

XIX Congresso Nacional de Estudantes de Engenharia Mecânica - 13 a 17/08/2012 – São Carlos-SP  
Artigo CREEM2012

## PROJETO CONCEITUAL DE ROBÔ COM CAPACIDADE DE RECOLHER LATAS EM AMBIENTE SIMULANDO UMA PRAIA

**Michael Furlanetti, John Archila, Eduardo Cazarini, Luis Tobler Garcia,  
Rodolfo Fernandes e Marcelo Becker**

USP, Universidade de São Paulo, Curso de Pós Graduação Engenharia Mecânica  
Campus São Carlos - Bairro Centro - CEP 13566-590 – São Carlos – São Paulo  
E-mail para correspondência: michael.furlanetti@gmail.com.br

### Introdução e Objetivos

O objetivo deste trabalho é o desenvolvimento de um projeto conceitual de um robô capaz de concorrer ao desafio LARC (*Student Latinoamerican Robot Competition*) 2012. Entre as características deste robô está a habilidade de reconhecer padrões identificando bordas limites das áreas de navegação, obstáculos a serem evitados e alvos a serem atingidos. Entre os objetivos estão capturar latas vazias, que representam materiais descartados indevidamente em um terreno arenoso, e descartar esses materiais na região designada para tal.

São características do ambiente de atuação do robô (Figura 1):

- Areia 5,5 m diâmetro cor amarela, com colinas de 5 a 10 cm de altura e granulometria variável. A areia é limpa e seca.
- A Água é representada pelo quadrado de 6 m de lado cor azul.
- Cadeira de praia em tamanho real.
- Guarda chuva em tamanho real.
- Deposito de lixo de 10 cm de altura por 70 cm de diâmetro.
- 20 latas de refrigerante cor preta que representam o lixo.
- Iluminação não controlada *indoor* e *outdoor*.

Nos últimos anos, observou-se um aumento no grau de consciência da população em relação aos problemas envolvidos com o mau uso dos recursos ambientais e com a falta de responsabilidade ecológica, porém, ainda existem muitos cidadãos que não possuem o hábito de direcionar os objetos de descarte aos destinos corretos e ainda vemos lixo em áreas que deveriam estar limpas.

Por estes e outros motivos este trabalho tem como objetivo o recolhimento de latas vazias de um terreno arenoso, pois as potenciais aplicações dos robôs autônomos móveis tem relação especial com as tarefas de problemas sociais, ambientais e de defesa além de outras tarefas perigosas, sujas ou desagradáveis como, por exemplo, o recolhimento dos materiais descartados indevidamente em praias.

Para atender a esta aplicação, é exigido um veículo móvel ou plataforma, que tenha a habilidade para navegar de uma posição conhecida a uma nova localização, evitar obstáculos, localizar alvos, capturar os alvos e deposita-los em uma área de descarte previamente definida. Isto é possível devido à utilização de um sistema de sensores, o qual deve obter os dados que descrevem o ambiente e passam ao sistema de controle do robô, que fará os cálculos necessários para que o sistema navegação do robô controle os movimentos e execute as tarefas exigidas para o deslocamento e locomoção do mesmo.

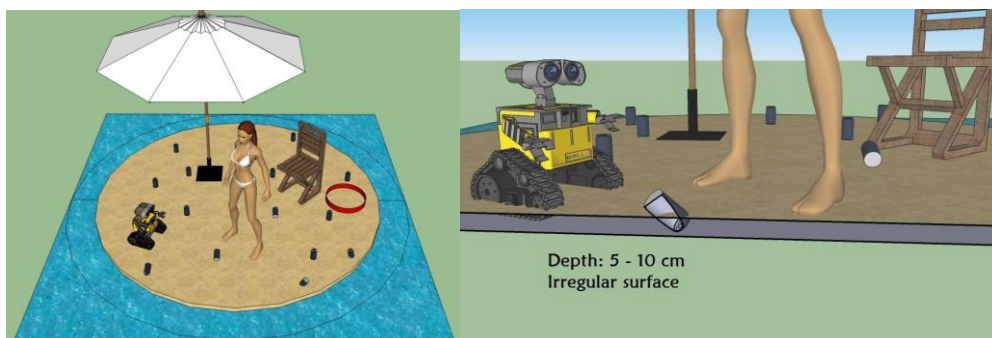


Figura 1 – Ambiente do LARC.

