeto de uma placa de controle básica desenvolvida, onde simplesmente podia-se selecionar o sentido de giro.

Não foi escopo desse projeto a elaboração de um controle mais apurado, como por exemplo, com microcontrolador, mas mesmo assim, como um outro bolsista também estava desenvolvendo um projeto na área de robótica móvel foi possível fazer alguns testes com um microcontrolador PIC 16F873, mas que não é objeto de discussão nesse artigo. A seguir serão relatadas as diferentes configurações testadas.

### **4.1 Robô diferencial**

O robô diferencial é a configuração *c* da tabela 1, sendo o mais popular na aplicação da robótica educativa assim como de projetos acadêmicos. Na figura 1 temos uma vista frontal do robô desenvolvido e na figura 2 temos a vista da parte de trás.

Na figura 1 podemos identificar a roda da frente, conhecida como “roda boba”, que dá a liberdade ao robô a se deslocar de acordo com o movimento controlado dos motores. Podemos ainda observar as placas que foram utilizadas para fazer o teste prático, nesse caso temos uma placa de controle microcontrolado, que já havia sido desenvolvido para esse fim em outro projeto, e a outra que é a placa de potência que controla os motores de acordo com o sinal enviado pelo microcontrolador.

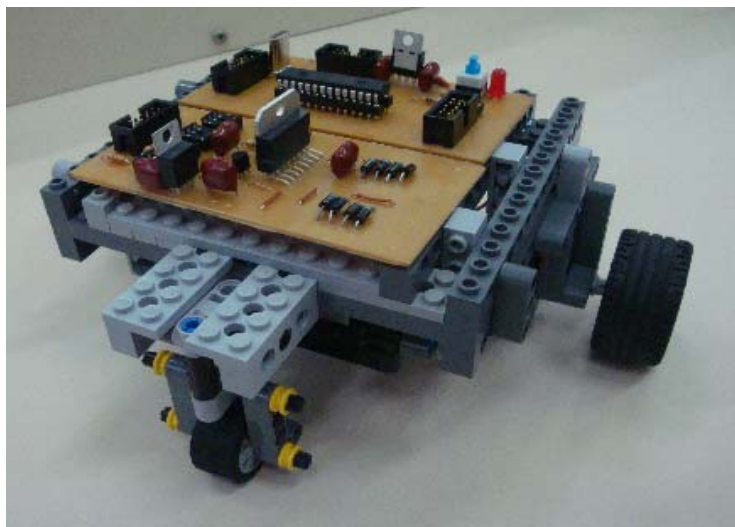


Figura 1. Vista frontal do robô diferencial

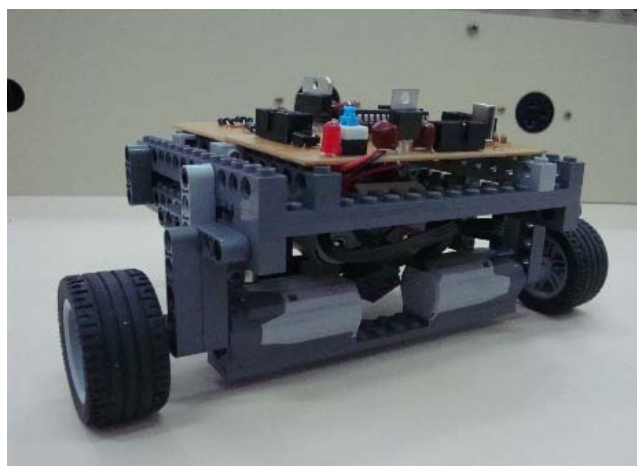


Figura 2. Vista da parte de trás do robô diferencial

Na figura 2 temos em destaque os dois motores operando em modo diferencial, sendo um motor para cada roda.

#### 4.2 Robô triciclo

O robô triciclo, como muitas vezes é chamado é o modelo *d* da tabela 1. Ele tem as duas rodas de trás acopladas e a da frente controla o sentido do robô móvel.

Na figura 3 temos a vista lateral deste robô, na figura 4 temos o detalhe da roda da frente e na figura 5 o detalhe da utilização da utilização do diferencial no acoplamento das duas rodas.