**XIX Congresso Nacional de Estudantes de Engenharia Mecânica - 13 a 17/08/2012 – São Carlos-SP**  
Artigo CREEM2012

### Definições de Projeto

A construção deste robô exige a aplicação de teorias relacionadas área da mecânica, da elétrica, da eletrônica, de sensoriamento, de navegação e computacional. A mecânica, responsável pela estrutura do robô, sistema de tração, onde está incluído o projeto dos motores e rodas responsáveis pelo deslocamento do robô e outros aspectos mecânicos envolvido no projeto, entre eles o sistema de remoção de latas enterradas e semi- enterradas, o sistema de deslocamento de latas para a área de armazenamento e o sistema de descarte das latas. A elétrica, responsável pelo projeto das baterias, pela modularização dos motores elétricos e pelo layout de fiação. A eletrônica, composta pelos projetos e/ou definições dos circuitos eletrônicos, componentes eletrônicos e sinais que formam o circuito que mantêm a interface mecânica/programação. O sensoriamento, onde são definidas as formas de obtenção de informações do meio externo. A navegação e a cinemática, onde ocorre a descrição dos métodos de navegação , a análise da cinemática dos movimentos do robô e a abordagem dos algoritmos de navegação. A camada computacional, com a preocupação com a interpretação dos dados lidos do meio externo, o processamento destes dados e a tomada das devidas decisões.

Como requisito mecânico principal cita-se a necessidade do robô estar contido em um envelope de 500x500x500 mm, mas pode se destacar também:

- Robô deve ser autônomo, sem cabos e com todo o controle embarcado.
- O robô deve começar ao apertar um só botão.
- O cenário não deve ser modificado pelo robô. Só é permitido mover o lixo e deixar traços na areia.
- O robô pode permanecer 10 segundos na água (zona azul).
- Se o robô se choca contra o manequim existe penalidade.

Utilizando a técnica de *brainstorming* ("tempestade cerebral"), e pesquisa bibliográfica o grupo explorou seu potencial criativo e propôs uma série de soluções de projeto para a colheita das latas. Citam-se aqui os principais mecanismos encontrados:

- Vibração Controlada coletando areia mais latas e os separando.
- Mecanismo de garra.
- Varredores rotativos.
- Atrito entre discos, semelhante ao encontrado em coletores de bolas de golf.
- Mecanismo do tipo gaiola deformável.
- Aspiração pneumática.

Nesse ponto do projeto a equipe julgou que, dada à necessidade do sistema ser autônomo um sistema totalmente passivo seria a melhor solução, o que descarta a utilização do mecanismo de garra uma vez que esse exige alto grau de realimentação. A equipe também descartou o uso de vibração controlada pela necessidade de manter o sistema sob parâmetros muito bem definidos.

Diante dos prós e contras desses sistemas encontrados a equipe decidiu executar um teste de conceito do mecanismo de colheita por varredores rotativos (Figura 2).



Figura 2 – Teste de Conceito

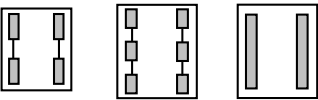

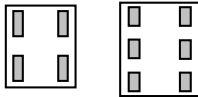

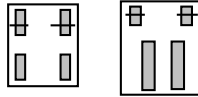

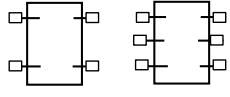



**XIX Congresso Nacional de Estudantes de Engenharia Mecânica - 13 a 17/08/2012 – São Carlos-SP**

Artigo CREEM2012

Com o sucesso no teste de conceito a equipe conseguiu ter segurança para continuar o trabalho e basear o restante de sua estratégia neste sistema de colheita.

Para o sistema de locomoção foram levantadas diversas alternativas, dentre elas (Tabela 1):

Tabela 1 – Sistemas de Locomoção

TIPO	ESQUEMA	EXEMPLOS
DIFERENCIAL (4 rodas, 6 rodas e Esteira) (VEX, USA Army, Navy Talon)		
INDEPENDENTES (Sand Flea, IBIS, Coroware)		
TRAÇÃO E ESTERÇAVEIS (MiniBaja, SandXbike, Army)		
PERNAS (4 E 6) (BigDog, RHex sandbot)		
OUTROS Snake, Groundbot		

A equipe optou pelo uso de acionamento diferencial com 4 rodas dada a regularidade do terreno e sua simplicidade construtiva.

A integração dos mecanismos de coleta, locomoção, armazenamento e descarte das latas forneceram um conjunto de possíveis soluções de projeto (Tabela 2).

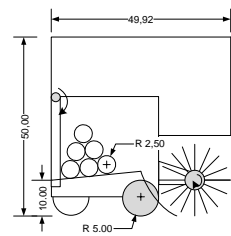
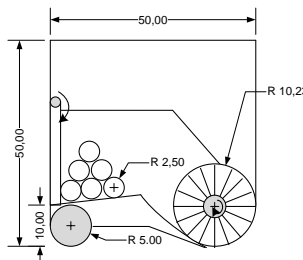
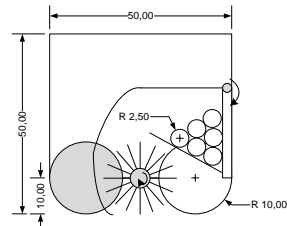
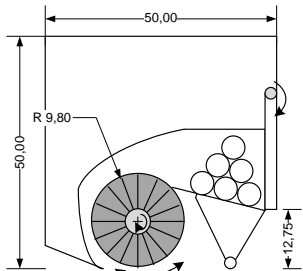
A escolha dentre estas varias soluções propostas pelos integrantes do grupo foi feita baseada em um método de QFD (*Quality function deployment*) e foram avaliadas diversas características dos arranjos dentre elas:

- Facilidade para pegar latas.
- Melhor opção para a disposição dos sensores.
- Facilidade de controle.
- Facilidade para o deposito de latas.
- Maior probabilidade de escorregamento.
- Facilidade de construção.
- Facilidade de disposição dos motores.
- Capacidade de carregar o maior número possível de latas.

Através de um sistema que dá pesos diferentes a cada característica e nota para as mesmas definiu-se o arranjo que se desenha a seguir.

**XIX Congresso Nacional de Estudantes de Engenharia Mecânica - 13 a 17/08/2012 – São Carlos-SP**  
Artigo CREEM2012

Tabela 2 – Algumas das soluções de projeto

Alternativas (Descrição)	Desenho
<ul style="list-style-type: none"> <li>• 3 Rodas, 2 tracionadas (Mecanismo Diferencial), 1 livre atrás.</li> <li>• Tração no meio.</li> <li>• Sistema para pegar latas na frente.</li> <li>• Sistema para depósito na traseira.</li> <li>• 4 motores (2 rodas, 1 vassoura, 1 depósito)</li> </ul>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• 4 Rodas, 2 tracionadas, 2 livres (Mecanismo Diferencial)</li> <li>• Tração na traseira.</li> <li>• Sistema para pegar latas na frente. 2 rodas de apoio.</li> <li>• Sistema para depósito na traseira.</li> <li>• 4 motores (2 para as rodas, 1 vassoura, 1 depósito)</li> </ul>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• 4 Rodas, 2 tração, 2 livres (Mecanismo Diferencial)</li> <li>• Tração na traseira</li> <li>• Sistema para pegar latas no meio.</li> <li>• Sistema para depósito na frente.</li> <li>• 4 motores (2 para as rodas, 1 vassoura, 1 depósito)</li> </ul>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• 2 Rodas, tração diferencial.</li> <li>• Tração no meio.</li> <li>• Sistema para pegar no meio. 2 pontos de apoio na frente.</li> <li>• Sistema para depósito na frente.</li> <li>• 4 motores (2 para as rodas, 1 para a vassoura no mesmo eixo, 1 para o depósito)</li> </ul>	

**Evolução do projeto em ambiente CAD (*computer-aided design*)**

A primeira concepção do projeto visava a facilidade construtiva do mesmo e utilizava chapas na lateral (Figura 3.a). Entretanto o modelo evoluiu para o uso de módulos facilmente intercambiáveis de atuação (Figura 3.b). Uma vez que o robô destina-se a uma competição de robótica e necessita de reparos rápidos caso ocorra falha em algum componente. Ainda nessa etapa de projeto, buscou-se aperfeiçoar parâmetros como:

- Inserir no envelope do robô espaço para os sistemas de sensoriamento e tratamento de dados (Figura 3.c).
- Manter o Robô dentro do Envelope 500x500x500 mm.
- Aperfeiçoar o sistema de tração buscando geometria para as rodas que possibilite boa tração das rodas.
- Desenhar com fidelidade o sistema de descarte das latas.