Figura 3. Vista lateral do robô triciclo

O teste desta configuração foi feito somente através do acionamento dos motores, pois a elaboração de um algoritmo para controle microcontrolado não é escopo deste projeto, sugere-se esta alternativa como trabalho futuro



Figura 4. Vista frontal do robô triciclo

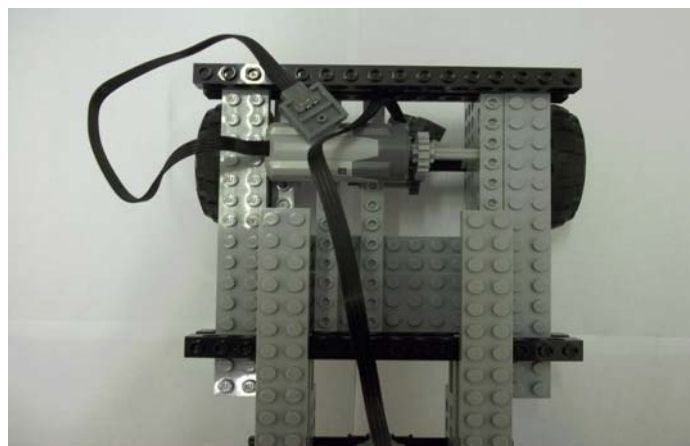


Figura 5. Vista superior do robô triciclo



### 4.3 Robô na configuração Ackermann

Para implementação de uma configuração com 4 rodas selecionou-se o modelo g da tabela 2, por ter maior aplicação e similaridade com o princípio de funcionamento do automóvel. Na figura 6 temos uma vista frontal do robô desenvolvido, na figura 7 a vista superior do robô.

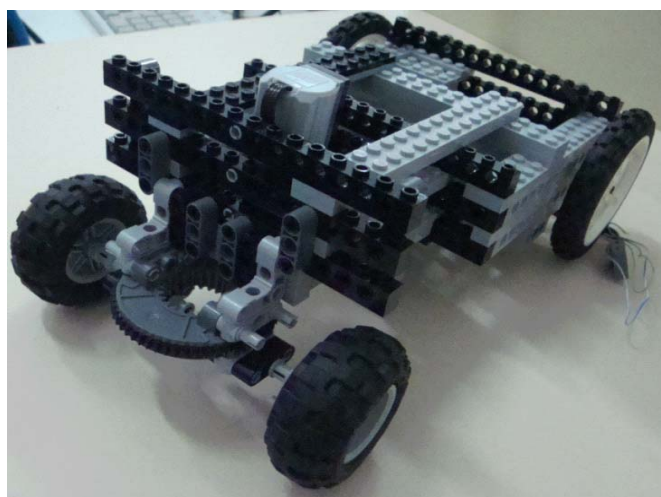


Figura 6. Vista panorâmica do robô Ackermann

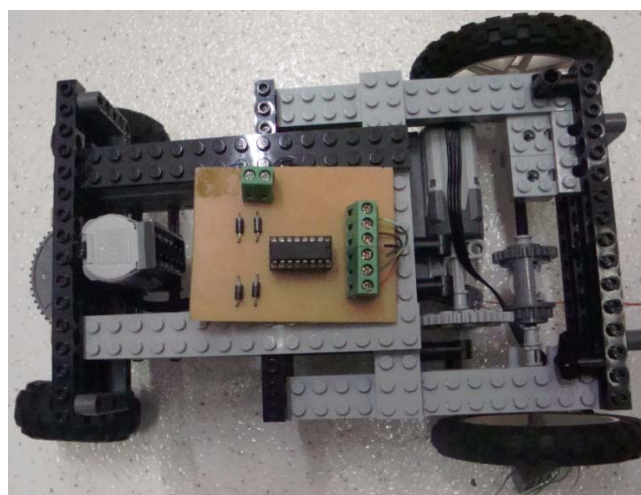


Figura 7. Vista superior do robô Ackermann

Na figura 8 o detalhe do sistema de guiagem da roda frontal e na figura 9 o detalhe da utilização do diferencial para o acoplamento das rodas traseiras.

A avaliação desta configuração ocorreu somente pelo acionamento dos motores, sendo que para o desenvolvimento de algoritmos estará acontecendo no futuro.