**XIX Congresso Nacional de Estudantes de Engenharia Mecânica - 13 a 17/08/2012 – São Carlos-SP**  
 Artigo CREEM2012

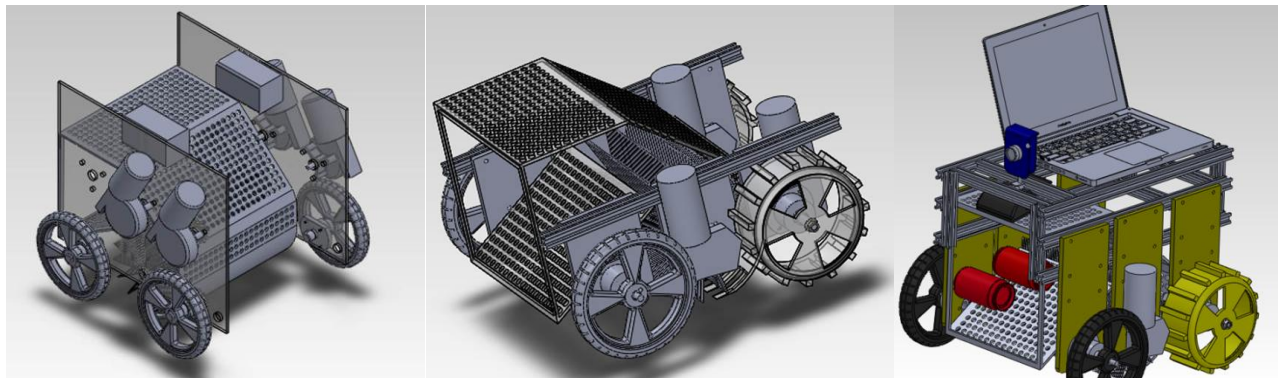


Figura 3 – Evolução do modelo em CAD – (a)(b)(c)

### Aspectos Mecânicos

O sistema de tração faz uso de dois motores diateros e o equilíbrio é definido por mais duas rodas livres na traseira. Os atuadores do robô são dois motores designados para sua locomoção, que estão fixos com rodas em sua parte traseira (Figura 4.a).

O método sugerido para a remoção das latas enterradas ou semi-enterradas envolve o uso de um rastelo com hastes que ao penetrar na areia promove a remoção das latas enterradas ou semi-enterradas com o menor custo de atrito devido à minimização da área de contato deste sistema com a superfície da areia (Figura 4.b).

Após uma pesquisa e execução de protótipo concluiu-se que um sistema composto por um cilindro de cerdas em movimento de rotação seria a melhor escolha para garantir o deslocamento das latas capturadas pelo sistema de rastelo a área de armazenamento (Figura 4.c).

O sistema sugerido para o descarte das latas envolve uma área composta de paredes fabricadas com telas com o objetivo de redução de peso e por consequência a redução do custo energético de deslocamento mecânico, onde a parede inferior oferece a função de escotilha e pode ser aberta em ângulo permitindo o depósito do material na área de descarte conforme é ilustrado na Figura 5 e na Figura 6.

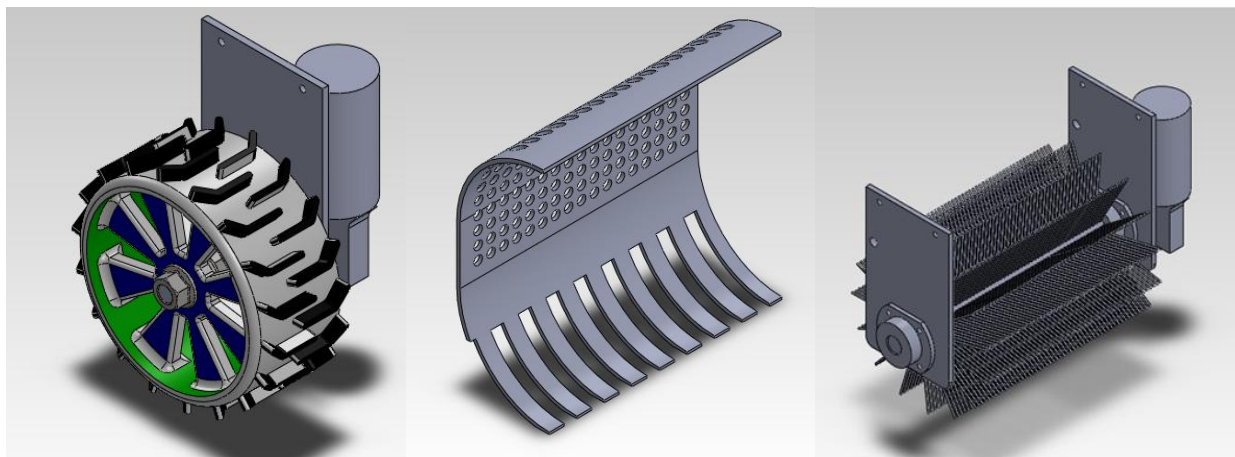


Figura 4 – Mecanismos aplicados – (a)(b)(c)

XIX Congresso Nacional de Estudantes de Engenharia Mecânica - 13 a 17/08/2012 – São Carlos-SP  
Artigo CREEM2012

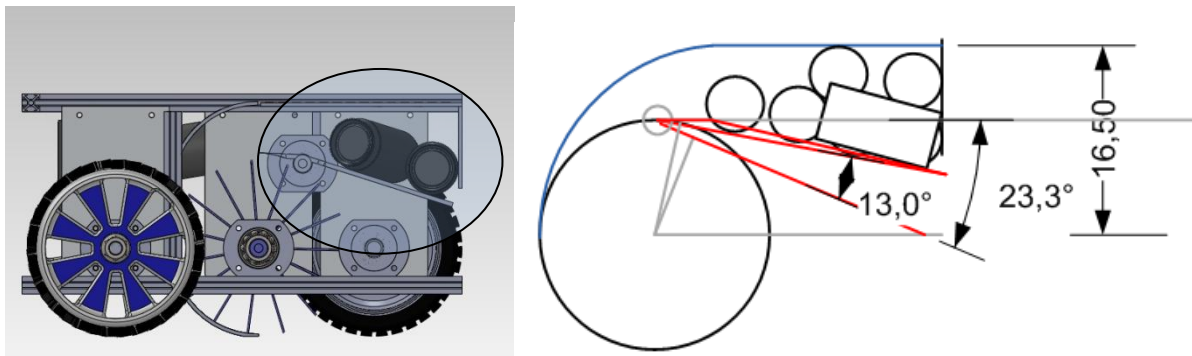


Figura 5 – Sistema de descarte das latas

### Considerações Finais

O projeto permitiu a definição de um robô dotado da capacidade de recolher latas distribuídas em um ambiente simulando uma praia (Figura 6) de forma eficiente e com o custo mecânico balanceado entre eficiência de fabricação, custo e aplicabilidade do modelo para a finalidade designada. E para tanto fez uso de ferramentas importantes nas práticas de engenharia como QFD, *brainstorming* e modelagem em CAD.

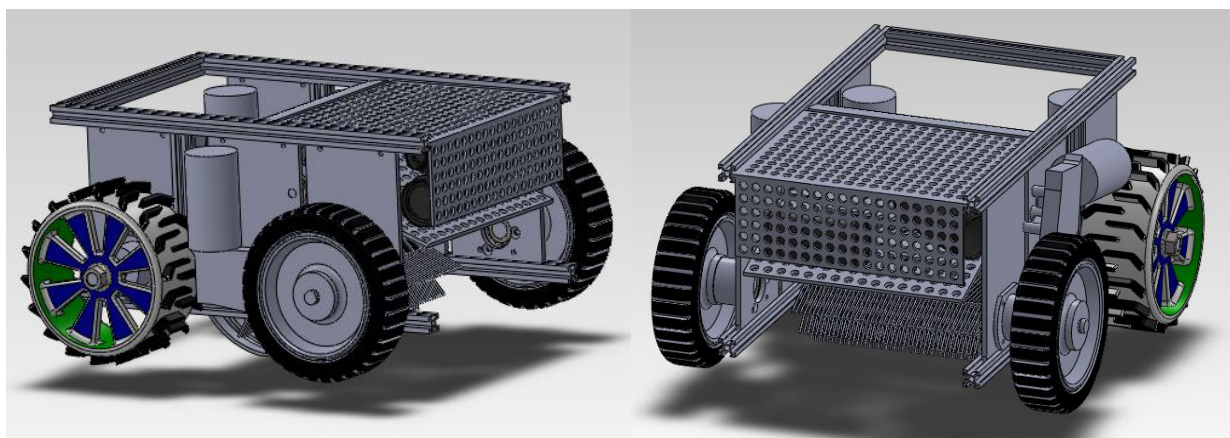


Figura 6 – Projeto mecânico final

### Referências Bibliográficas

- BEKEY, G. A. **Autonomous Robots: From biological inspiration to implementation and control**. MIT Press: Cambridge, Massachusetts, USA, 2005.
- SIEGWART, R. and NOURBAKHSI, I. **Introduction to Autonomous Mobile Robots**. MIT Press, 2004.
- KACHROO, P. and MELLODGE, P. **Mobile robotic car design**. McGrawHill: New York, 2005.

<http://www.bluebotics.com/>

<http://www.mobilerobots.org>

<http://www.service-robots.org/>

[ewh.ieee.org/reg/9/robotica/ 9/robotica/](http://ewh.ieee.org/reg/9/robotica/)