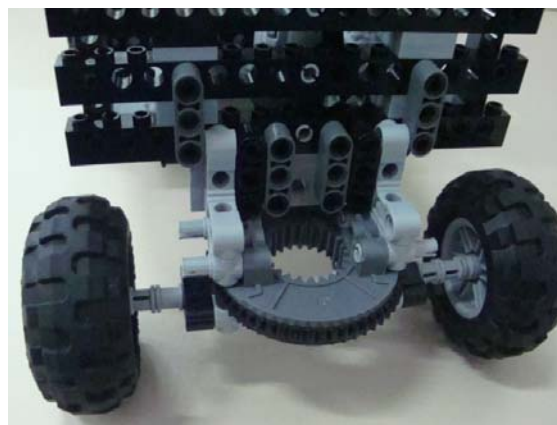


Figura 8. Vista frontal do robô Ackermann

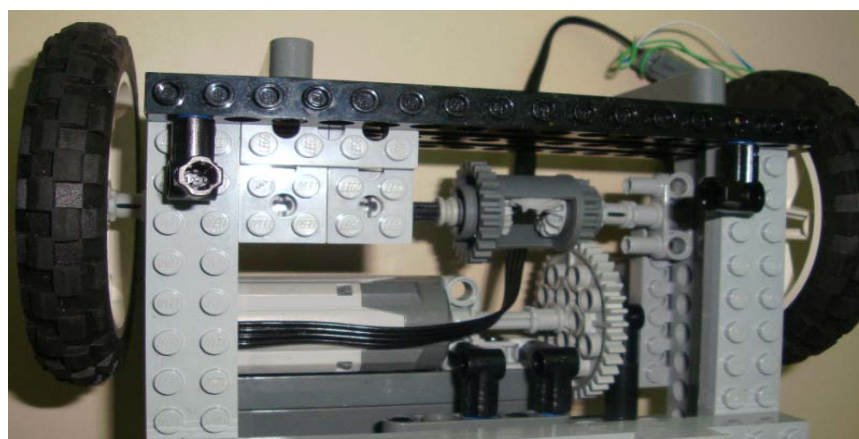


Figura 9. Detalhe do diferencial nas rodas traseiras

## 5 CONCLUSÕES

O projeto desenvolvido atendeu as expectativas iniciais que eram de fazer uma revisão bibliográfica sobre robótica educativa, foram encontrados diversos artigos, sendo selecionados alguns que dessem uma panorâmica de aplicação.

A revisão da parte robótica móvel teve que ser feita em bibliografia estrangeira pois não foi encontrado nenhuma bibliografia que discutisse em detalhes diversos aspectos específicos de robótica móvel, o que também aconteceu na implementação do projeto, onde não se encontrou nenhuma bibliografia que apresenta-se maiores detalhes da construção de robôs utilizando Lego. Mas fato este que apenas reforça a necessidades de desenvolver projetos com esse intuito para oferecer ao público brasileiro uma alternativa de discussão mais elaborada sobre a construção de robôs móveis com intuito da aplicação em robótica móvel.

Uma próxima etapa sugerida é o desenvolvimento de algoritmos para a placa de comando microcontrolada para as configurações desenvolvidas.

### **Agradecimentos**

Agradecemos ao IFSC/CNPq pela bolsa de iniciação científica e pela bolsa ao coordenador que permitiu financiar o projeto



## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BARROS, J. S.; CRUZ, M. E. J. K. Resultados de aprendizagem através do método clínico de Piaget no trabalho com robótica educacional para anos iniciais do ensino fundamental. Escola Regional de Licenciatura em Computação 2007. Santa Cruz do Sul, Rio Grande do Sul

CAMPOS, F. Robótica educativa: Competências curriculares e epistemologia na formação inicial do educador no Brasil. V Conferência Internacional de Tecnologias de Informação e Comunicação na Educação. 2007. Braga, Portugal.

CHOSSET, Howie. *et al.* Principles of Robot Motion. Theory, Algorithms, and Implementations. The MIT Press, 2005.

DAGDILELIS, V.; SARTATZEMI, M.; KAGANI, K. Teaching (with) Robots in Secondary Schools: Some new and Not-So-New Pedagogical Problems. Fifth IEEE International Conference on Advanced Learning Technologies (ICALT'05), 2005.

ROCHA, R. Utilização da robótica pedagógica no processo de ensino aprendizagem de programação de computadores. 2006. Dissertação (Mestrado em Educação). Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais – CEFET-MG. Belo Horizonte.

SILVA, A. F. da. Utilização da Teoria de Vygotsky em Robótica Educativa. IX Congresso Iberoamericano de Informática Educativa. Caracas, 2008.

SIEWART, Roland; NOURBAKHSI, Illah. R. Introduction to Autonomous Mobile Robots. The MIT Press, 2005.

WORLD OF ROBOTICS. **Executive Summary of the Study World Robotics 2010.** Disponível em: <[www.worldrobotics.org](http://www.worldrobotics.org)> Acesso em: 27/02/2012.

## DESIGN AND EXPERIMENTAL VALIDATION OF MOBILE ROBOTS TOPOLOGIES APPLIED TO EDUCATIONAL ROBOTICS

**Abstract-** *The educational robotics has been used successfully in different levels of education as a way to stimulate and challenge the student in practical problem solving. But there are different topologies of mobile robots that can be used which can lead to the teacher the question of which topology best suited. The purpose of this paper is to present the results of the evaluation of different topologies of mobile robots applied to educational robotics. Some topologies were selected and mounted using the robotics kits which are presented and discussed.*

**Keywords:** Mobile robot, Educational robotics, Robots topologies.